Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

22 31 десятилетие науки и технологий

МАТЕРИАЛЫ XIV научной конференции «Традиции и Инновации»,



посвященной 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий



Санкт-Петербург
2023

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

МАТЕРИАЛЫ XIV научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий

20-23 ноября 2023 года

Санкт-Петербург
2023 г.

Материалы XIV научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий

20-23 ноября 2023 г. – СПб: 2023 - 402 стр.

<u>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</u>

Доктор химических наук **Поняев А.И.**
Глухова Я.С.
Дуболазова К.В.

Редактор обложки:
Павленко Д.Ф.

В сборнике представлены тезисы докладов участников XIV научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), прошедшей 20-23 ноября 2023 г. в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете), в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий.

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-905240-93-5

© Издательство Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2023

НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ



1. *Абиев Руфат Шовкетович*
   ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО СИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
2. *Зевацкий Юрий Эдуардович*
   ХИМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СОЛЬВАТАЦИИ (АССОЦИАЦИИ, ДИССОЦИАЦИИ) В РАСТВОРАХ
3. *Кукушкин Вадим Юрьевич*
   σ- И π-ДЫРОЧНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ХИМИИ
4. *Малыгин Анатолий Алексеевич*
   МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ – ОТ «ОСТОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ» В.Б. АЛЕСКОВСКОГО К ПРОМЫШЛЕННОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ
5. *Марков Михаил Александрович*
   КЕРАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ
6. *Мусаев Александр Азерович*
   ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
7. *Островский Владимир Аронович*
   НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА, С.П. ВУКОЛОВА, Л.И. БАГАЛА В СТЕНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
8. *Сычев Максим Максимович*
   НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ХИМИИ 2023
9. *Шамцян Марк Маркович*
   БИОМЕДИЦИНСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСШИХ ГРИБОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
10. *Щербинина Ольга Викторовна*
    НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА. ПЕРВЫЕ 100 ЛЕТ.

ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО СИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Абиев Р.Ш.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры
e-mail: abiev.rufat@gmail.com

CHEMICAL AND BIOCHEMICAL REACTORS FOR THE CONTROLLED SYNTHESIS OF ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

Abiev R.Sh.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Представлена концепция интенсификации процессов [1] при проведении широкого класса химических реакций в растворах, двухфазных смесях (эмульсиях, суспензиях, газожидкостных потоках, пенах), обеспечивающая контролируемый синтез за счет оптимизации процессов макро- и микросмешения и направленной доставки кинетической энергии потоков к зоне реакции.

Продемонстрирована реализация данной концепции во вновь разработанных химических и биохимических реакторах следующих типов [2]:

1) пульсационные реакторы периодического действия;
2) пульсационные реакторы непрерывного действия;
3) реакторы с мощными вихревыми потоками;
4) микрореакторы, микробиореакторы и микродиспергаторы для синтеза органических и неорганических веществ;
5) газожидкостные реакторы и биореакторы;
6) диспергаторы-эмульсификаторы;
7) генераторы пены для получения пены и пеноматериалов;
8) плазменно-каталитические реакторы с холодной плазмой.

Приведены примеры применения указанных реакторов для безопасного синтеза гетероциклических соединений (в том числе активных фармацевтических ингредиентов и их прекурсоров), непрерывного процесса получения полимерных микросфер с высокой пористостью, синтеза наноразмерных частиц в потоке (оксидов, фосфатов, фторидов), биодизельного топлива (трансэтерификацией триглицеридов), безопасной дегидратации гидразин-гидрата, высокоэффективного окисления в газожидкостных системах, получения пены высокой стабильности, тонкодисперсных эмульсий для проведения реакций в двухфазных системах.

Обсуждаются научные основы функционирования новых химических реакторов и разработанные математические модели протекающих в них процессов [3].

Показаны возможности масштабного перехода исследованных аппаратов на примерах технологий, реализованных в промышленности [2].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 20-63-47016 (в части, касающейся синтеза наноразмерных частиц неорганических материалов).

Литература:

1. Abiev R. Process intensification in chemical engineering: general trends and Russian contribution// Reviews in Chem. Eng. 2021; 37(1), 69–97.

2. Абиев Р.Ш. Химические и биохимические реакторы для контролируемого синтеза органических и неорганических веществ (обзор)// Журн. прикл. химии. 2022. Т. 95. Вып. 11–12. С. 1339-1364

3. Abiev R. Analysis of Segmented Flow in Microchannel Reactors/ In: Yeoh, G.H., Joshi, J.B. (eds) Handbook of Multiphase Flow Science and Technology, 2023.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СОЛЬВАТАЦИИ (АССОЦИАЦИИ, ДИССОЦИАЦИИ) В РАСТВОРАХ

Зевацкий Ю.Э.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

e-mail: yuri@newchem.ru

CHEMICAL THEORY OF SOLVATION (ASSOCIATION, DISSOCIATION) IN SOLUTIONS

Zevatskiy Yu.E.

Saint-Petersburg State Technological Institute

История возникновения химической теории сольватации, ассоциации и диссоциации в растворах, берет свое начало с работ по изучению связи кислотно-основных свойств соединений с объемными характеристиками их молекул [1]. По аналогии с константой диссоциации K_a, была введена константа сольватации K_S. Если в водном растворе традиционно записывают равновесие (для слабых кислот, например):

$$AH + H_2O \rightleftarrows A^{(-)}(aq) + H_3O^{(+)}(aq) \quad K_a, \tag{1}$$

то для процесса гидратации следует предположить аналогичное равновесие:

$$AH(l) + H_2O(l) \rightleftarrows AH(aq) + H_2O(aq) \quad K_{aq}. \tag{2}$$

Эту идею удалось реализовать в работе [2] при расчете значений плотности бинарных растворов, образованных 18 растворителями, используемыми в химической технологии. Соответствие экспериментальным данным не превышало 0.29 % относительной погрешности расчетов. В дальнейшем эта модель была распространена на растворы кристаллических и газообразных соединений в жидкостях [3]. Для этого было введено понятие молекулы растворенного соединения кристаллического A(s) или газообразного A(g), в состоянии предельно насыщенного раствора $A(\square)$ в растворителе S. Этот раствор может находиться в гетерогенном равновесии с соединением A в соответствующем фазовом состоянии. Наличием в растворе сольватированных молекул $A(sv)$, отличающихся по свойствам от молекул $A(\square)$, удалось объяснить аномальные зависимости значений коэффициентов активности от концентраций соединения A

$$\begin{gathered} A(\underline{\underline{\Omega}}) + S(l) \rightleftarrows A(sv) + S(sv) \quad K_S \\ A(\underline{\underline{\Omega}}) \rightleftarrows A(s) \quad \vee \quad A(\underline{\underline{\Omega}}) \rightleftarrows A(g) \end{gathered} \tag{3}$$

Методика была апробирована на практике расчетов прочих физико-химических характеристик бинарных систем. Помимо плотности, рассчитывали значения показателя преломления и давления паров над растворами в зависимости от состава смеси [4]. Полученные отклонения вычисленных значений от экспериментальных составляли 0.05–1.67 %. Аналогично, идея о химическом равновесии в растворах была использована для термодинамических расчетов с учетом процессов гомо- и гетероассоциации [5]. Ниже показана схема, ограниченная только процессами димеризации с участием растворителя S и растворенного соединения A:

$$2AS(sv) \rightleftarrows 2A(\underline{\underline{\Omega}}) + 2S(l) \rightleftarrows A_2(sv) + S_2(sv). \tag{4}$$

В результате расчетов было доказано, что равновесное распределение ассоциатов по кратности в однокомпонентных системах, отличается от канонического распределения Гиббса, что ранее считалось общепринятым.

Самое существенное в разработанной химической теории сольватации (ассоциации и диссоциации) – это количественный учет влияния:

1) строения растворенных соединений;
2) растворителей

на: а) положение равновесия обратимых процессов;
б) кинетику реакций в растворах.

Например, электролитическая диссоциация слабой кислоты *AH* в апротонном растворителе *S*, будет отражаться схемой с тремя равновесиями:

$$\begin{array}{ccc} AH(\underline{\Omega}) + S(l) & \rightleftarrows & AH(sv) + S(sv) \\ K_a \nwarrow\searrow & & \swarrow\nearrow K'_a \\ & A^{(-)}(sv) + SH^{(+)}(sv) & \end{array} \quad . \qquad \textbf{(5)}$$

Количественно положения этих равновесий будут определяться двумя линейно независимыми значениями констант. Например, K_a и K_a’ , как указано в схеме (5). Это позволяет независимо учитывать влияние растворителя и заместителей на кислотно-основные свойства соединений, в данном случае кислоты *AH*.

На примере гидролиза соединения *AB* с образованием продуктов *AH* и *BOH*, можно показать применение данной химической теории к описанию кинетики процессов в растворах. Согласно положениям теории, схема процесса гидролиза будет выглядеть так:

$$AB(\underline{\Omega}) + H_2O(l) \rightleftarrows AB(sv) + H_2O(sv) \quad K_{aq}$$

$$\begin{array}{ccccc} & & \overset{k_1}{} & & \overset{k_4}{} \\ AB(\underline{\Omega}) + H_2O(l) & \rightarrow & AH(sv) + BOH(sv) & \leftarrow & AB(sv) + H_2O(sv) \\ & \nearrow k_2 & & k_3 \nwarrow & \\ AB(\underline{\Omega}) + H_2O(sv) & & & & AB(sv) + H_2O(l) \end{array} \quad . \qquad \textbf{(6)}$$

Скорость реакции будет определяться значениями четырех констант элементарных стадий гидролиза k_1 - k_4 и константы гидратации соединения *AB* K_{aq}. Связь значения наблюдаемой константы гидролиза $k^{набл}$ с значениями k_1-k_4 и K_{aq} выражается формулой:

$$\begin{aligned} w_{гидролиз} &= k^{набл}_{гидролиз}\left(\left[AB\right]+\left[AB'\right]\right)\left(\left[H_2O\right]+\left[H_2O'\right]\right) = \\ &= k_1\left[AB\right]\left[H_2O\right]+k_2\left[AB\right]\left[H_2O'\right]+k_3\left[AB'\right]\left[H_2O\right]+k_4\left[AB'\right]\left[H_2O'\right] \end{aligned} \qquad \textbf{(7)}$$

Полученная зависимость открывает широкие возможности для объяснения самых различных фактов кинетики реакций, описанных в литературе. К ним относятся:

1) переменное значение константы скорости;

2) дробные частные порядки реагентов;

3) переменные значения частных порядков по реагентам;

4) нелинейные зависимости скоростей реакций от исходных соотношений реагентов;

5) высокая чувствительность значений скоростей процессов к изменению строения реагентов и свойствам среды (составу растворителей, наличию солей и т. п.).

Проверка применимости предлагаемой химической теории к описанию экспериментальных данных по кинетике реакций в растворах – основная актуальная задача исследований на ближайшее время. Помимо этого, в планах работ по развитию химической теории сольватации (ассоциации и диссоциации) содержатся исследования ионных, протолитических и таутомерных равновесий соединений в различных средах. Важным направлением теории является изучение ранее не рассчитанных физико-химических свойств (растворимость, диэлектрическая проницаемость, теплоты смешения и т.д.) растворов и проведение расчетов для многокомпонентных смесей.

Литература:

1. Ю.Э. Зевацкий, С.С. Лысова. ДАН. - 2013. - Т. 448, - №. 5. - С. 546-550.

2. Yu. Zevatkiy. Rus. J. Gen. Chem. - 2019. - Vol. 11, - № 89. – P. 2239-2245.

3. Ю.Э. Зевацкий. ЖПХ. - 2023. - Т. 96, № 3. - С. 43-47.

4. А.П. Шевчик, А.И. Сусанин, Ю.Э. Зевацкий. ЖПХ. - 2022. - Т. 95, - № 10. - С. 1219-1237.

5. Ю.Э. Зевацкий. Избранные вопросы квантовой и релятивистской механик. М.; СПб.: Пальмира, 2023. - С. 462-471.

РОЖДЕННАЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ. 25 ЛЕТ НАУЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ НОВБЫТХИМ

***Зевацкий Ю.Э.*[1,2,3,4], *Артамонова Т.В.*[4], *Ворона С.В.*[1], *Лысова С.С.*[4], *Мызников Л.В.*[1,4], *Самойлов Д.В.*[3], *Скрипникова Т.А.*[4], *Салькова А.С.*[3], *Тищенко Е.А.*[1], *Нилова Д.В.*[1]**

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[3]АО «Новбытхим»

[4]Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: yuri@newchem.ru

BORN IN THE TECHNOLOGICAL INSTITUTE. 25 YEARS OF NOVBYTHIM SCIENTIFIC LABORATORY

***Zevatskiy Yu.E.*[1,2,3,4], *Artamonova T.V.*[4], *Vorona S.V.*[1], *Lysova S.S.*[4], *Myznikov L.V.*[1,4], *Samoilov D.V.*[3], *Skripnikova T.A.*[4], *Salkova A.S.*[3], *Tishchenko E.A.*[1], *Nilova D.V.*[1]**

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology
[2]Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI» named Ulyanova (Lenina),
[3]JSC «Novbytkhim»
[4]Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В год 195-летия от основания Технологического института в Санкт-Петербурге состоялся юбилей 25-летия создания научной лаборатории в составе производственного предприятия Новбытхим (Гатчина). Лаборатория была создана из выпускников Технологического института. У истоков научных направлений лаборатории стояли такие известные профессора Технологического института как Г. И. Колдобский и Л. В. Пучков.

В разное время в состав лаборатории входили выпускники ТИ: А.Ф. Андреев, А.В. Селитреников, Р.В. Харбаш, У.Н. Дмитриева, Ю.В. Мельникова и др. За время работы лаборатории её сотрудниками защищены две докторских и семь кандидатских диссертаций. Под руководством сотрудников лаборатории выполнены четыре магистерских и более десяти бакалаврских работ. Опубликовано более ста научных статей в реферируемых изданиях, три учебных пособия и одна монография [1].

Одно из важнейших направлений научной лаборатории Новбытхим, которое является продолжением работ Г.И. Колдобского в области исследования синтеза и функционализации серозамещенных тетразолов, возглавляет д.х.н. Л.В. Мызников. Значительные успехи в этой области связаны с изучением реакционной способности 1-замещенных тетразол-5-тиолов [2]. Показано, что они не только являются удобными субстратами для получения тиотетразолов с самыми разнообразными заместителями при атоме серы и также для 1-замещенных тетразолов, 1-замещенных 5-бромтетразолов и 1-замещенных тетразол-5-онов [3]. Однако наибольшие успехи связаны с изучением методов синтеза серозамещенных тетразолов. Обнаружено, что каталитическая система NaN_3 – $ZnCl_2$ в органических растворителях позволяет проводить циклоприсоединение азид-иона к тройной связи тиоцианатов и изотиоцианатов при низкой температуре за короткое время с хорошими выходами. Был изучен механизм этой реакции и показано, что одной из ключевых стадий синтеза тетразолов является образование хорошо растворимой в органических растворителях смешанной соли $ZnClN_3$, что позволяет говорить о том, что $ZnCl_2$ является катализатором межфазного переноса. Дальнейшее изучение этой каталитической системы позволило разработать новые методы синтеза тетразолов из нитрилов и гетерокумуленов [4]. Предложенные способы получения тетразолов получили широкое признание, о чем свидетельствует большое количество цитирований статей посвященных этой теме.

Другое важное направление лаборатории, которое возглавляет к.х.н. С.С. Лысова – концентрационные спектрофотометрические, кондуктометрические и денситометрические методы изучения растворов.

Метод концентрационной УФ/вид спектрофотометрии, разработанный нашей группой более 10 лет назад, успешно применяется для определения термодинамических констант диссоциации соединений различного строения в водных и органических средах [5]. Было показано, что этот метод применим для изучения более сложных объектов, таких как гетероциклические тиолы, которые не только используются для синтеза лекарственных препаратов, но и сами проявляют широкий спектр биологической активности [6]. Разработанный метод концентрационной УФ/вид спектрофотометрии применим для определения достоверных значений термодинамических констант диссоциации соединений, спектры поглощения прототропных форм которых мало различаются, что в спектрофотометрическом pH-титровании является затруднительным. Метод не требует измерений pH среды и использования буферных растворов с постоянной ионной силой. Кроме того, был разработан новый подход к определению длины волны [7]. Нами было показано, что при проведении прецизионных спектрофотометрических измерений наиболее информативной является зависимость $\varepsilon_{набл} = f(C)$, а не $A = f(C)$ [8].

Возможности метода концентрационной УФ/вид спектрофотометрии еще не до конца изучены, однако уже сейчас можно сказать, что он является перспективным направлением, обладающим рядом преимуществ по сравнению с традиционным методом спектрофотометрического pH-титрования.

Работы по химии тетразолов и концентрационным методам исследований востребованы и продолжаются в лаборатории Новбытхим и сегодня.

Литература:

1. Ю.Э. Зевацкий. Избранные вопросы квантовой и релятивистской механик. М.; СПб.: Пальмира, 2023. – 471 с.

2. Л.В. Мызников, С.В. Ворона, Т.В. Артамонова, Ю.Э. Зевацкий. Тетразолы с кислород-, серо- и селенсодержащими заместителями. – Известия Академии наук. Серия Химическая. – 2016. – № 4. – С. 923-938.

3. S. Vorona, T. Artamonova, Yu. Zevatskii, L. Myznikov. An Improved Protocol for the Preparation of 5-Substituted Tetrazoles from Organic Thiocyanates and Nitriles. – Synthesis. – 2014. – Vol. 46. – pp. 781–786.

4. S. Vorona, Yu. Zevatskii, L. Myznikov. Zinc (II) Chloride as Phase Transfer Catalyst and as Catalyst of Cycloaddition Azide Ion to Heterocumulenes and Terminal Alkynes in Organic Solvents. ChemistrySelect – 2019. – Vol. 4. – Iss. 36. – pp. 10846–10850.

5. С.С. Лысова, Т.А. Скрипникова, Ю.Э. Зевацкий. Алгоритм расчета констант диссоциации амфолитов в небуферных системах. – Журнал физической химии – 2018. – Т. 92. - № 5. С. 755-759.

6. T.A. Skripnikova, S.S. Lysova, Y.E. Zevatskii. Determination of the Dissociation Constants of 5-Substituted 1H-Tetrazoles and Amino Acids by the Concentration Spectrophotometric Method: A New Approach. – J. Chem. Eng. Data – 2017. – Vol. 62, pp. 2400-2405.

7. С.С. Лысова, Т.А. Скрипникова, Ю.Э. Зевацкий. Алгоритм расчета констант протолитических равновесий в изопропиловом спирте. – Журнал физической химии – 2021. – Т. 95. – № 9. С. 1370-1374.

8. Ю.Э. Зевацкий, С.С. Лысова, Т.А. Скрипникова, С.В. Ворона, Л.В. Мызников. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Спектрофотометрия в растворах электролитов. – Журнал физической химии – 2024. (в печати).

σ- И π-ДЫРОЧНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ХИМИИ

Кукушкин В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии
e-mail: v.kukushkin@spbu.ru

σ- AND π-HOLE INTERACTIONS IN CHEMISTRY

Kukushkin V.Yu.

Saint-Petersburg State University, Institute of Chemistry

В последние несколько лет наблюдается лавинообразный рост количества публикаций, связанных с тематикой межмолекулярных взаимодействий. Несмотря на невысокую энергию невалентных взаимодействий во многих случаях они действуют коллективно, и сумма их действий может играть значимую роль в разнообразных превращениях химических соединений, синтезе и катализе, включая органокатализ. На явлении образования множественных слабых невалентных связей основан кристаллохимический дизайн и, в конечном счёте, получение функциональных материалов.

Неметаллические центры, несущие на себе неподелённые пары, такие как, например, O, N, S, C и т.д., обычно применяются в качестве акцепторов в тех вариантах кристаллохимического дизайна, где эксплуатируются взаимодействия с донорами σ- [1] или π-дырок [2]. В научной группе докладчика было установлено, что даже положительно заряженные металлоцентры могут служить эффективными акцепторами σ-дырок [3], и, в частности, Ni^{II}, Pd^{II}, Pt^{II}, Rh^{I}, Au^{I} и Au^{III} с определённым лигандным окружением ведут себя как нуклеофилы. Если взаимодействие положительно заряженных металлических центров с донорами σ-дырок даже до настоящего времени является необычным, то взаимодействие с донорными центрами π-дырок практически уникально и известно лишь несколько примеров контактов π-дырочного типа. В докладе все эти примеры будут рассмотрены и соответствующие данные систематизированы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 23-13-00033.

Литература:

1. (a) A.S. Mikherdov, A.S. Novikov, V.P. Boyarskiy and V.Yu. Kukushkin, *Nat. Commun*., **2020**, *11*, Article number 2921; (b) N.S. Soldatova, P.S. Postnikov, D.M. Ivanov, O.V. Semyonov, O.S. Kukurina, O. Guselnikova, Y. Yamauchi, T. Wirth, V.V. Zhdankin, M.S. Yusubov, R.M. Gomila, A. Frontera, G. Resnati, V.Yu. Kukushkin, *Chem. Sci.*, **2022**, *13*, 5650; (c) A.V. Rozhkov, E.A. Katlenok, M.V. Zhmykhova, A.Yu. Ivanov, M.L. Kuznetsov, N.A. Bokach, V.Yu. Kukushkin, *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, *143*, 15701.

2. (a) A.V. Rozhkov, M.A. Krykova, D.M. Ivanov, A.S. Novikov, A.A. Sinelshchikova, M.V. Volostnykh, M.A. Konovalov, M.S. Grigoriev, Y.G. Gorbunova and V.Yu. Kukushkin, *Angew. Chem. Int. Ed*., **2019**, *58*, 4164–4168; (b) L.E. Zelenkov, A.A. Eliseeva, S.V. Baykov, D.M. Ivanov, A.I. Sumina, R.M. Gomila, A. Frontera, V.Yu. Kukushkin, N.A. Bokach, *Inorg. Chem. Front*., **2022**, *9*, 2869.

3. D.M. Ivanov, N.A. Bokach, V.Yu Kukushkin, A. Frontera, *Chem. Eur. J*., **2022**, *28*, e202103173.

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ – ОТ «ОСТОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ» В.Б. АЛЕСКОВСКОГО К ПРОМЫШЛЕННОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Малыгин А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: malygin@lti-gti.ru

THE MOLECULAR LAYERING METHOD – FROM THE «FRAME WORK HYPOTHESIS» OF V.B. ALESKOVSKY TO INDUSTRIAL NANOTECHNOLOGE

Malygin A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В 1974 г. на Президиуме АН СССР чл-корр. АН СССР В.Б. Алесковский выступил с сообщением о синтезе твердых веществ постоянного состава и принципах и методах грядущей технологии, т. е. – по современной терминологии, нанотехнологии [1]. В своем выступлении Валентин Борисович отмечал, что «Наиболее общей характеристикой природы твердого вещества является не кристаллическая решетка, а остов – непрерывная цепь, сеть, или каркас межатомных связей, объединяющих атомные остовы данного вещества в единую систему. В то время как кристаллическая решетка характеризует только кристаллические вещества, остов характеризует и кристаллические и аморфные, например, стекла…».

Развитие химии и технологии твердых веществ, основывающееся на сформулированной в 1952 году в докторской диссертации В.Б. Алесковского «остовной гипотезе», привело к созданию в шестидесятые годы прошлого века нового метода синтеза твердых веществ – метода молекулярного наслаивания (МН), принципы которого были сформулированы и экспериментально обоснованы в докторской диссертации С.И. Кольцова (1971 г.) и в различных публикациях [2, 3].

К началу 70-х годов прошлого века в СССР сформировалась ведущая научная школа (ВНШ) «Химия высокоорганизованных веществ», основоположником и руководителем которой был чл.-корр. АН СССР В.Б. Алесковский.

За более чем полувековой период метод МН трансформировался в химическую нанотехнологию и сегодня находит все более широкое применение для создания новых материалов различного функционального назначения [4 - 6]. Важно отметить, что работы в области МН развиваются не только в Технологическом институте. Появились научные группы МН в ведущих вузах России (СПбГУ, ДГУ, МГУ им. М.В. Ломоносова, МФТИ, ЛЭТИ, МИЭТ, СПбГПУ Петра Великого и др.). Химическая нанотехнология на принципах метода МН (зарубежное название метода –Atomic Layer Deposition – ALD) является одним из наиболее динамично развивающихся нанотехнологических направлений во всех ведущих и развивающихся странах (США, Япония, Великобритания, Швеция, Бразилия, КНР и др.) [5]. Исходя из изложенного, можно с уверенностью утверждать, что предложенные В.Б. Алесковским подходы в области химии и технологии твердых веществ получили признание во всем мире.

Анализ современного состояния, в первую очередь, прикладных разработок в области нанотехнологии, базирующейся на принципах метода (МН), позволяет сделать следующие выводы: основные направления прикладных разработок связаны с созданием функциональных тонкопленочных структур для применения в микро- и нано-электронике и смежных областях; для внедрения процесса МН в реальный сектор экономики разрабатывается промышленное оборудование, развивается малотоннажная химия для обеспечения технологии необходимыми реагентами.

В докладе представлены последние результаты разработок, выполняемых в рамках ФЦП по теме «Создание высокотехнологичного производства оборудования для нанесения функциональных нанопокрытий по технологии молекулярного наслаивания»

и направленных на создание линейки установок МН проточно-вакуумного типа. НИОКР проводятся в СПбГТИ(ТУ) кафедрой химической нанотехнологии и материалов электронной техники, Первым всероссийским инжиниринговым центром технологии молекулярного наслаивания совместно с ООО «Ботлихский радиозавод» (ООО «БРЗ») и его Санкт-Петербургским филиалом, с ООО «Инжиниринговый центр молекулярного наслаивания» (г. Санкт-Петербург). В рамках проекта разработана конструкторская и технологическая документация, изготовлено и испытано несколько опытных образцов установок проточно-вакуумного типа. Начало производства планируется запустить в 2024 г. на на филиале ООО «БРЗ» в Санкт-Петербурге.

Не менее значимым является сегмент рынка, связанный с созданием новых материалов на основе дисперсных подложек различной химической природы, размеров, обработку которых по технологии МН целесообразно проводить в проточном режиме при атмосферном давлении. При этом возможно создавать такие практически значимые продукты, как гетерогенные катализаторы, модифицированные сорбенты, наполнители композиционных материалов, пигменты, люминофоры. Постановка НИОКР по созданию проточных установок для модифицирования по технологии МН указанных твердотельных матриц, безусловно, является актуальной задачей.

В докладе представлен целый ряд различных вариантов возможного аппаратурного оформления процесса МН при атмосферном давлении, которые могут быть положены в основу разработки такой аппаратуры в рамках НИОКР.

Важнейшим направлением, при решении задач внедрения нанотехнологии МН в реальный сектор экономики, является освоение отечественного промышленного производства широкого спектра реагентов. Работы в этом направлении в настоящее время проводятся совместно СПбГТИ(ТУ) и АО «СКТБ Кольцова».

В заключении сообщения кратко сформулированы развивающиеся в области МН перспективные направления фундаментальных и поисковых исследований. Все большее внимание ученых привлекают квантово-химические подходы для моделирования процесса МН и использование полученных результатов для прогнозирования режимов синтеза, состава, структуры и свойств целевых продуктов.

Таким образом, как показывает анализ результатов современных работ в области процесса МН в рамках ведущей научной школы «Химия высокоорганизованных веществ», предложенные более полувека назад В.Б. Алесковским фундаментальные подходы в развитии химии твердого тела и путей превращения твердых веществ получили признание, как в России, так и за рубежом, и все более широко внедряются в различные отрасли мировой экономики.

Работы в части организации промышленного производства установок МН выполняются при поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 075–11–2021-037.)

Литература:

1. В.Б. Алесковский // ЖПХ. т. 47, №10,. 2145 – 2157(1974).

2. Алесковский В.Б. Стехиометрия м синтез твердых соединений. Изд-во «Наука», Ленингр. Отд., Л., 1976. 142 с.

3. Алесковский В.Б. Химия надмолекулярных соединений. СПб.: Изд-во СПб ун-та. – 1996. – 253 с.

4. Малыгин А.А. // Наноматериалы: свойства и перспективные приложения. / отв. ред. А.Б. Ярославцев.- М.: Научный мир, 2015.- С.84-113.

5. Соснов Е.А., Малков А.А., Малыгин А.А. // ЖПХ.- 2021.- Т.94, № 9.- С.1104-1137.

6. Малыгин А.А., Малков А.А., Соснов Е.А. // Изв. РАН. Сер. Хим.-2017.- № 11.- С.1939-1962.

КЕРАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Марков М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

e-mail: barca0688@mail.ru

CERAMIC FUNCTIONAL COATINGS ON ALUMINUM ALLOYS

Markov M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном приборостроении, помимо проблем, связанных с электроникой, технологий изготовления печатных плат, и различных датчиков, актуальны материаловедческие задачи, связанные с производством корпусов различных приборов. Один из базовых материалов – алюминиевые сплавы, поверхность которых не обладает высокой твердостью и износостойкостью. Приборы могут эксплуатироваться в условиях абразивного воздействия, их корпуса подвергаются нагрузкам в цикле «монтаж-демонтаж» в ходе технического обслуживания, иногда находятся под воздействием агрессивных сред, таких как влажный морской воздух или брызги соленой воды.

Для обеспечения длительного срока службы приборов и приборных стоек целесообразно защищать поверхность алюминиевых корпусов покрытиями. Ввиду специфики алюминия, а именно наличие на его поверхности природного оксидного слоя, существует не так много методов нанесения защитных покрытий, обеспечивающих надежное сцепление с поверхностью. Существующие лакокрасочные материалы, в том числе специальные грунтовки для алюминия, не позволяют получить покрытие с высокой микротвердостью и обеспечить защиту от износа.

Решить проблему позволяет метод микродугового оксидирования (МДО). Исследования по микродуговому оксидированию алюминия, проводимые специалистами по керамическому материаловедению НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный Технологический институт (Технический университет)», привели к синтезу новых перспективных керамических алюмооксидных покрытий на алюминиевых и стальных деталях, стойких к коррозии и износу.

МДО является гальваническим процессом, позволяющим, аналогично анодированию, получать оксидные слои на поверхности алюминиевых, магниевых или титановых сплавов. На алюминиевых сплавах возможно получение покрытий с высокой твердостью и прочностью, превышающей таковые для классического анодирования. Такие покрытия по механическим и коррозионным свойствам, равно как и по фазовому составу, приближаются к керамическим.

По аппаратному оформлению микродуговое оксидирование близко к классическому анодированию, однако специфика применяемых электролитов приводит к настолько высоким значениям падения напряжения в растущем оксидном слое, что в нем возникает электрический пробой, сопровождающийся микродуговыми разрядами. В отличие от анодирования, напряжение на электролитической ванне составляет 500-600 В. Температура плазмы в разрядах варьируется от 3500 до 16000 К, поэтому, несмотря на кратковременное их существование, в растущем покрытии формируются высокотемпературные модификации оксидов, лишенные кристализационной воды.

Процесс МДО можно разбить на следующие стадии. На начальном этапе при включении тока через погруженную в электролит деталь на её поверхности начинается процесс анодирования, рисунок 1, однако, из-за специфики используемого электролита сопротивление оксидного слоя намного выше, чем при классическом анодировании.

Из-за этого падение напряжения в оксидном слое быстро возрастает. Далее оксидная пленка утолщается настолько, что падение напряжения в ней достигает значений, необходимых для электрического пробоя, и формируется микродуговой разряд. Процесс переходит в стадию микродугового оксидирования. Эти разряды являются крайне короткоживущими, и после их угасания в структуре покрытия остаются характерные поры.

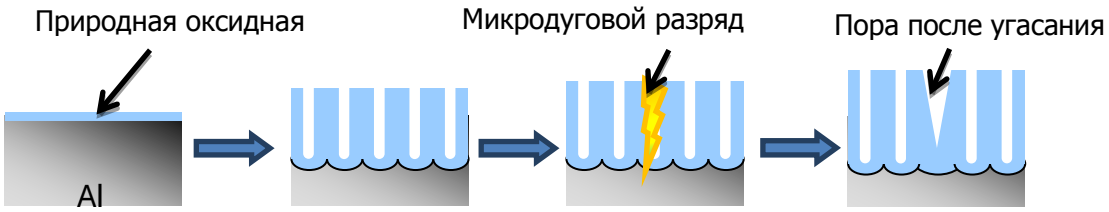


Рисунок 1 – Схема процесса микродугового оксидирования

Каждый раз, когда затухает разряд, оксидный слой в донной части пор утолщается. Постепенно оксид на дне пор становится более электроизоляционным, что приводит плавному изменению процесса. По мере увеличения продолжительности процесса мощность отдельных дуг увеличивается, а плотность их распределения снижается.

Прежде чем процесс выходит в микродуговой режим, состояние оксидной пленки, как и в случае анодирования, определяется равновесием между образованием оксидной пленки и ее растворением. Это равновесие во многом зависит от природы и концентрации компонентов электролита. Как правило, в него входят пассивирующие вещества, способствующие формированию оксидной пленки с высоким сопротивлением и компоненты, обеспечивающие их стабильность в электролите, а также стабильность pH электролита.

Поскольку плазма в дуге состоит не только из компонентов обрабатываемого сплава, но и из компонентов электролита, при затухании микродугового разряда в образующийся оксид часто включаются элементы из солей, введенных в раствор. В отличие от анодирования, внедрение химических элементов, входящих в состав электролита происходит не за счет сорбции, а зачёт их встраивания в кристаллическую решетку оксида. Например, при МДО алюминия в стандартном силикатно-щелочном электролите формируется фаза муллита ($xAl_2O_3 \cdot ySiO_2$).

Расход электроэнергии при МДО многократно выше, чем при анодировании, что нужно учитывать с точки зрения экономических затрат. Тем не менее, МДО часто является единственным возможным методом получения высокотвердых износостойких покрытий на изделиях сложной формы из алюминиевых сплавов.



Рисунок 2 - Направляющие системных блоков авиационной техники без покрытия и с МДО-покрытием

На рисунке 2, в качестве примера эффективности технологии, представлен результат нанесения защитных керамических МДО-покрытий на направляющие системных блоков авиационной техники. Благодаря МДО срок службы направляющих был увеличен в 2 раза по сравнению с алюминиевыми изделиями.

Представленный материал получен в рамках реализации гранта Российского научного фонда по соглашению № 22-29-00800.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Мусаев А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: am1710@yandex.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: STATUS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Musaev A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время в научном сообществе, занимающимся проблемами создания, развития и применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) нет единого представления, как о самом понятии ИИ, так и о научном содержании, методологии, методах и алгоритмах ИИ, о существе его природы и о возможных направлениях его развития. Но, несмотря на это, научное направление в прикладной математике и информатике, метафорически называемое искусственным интеллектом, а также информационные технологии (ИТ), построенные на его основе, приобретают стратегическую важность как теоретический и технологический базис цифровой экономики XXI века. Ведущие государства мира инвестируют огромные деньги в исследования и разработки по ИИ. В ряде стран, например, в США и ведущих государствах ЕС, начаты работы по стандартизации технологий ИИ. В РФ принята «Национальная стратегия развития технологий в области ИИ».

В данном докладе ИИ рассматривается как научно-прикладная дисциплина, которая является разделом современной математики и информатики. Как и в других научных дисциплинах, объектом исследований являются знания, а научное содержание определяется методологиями, методами и алгоритмами получения, формального представления, а также использования знаний в прикладных системах принятия решений. ИТ, построенные на теоретической базе ИИ, называются интеллектуальными технологиями, или технологиями ИИ.

В докладе кратко представлены основные этапы развития ИИ, анализируются различные аспекты исследований интеллектуальных технологий, а также разнообразные точки зрения на них в смежных областях и в междисциплинарном контексте.

В частности, осуществляется сравнительный анализ специфических особенностей естественного и искусственного интеллекта. Показан тенденция, разделяющая общий тренд ИИ на два различных направления: создание ИИ, как усовершенствованного аналога естественного интеллекта и, как альтернатива, разработка предметно-ориентированных версий ИИ, не связанных с имитацией человеческого мышления. Проводится анализ содержания базовых научных и прикладных проблем получения, представления и использования знаний. Рассмотрены конкретные прикладные задачи ИИ в рамках общей проблемы когнитивных исследований, охватывающих вопросы философии, психологии, биотехнологий, прикладной математики и ИТ и ориентированных на изучение процессов мышления.

В заключении приведены некоторые типовые заблуждения, связанные с представлениями людей об ИИ, а также футурологические гипотезы о технологиях и сроках создания думающих и даже «чувствующих» машин, и их влияние на развитие человеческой цивилизации.

Литература:

1. Городецкий В.И., Юсупов Р.М. Искусственный интеллект: метафора, наука и информационная технология. Мехатроника, автоматизация, управление. 2020. №21(5). С. 282-294.

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА, С.П. ВУКОЛОВА, Л.И. БАГАЛА В СТЕНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Островский В.А., Павлюкова Ю.Н., Котомин А.А., Илюшин М.А., Трифонов Р.Е., Путис С.М., Козлов А.С., Кирюшкин А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота

e-mail: va_ostrovskii@mail.ru

SCIENTIFIC HERITAGE OF D.I. MENDELEEV, S.P. VUKOLOV, L.I. BAGAL AT THE ST. PETERSBURG INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Ostrovskii V.A., Pavlyukova Y.N., Kotomin A.A., Ilyushin M.A., Trifonov R.E., Putis S.M., Kozlov A.S., Kiryushkin A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В 1891 году по инициативе и при содействии Д.И. Менделеева в Санкт-Петербургском университете для изучения вопросов изготовления бездымных порохов для флота создается научно-техническая лаборатория (НТЛ) морского ведомства, куда он пригласил работать Семёна Петровича Вуколова, студента университета, проходившего стажировку в университете г. Сорбонна, в лаборатории профессора Гроста. В короткий срок Менделеевым и Вуколовым были выполнены системные исследования процессов нитрования целлюлозы серно-азотными нитрующими смесями с получением нитроцеллюлозы высокого качества, а также нового энергонасыщенного материала (пирроколлодий). Эти исследования и разработки были призваны ликвидировать отставание Российской промышленности боеприпасов.



Рисунок 1 – В центре: С.П. Вуколов, Д.И. Менделеев во время экспедиции на Урал (1899).

16 января 1926 г в малой аудитории химического факультета ЛГУ на Среднем проспекте В.О. состоялась первая лекция С.П. Вуколова, где он, учитывая задачи реконструктивного периода, подчеркнул необходимость подготовки в гражданских вузах страны квалифицированных инженерных кадров для оборонной промышленности. В 1932 году профессор С.П. Вуколов – создал и возглавил кафедру химии и технологии ВВ, в настоящее время кафедра химии и технологии органических соединений азота (ХТОСА).

Продолжателем научной школы Менделеева – Вуколова является профессор Л.И. Багал, создавший в СССР уникальную школу химиков-технологов, внесших неоценимый вклад в Победу в Великой Отечественной войне (1941-1945 гг.) [1]. Лев Ильич Багал возглавлял кафедру №34 (в настоящее время кафедра ХТОСА) с 1945 по 1969 год – профессор, лауреат Государственной премии СССР, кавалер ордена Ленина,

двух орденов Трудового Красного знамени, ордена Знак почета, заслуженный деятель науки и техники РСФСР и ТА ССР

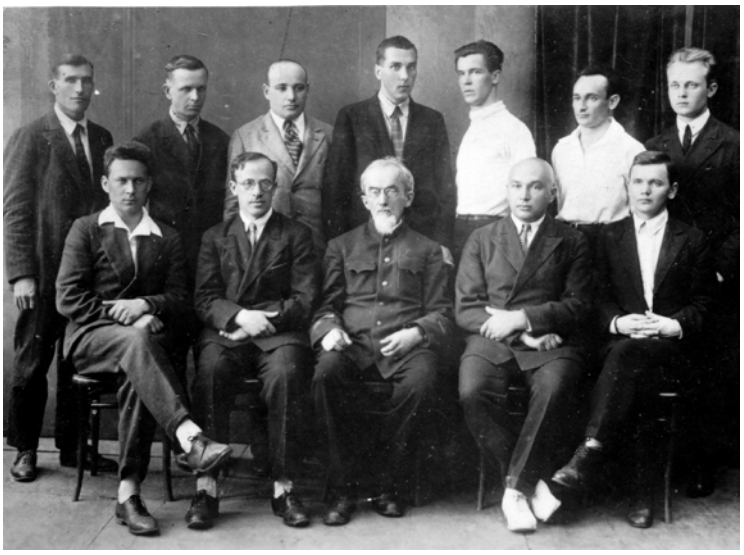


Рисунок 2 – Кафедра в 1934 году. Первый ряд, слева-направо: Владимир Степанович Шпак, Лев Ильич Багал, Семён Петрович Вуколов (в центре).

Владимир Степанович Шпак – ученик профессоров С.П. Вуколова и Л.И. Багала, герой социалистического труда, лауреат ленинской и государственной премий, академик АН СССР, академик РАН, генеральный директор НПО ГИПХ (в настоящее время РНЦ «Прикладная химия»). Под его руководством НПО «ГИПХ» стал крупнейшим научно-производственным центром страны. Его именем названа малая планета солнечной системы.

Льва Ильича Багала на посту заведующего кафедрой сменил выдающийся ученый и организатор производства, Борис Вениаминович Гидаспов – профессор, член.-корр. АН СССР, лауреат Ленинской и государственной премий, который одновременно являлся деканом ИХТ факультета и Директором-главным конструктором СКТБ «Технолог». С 1977 по 1989 год Б.В. Гидаспов являлся генеральным директором НПО «ГИПХ».

За все годы на кафедре ХТОСА подготовлены несколько тысяч квалифицированных инженеров-технологов, более 300 докторов и кандидатов наук. Школу кафедры в разные годы прошли 23 лауреата государственных премий. Коллектив кафедры принимал активное участие в решение важнейших стратегических задач в области химии и технологии энергонасыщенных систем и материалов, а также в области разработки активных ингредиентов современных лекарственных средств [2].

В настоящее время традиции, заложенные нашими великими учителями, продолжает преподавательский коллектив кафедры ХТОСА, включающий трёх докторов наук, пять кандидатов наук. В программу подготовки кадров высшей квалификации вовлечены три аспиранта очного обучения и один докторант.

Литература:

1. История органической химии в университетах России. От истоков до наших дней. Под ред. Е.К. Белоглазкиной, И.П. Белецкой, В.Г. Ненайденко. – М.: Техносфера, 2018. - 752 с.

2. Целинский И.В., Голод Е.Л., Егоров А.П., Илюшин М.А., Котомин А.А., Лебедев Б.А., Лоскутова Л.А., Мельникова С.Ф., Николаев В.Д., Островский В.А., Петельский М.Б., Щербинин М.Б. Кафедре химии и технологии органических соединений азота 75 лет. Под ред. И.В. Целинского. СПб: Изд. СПбГТИ(ТУ). 2001. - 130 с.

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ХИМИИ 2023

Сычев М.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: mmsychov@technolog.edu.ru

2023 NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY

Sychov M.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technological

Нобелевскую премию по химии в 2023 году получили Алексей Екимов, Мунги Бавенди и Луис Брюс «за открытие и разработку метода создания квантовых точек». Квантовые точки (КТ или QD) – полупроводниковые нанокристаллы, ширина оптической зоны, спектры поглощения и люминесценции которых зависят от их размера в области от единиц до десятков нанометров.

Алексей Иванович Екимов – советский ученый и работы, отмеченные сегодня Нобелевским комитетом, сделал в Ленинграде, в Государственном оптическом институте имени С. И. Вавилова. Он выяснил, что изменение спектров поглощения при отжиге стекол, содержащих ионы меди и хлора, происходит вследствие образования нанокристаллов хлорида меди. В проведении этих работ участвовал П. Онущенко также из ГОИ, а также А.Эфрос из ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Измерение размеров нанокристалов осуществила группа В.В. Голубков из Института химии силикатов РАН.

В настоящее время квантовые точки используются в полупроводниковых приборах, телевизорах, источниках света, солнечных элементах, оптических фильтрах, биологии и медицине.

В СПбГТИ(ТУ) работы по квантовым точкам и их применению ведутся на кафедрах химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и теоретических основ материаловедения.

БИОМЕДИЦИНСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСШИХ ГРИБОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Шамцян М.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: mark.shamtsyan@yandex.ru

BIOMEDICAL POTENTIAL OF HIGHER FUNGI IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF VARIOUS DISEASES

Shamtsyan M.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Грибы являются источниками большого количества различных биологически активных соединений. Во многих странах они используются в пищу, являясь источником ценных питательных веществ. Однако потенциал использования биологически активных веществ в медицине всё ещё мало изучен и недооценён.

Одними из таких соединений являются структурные полисахариды клеточной стенки грибов - β-глюканы. Уникальные структурные характеристики β-глюканов позволяют им выполнять множество специализированных физиологических функций, таких как снижение уровня холестерина, регулирование уровня сахара в крови. повышение иммунитета и для противоопухолевой терапии. Они не только могут использоваться в фармацевтических препаратах, но также являются своего рода идеальной здоровой пищей, которую можно использовать в качестве пищевой добавки в пищевой промышленности с хорошей прикладной ценностью и перспективой развития.

Установлено, что бета-D-глюканы способны индуцировать эпигенетическое ремоделирование миелоидных клеток на уровне их предшественников, что обеспечивает более высокий уровень неспецифической противоинфекционной защиты. Явление, получившее название «тренированный иммунитет», свидетельствует о формировании «клеточной памяти» в системе врожденного иммунитета

Учитывая совокупность всех фармакологических свойств бета-D-глюканов, их использование возможно, как для профилактики сезонных респираторных заболеваний, в том числе Covid-19, так и для лечения в дополнение к базисной терапии.

Патофизиологические особенности тяжелого клинического течения Covid-19, связанного с высоким провоспалительным преморбидным фоном у лиц пожилого возраста и лиц с различными хроническими воспалительными и метаболическими заболеваниями, позволяют рассматривать назначение препаратов на основе грибных бета-D-глюканов как самая адекватная профилактическая мера. Выраженная противовоспалительная активность, проявляемая полисахаридами грибов, позволяет использовать их в период развернутых клинических проявлений инфекции, как дополнение к базисной терапии, для снижения риска развития наиболее тяжелого осложнения Covid-19: цитокинового шторма и коагулопатии.

Высшие грибы являются одними из многообещающих объектов биотехнологии. Грибы являются источником различных ферментов. Наши исследования показывают, что грибы могут быть перспективным источником коллагенолитических ферментов, могущих найти применение в препаратах для терапии при ожогах и трофических язв, а также для устранения келоидных образований, тромболитических ферментов, для лечения инфарктов миокарда и тромбоэмболий и ряда других.

Часть работы выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-24-00785.

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА. ПЕРВЫЕ 100 ЛЕТ.

Щербинина О.В.

Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), Историко-информационный центр

e-mail: museum@lti-gti.ru

SCIENTIFIC DIRECTIONS OF THE TECHNOLOGICAL INSTITUTE. THE FIRST 100 YEARS.

Shcherbinina O.V.

Historical-Information Center of Saint-Petersburg State Institute of Technology

Указ о создании в Санкт-Петербурге первого в России Практического Технологического института был подписан 28 ноября 1828 г. Императором Николаем I с целью подготовки специалистов для развития частной промышленности.

Первоначально преподавателей основных и специальных предметов приглашали из других учебных заведений, мастеров, в основном иностранцев, с различных предприятий.

В 1862 г. при непосредственном участии директора И.П. Чайковского было принято новое Положение, благодаря которому к преподаванию привлекаются молодые ученые, которые способствовали началу организации научных школ Технологического института в области механики, химии и технологий.

И.А. Вышнеградский – основоположник теории автоматического регулирования и создатель научной школы в области прикладной механики и машиностроения; В.Л. Кирпичев – автор классических «Курсов сопротивления материалов» и закона сходства, основанного на дифференциальных уравнениях равновесия; И.Н. Вознесенский – видный ученый в области гидромашиностроения и автоматического регулирования машин; Е.Л. Николаи – создатель всемирно-известного курса теоретической механики; Н.П. Петров – автор гидродинамической теории трения деталей машин; выдающиеся конструкторы в области паровозостроения — А.П. Бородин, Н.Л. Щукин, И.И. Ясюкович, П.С. Селезнев.

А.К. Крупский – основоположник науки о процессах и аппаратах химической технологии, его ученик Л.Ф. Фокин – создатель первых учебных пособий по курсу процессов и аппаратов в азотно-туковой промышленности, коксохимии и синтетического аммиака; А.В. Гадолин – основоположник учения о металлорежущих станках, автор «Теории орудий», получившей мировое признание; М.Г. Евангулов – видный специалист по технологии металлов; Б.Г. Галёркин – ученый в области теории упругости; Д.С. Зернов – специалист в области термодинамике, паровых машин и теории механизмов; Г.Ф. Депп – внес существенный вклад в развитие технологии паровых котлов и двигателей внутреннего сгорания.

Д.И. Менделеев – ученый-энциклопедист, профессор химии Технологического института (1863-1866), его ученик и последователь С.П. Вуколов – специалист по химии и технологии взрывчатых веществ; А.Е. Фаворский – основатель научной отечественной школы химиков–органиков, среди которых создатели производства синтетического каучука С.В. Лебедев и Б.В. Бызов – основатели кафедр в ЛТИ им. Леносвета.

Ф.Ф. Бейльштейн – создатель всемирно известного «Справочника по органической химии». Целая плеяда его последователей составили школу химиков-нефтянников: А.А. Летний – впервые в мире исследовал пиролитическое разложение нефтепродуктов, А.А. Курбатов – крупный специалист в области органической технологии, исследователь кавказкой нефти, А.А. Русанов, Н.А. Сперанский, М.М. Тихвинский – исследователи химической технологии органических веществ, создатели новых химических производств.

Д.П. Коновалов – крупнейший исследователь по химической термодинамике и кибернетике.

А.Р. Шуляченко – основоположник теории и практики русской цементной промышленности.

Л.Г. Богаевский – видный ученый в области технологии волокнистых веществ.

Н.И. Тавилдаров – основатель школы химической технологии питательных веществ; Н.П. Ильин – специалист по химической технологии питательных и красильных веществ, он способствовал превращению крашения из ремесленного искусства в науку; А.И. Степанов - крупнейший специалист по технологии энзиматических процессов, 1-й лауреат российской премии имени Людвига Нобеля (1889); А.Е. Порай–Кошиц – один из основоположников отечественной анилинокрасочной промышленности, основатель школы синтетиков; С.М. Прокудин-Горский – создатель цветной фотографии в России в начале 20 века.

И.О. Ярковский – исследователь гипотезы всемирного тяготения, обосновал источники звездной энергии и непрерывного образования химических элементов в недрах небесных тел (1880-е г.г.).

В.Я. Курбатов - известный ученый физико-химик, доктор искусствоведения.

Л.А. Чугаев - создатель научной школы координационной химии.

Я.И. Грдина – основоположник работ по динамике живых организмов, открыл сервосвязи, которые играют большую роль в машинной математике, теории автоматического регулирования, кибернетике.

Р.Э. Ленц и Н.А. Гезехус – известные ученые-физики, создатели физической лаборатории и кафедры физики в институте.

Б.Л. Розинг – основоположник электронного телевидения.

А.А. Воронов – видный учёный в области электротехники и энергетики. Его последователи Р.Э. Классон, Л.Б. Красин, Г.М. Кржижановский – внесли большой вклад в электрификацию страны.

А.М. Соколов – фундаментальный исследователь по керамической технологии, создатель первой в Европе и России кафедры керамической технологии.

А.А. Яковкин - автор технологии получения отечественного алюминия.

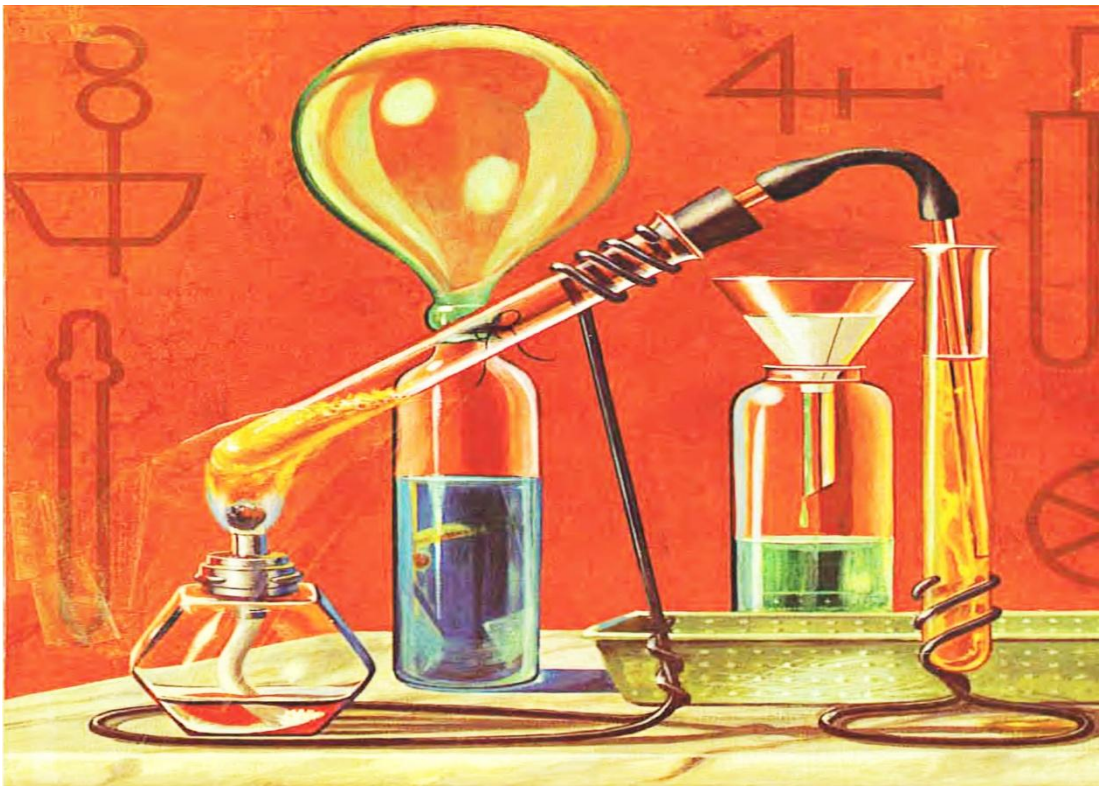
П.П. Федотьев – основатель отечественной школы электрохимиков.

Н.А. Бартельс – крупный специалист в области металлографии.

В связи с реорганизацией высшей школы страны 26 апреля 1930 года Приказом №1287 ВСНХ СССР институт был реорганизован в Ленинградский химико-технологический институт им. Ленсовета.

РАЗДЕЛ I.
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

СЕКЦИЯ 1
ФИЗИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



РАСЧЁТ ЭНТАЛЬПИИ И ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ ОРТОФЕРРИТА ГАДОЛИНИЯ ИЗ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ПРОСТЫХ ОКСИДОВ

***Албади Я.*, Попков В.И.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физико-химического конструирования функциональных материалов

e-mail: albadi.yamen@technolog.edu.ru

CALCULATION OF THE ENTHALPY AND ACTIVATION ENERGY OF THE REACTION OF FORMATION OF GADOLINIUM ORTHOFERRITE NANOCRYSTALS FROM THE CORRESPONDING SIMPLE OXIDES

***Albadi Y.*, Popkov V.I.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно, что при термообработке соосаждённые гидроксиды гадолиния и железа(III) претерпевают ряд физико-химических процессов до образования соответствующих оксидов, которые затем реагируют экзотермически с образованием ортоферрита гадолиния ($GdFeO_3$) [1]. Однако, когда в результате этого процесса образуются нанокристаллы $GdFeO_3$, данные об энтальпии и энергии активации этой реакции в литературе отсутствуют. Поэтому оценка этих параметров является важной научной задачей.

В данной работе образец гидроксидов гадолиния и железа(III), соосаждённых под воздействием ультразвука, был исследован методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА) при различных скоростях нагрева. Для оценки энтальпии реакции образования нанокристаллического $GdFeO_3$ по результатам ДСК-ТГА использовали два эталона: хромат калия и карбонат бария, которые претерпевают фазовые превращения с известными энтальпиями при температурах ниже и выше температуры образования $GdFeO_3$, соответственно. С другой стороны, для оценки энергии активации реакции образования нанокристаллического $GdFeO_3$ по данным ДСК использовали три неизотермических кинетических метода: метод Киссинджера, метод Огиса–Беннета/Босуэлла и метод Флинна–Уолла–Одзавы.

Установлено, что энтальпия реакции образования нанокристаллического $GdFeO_3$ равна -64,67 ± 1,36 Дж/г или -16,89 ± 0,36 кДж/моль. Полученное значение существенно меньше энтальпии образования $GdFeO_3$ при 298,15 К (-1351,432 ± 8,368 кДж/моль [2]), поскольку соответствует образованию наноразмерного $GdFeO_3$ из оксидов гадолиния и железа(III), а не объёмного из простых составляющих веществ. Энергия активации реакции образования нанокристаллического $GdFeO_3$ примерно равна 1193,62 ± 112,05, 1202,27 ± 112,06 и 1151,08 ± 106,53 кДж/моль по методам Киссинджера, Огиса–Беннета/Босуэлла и Флинна–Уолла–Одзавы, соответственно, которые довольно близки.

Таким образом, на основании результатов ДСК-ТГА удалось определить энтальпию и энергию активации реакции образования нанокристаллов $GdFeO_3$ из оксидов гадолиния и железа(III).

Литература:

1. Popkov, V.I. The formation of nanocrystalline orthoferrites of rare-earth elements $XFeO_3$ (X = Y, La, Gd) via heat treatment of coprecipitated hydroxides / V.I. Popkov [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2017. – V. 87. – № 11. – P. 2516–2524.

2. Термические константы веществ. Справочник в десяти выпусках. Выпуск VIII. Часть первая. Таблицы принятых значений / АН СССР, ВИНИТИ, ИВТ; Под редакцией академика В.П. Глушко (отв. ред.) [и др.] – Москва, 1978. – 534 с.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА $BiFeO_3$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОРЕАКТОРА НА РАЗМЕР ОБРАЗУЮЩИХСЯ ЧАСТИЦ

Бабич К.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии

e-mail: babich3111@gmail.com

INFLUENCE OF CONDITIONS FOR SYNTHESIS OF $BiFeO_3$ USING A MICROREACTOR ON THE SIZE OF PARTICLES FORMED

Babich K.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Микрореактор с интенсивно закрученными потоками обеспечивает смешение реагентов на микроуровне и позволяет получить после термообработки нанокристаллические частицы $BiFeO_3$ без примесных фаз [1].

Данное исследование направлено на изучение влияния условий синтеза ортоферрита висмута (концентрации прекурсоров и температуры термообработки) на размер его кристаллитов.

Использовались водные растворы $Bi(NO_3)_3$, $Fe(NO_3)_3$. Азотная кислота позволяла предотвратить образование гидроксидов металлов. Смешение раствора солей нитратов с раствором NaOH происходило в микрореакторе с интенсивно закрученными потоками (микро-ВСА-1). После образцы промывали дистиллированной водой до нейтрального значения pH и сушили при температуре 80 °C в течение 12 часов. Полученные образцы подвергали термообработке при 500, 515 и 530 °C в течение 1 минуты в режиме «отжиг-закалка».

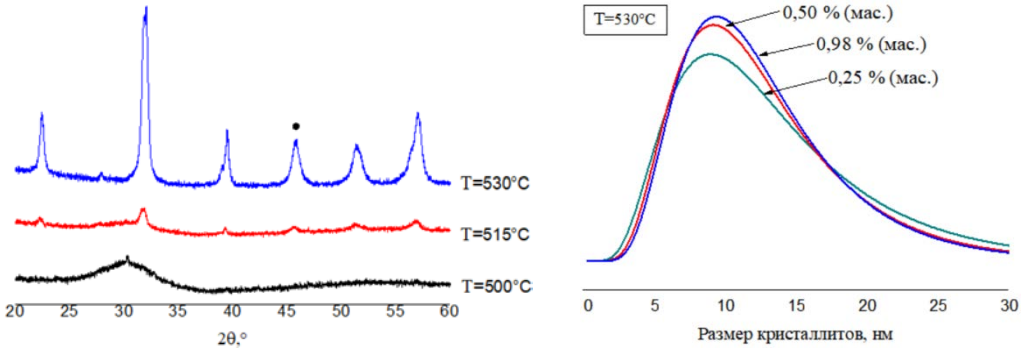


Рисунок – Дифрактограммы образцов и объемное распределение кристаллитов по размерам

На порошковой дифрактограмме наблюдается исчезновение рентгеноаморфной фазы и увеличение размеров кристаллитов по мере возрастания температуры термообработки. На рисунке справа представлены кривые объемного распределения кристаллитов по размерам по рефлексу, отмеченному на рисунке. Средневзвешенное значение размера кристаллитов $BiFeO_3$ для разных концентраций прекурсоров составило 10÷13 нм.

Выражаю благодарность О.В. Проскуриной и Р.Ш. Абиеву за помощь в работе и ценные замечания.

Работа выполнена с использованием оборудования инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ).

Литература:

1. Proskurina O.V., Abiev R.Sh., Nevedomskiy V.N. Influence of using different types of microreactors on the formation of nanocrystalline $BiFeO_3$ // Nanosyst.: Phys. Chem. Math. 2023. V.14 (1). P. 120–126.

НАНОТУБУЛЯРНЫЕ ГИДРОСИЛИКАТЫ СОСТАВА $(Mg,Co,Ni,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ CO

***Григорьев В.Н.**, Матвеева В.Д., Лебедева Н.В., Ручкова М.А., Красилин А.А.*

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии

e-mail: grivic01@yandex.ru

NANOTUBULAR $(Mg,Co,Ni,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$ HYDROSILICATES AND THEIR DERIVATES FOR CO CONVERSION

***Grigoriev V.N.**, Matveeva V.D., Lebedeva N.V., Ruchkova M.A., Krasilin A.A.*

Saint-Petersburg State Institute of Technology

По данным проведённых ранее исследований [1], нанотубулярные гидросиликаты на основе хризотила $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ обладают высокой удельной площадью поверхности (250 $м^2/г$), что делает перспективным их использование в качестве носителя для катализаторов. Также оказалось возможным вводить различные примесные ионы (Co^{2+}, Fe^{3+}, Ni^{2+}), способные выступать в качестве активного компонента катализатора, непосредственно в кристаллическую структуру хризотила.

Образцы были получены путём соосаждения гидроксидов $Mg(OH)_2$, $Ni(OH)_2$ (либо $Co(OH)_2$) и FeOOH с аморфным SiO_2. Далее полученная суспензия подвергалась гидротермальной обработке в автоклавах при температуре 200–220 °C в течение 48 часов. Каждый образец проходил обработку в среде Ar/H_2 в трубчатой печи при температуре 600 °C в течение 5 часов. В результате обработки катионы Co^{2+} и Ni^{2+} восстанавливались, образуя наночастицы металлов. Такая обработка значительно сокращала удельную площадь поверхности образцов. Каталитическая активность образцов определялась в реакции окисления монооксида углерода кислородом воздуха. Концентрация CO в конечной газовой смеси определялась методом реакционной газовой хроматографии. В качестве меры оценки активности были выбраны температуры, при которых достигались степени превращения монооксида углерода, равные 50 и 99 %.

Сравнительная характеристика образцов представлена в таблице. Можно заключить, что Co-содержащие гидросиликаты являются более перспективными материалами благодаря сравнительно низким величинам T_{50} и T_{90}. Модифицирование железом несколько увеличило температуры превращений.

Таблица - Сравнительная характеристика образцов

Образец	До восстановления			После восстановления		
	$S_{уд}$, $м^2/г$	T_{50}, °C	T_{99}, °C	$S_{уд}$, $м^2/г$	T_{50}, °C	T_{99}, °C
$Mg_{1,5}Co_{1,5}Si_2O_5(OH)_4$	-	-	-	-	110	140
$Mg_{1,5}Co_{1,275}Fe_{0,15}Si_2O_5(OH)_4$	324	325	380	169	-	170
$Mg_{1,5}Ni_{1,5}Si_2O_5(OH)_4$	-	-	-	-	220	285
$Mg_{1,5}Ni_{1,275}Fe_{0,15}Si_2O_5(OH)_4$	290	280	380	125	240	350

Авторы выражают глубокую признательность Вишневской Т.А., научной группе гидротермального синтеза лаб. новых неорганических материалов ФТИ им. А.Ф. Иоффе и Стовпяге Е.Ю. за помощь в проведении исследования.

Литература:

1. Красилин А.А. - Формирование и свойства гидросиликатных наносвитков со структурой хризотила: Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 01.04.00, 02.00.04 / Красилин Андрей Алексеевич. – СПб, 2016. – 170 с

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЕ

***Грушко О.И.*[1,2], *Степанова О.М.*[1], *Снетов В.Н.*[1], *Пинчук М.Э.*[1], *Калашникова А.К.*[2]**

[1]*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии*

e-mail: grushkoleg02@mail.ru

PLASMA CHEMICAL FORMATION OF HYDROGEN PEROXIDE IN BIDISTILLED WATER

***Grushko O.I.*[1,2], *Stepanova O.M.*[1], *Snetov V.N.*[1], *Pinchuk M.E.*[1], *Kalashnikova A.K.*[2]**

[1]*Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Electrophysics and Electric Power Engineering of the Russian Academy of Sciences,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Низкотемпературная воздушная плазма (НВП) атмосферного давления имеет множество приложений. Например, НВП применяется для инактивации микроорганизмов в жидких средах. Инактивация происходит за счет взаимодействия бактерий с высоко реакционноспособными частицами, которые образует НВП в газе. Одним из способов получения такой плазмы является барьерный разряд.

Осушенный цеолитом воздух с расходом 0,2 л/мин подавался в проточный плазмохимический реактор. Реактор представляет собой коаксиальную систему электродов. Между электродами находится кварцевая трубка, которая является корпусом реактора. На электроды подавали синусоидальное напряжение с частотой 27 кГц и амплитудой 5 и 6 кВ. В результате чего загорался барьерный разряд (БР). Его свойства позволяют образовываться в газе множеству высоко реакционно способных частиц. Например, оксиды азота, озон и короткоживущие радикалы. Поток газа с продуктами плазмохимического синтеза (ПХС) барботировался через 20 мл бидистиллированной воды в конической колбе. В жидкой фазе протекают вторичные реакции с участием растворителя и продуктов ПХС. В том числе образуется пероксид водорода. Длительность барботирования составляла от 5 до 20 минут.

В обработанных образцах воды методом спектрофотометрии измеряли концентрации пероксида водорода. В качестве аналитической реакции применялась разложение перекиси с помощью пероксидазы хрена и последующее окисление лейкокристаллического фиолетового с образованием окрашенного вещества. На рисунке представлена зависимость концентрации пероксида от времени обработки.

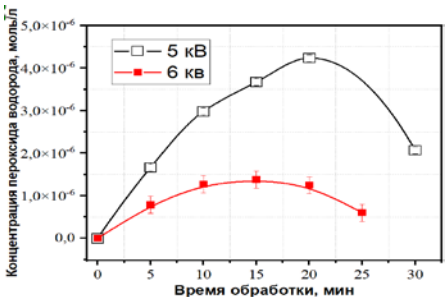


Рисунок – Зависимость концентрации пероксида водорода от времени обработки воды

Концентрация пероксида водорода проходит через максимум. Причиной может служить протекание последовательная реакция, в которой перекись выступает промежуточным продуктом. С увеличением напряжения концентрация пероксида снижается, а расположение максимума уходит в сторону меньшего времени. Возможно, причиной является взаимодействие материала электрода стержня с продуктами ПХС.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ ПРИМЕСЕЙ И СПЕЦИАЛЬНО ВВОДИМЫХ ДОБАВОК

Гуцал М.А., Павлов Б.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра высокоэнергетических процессов

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF IMPURITIES AND SPECIALLY INTRODUCED ADDITIVES ON THE THERMAL DECOMPOSITION OF AMMONIUM NITRATE

Gutsal M.A., Pavlov B.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Аммиачная селитра получила в настоящее время очень широкое применение. Мировое производство составляет около 38 млн. тонн в год и продолжает расти.

В России в 2019 году было произведено более 9,8 млн. тонн аммиачной селитры. В основном выпускается селитра двух марок: «А» и «Б». Марка «А» используется в промышленных целях, преимущественно для производства аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ, а марка «Б» — в сельском хозяйстве в качестве основы для получения минеральных удобрений [1].

Чистая аммиачная селитра характеризуется относительно слабыми взрывчатыми свойствами. Она практически не чувствительна к ударам и трению, взрыву капсюля-детонатора №8. Считается, что при соблюдении определённых мер, аммиачная селитра практически безопасна при транспортировке, переработке и хранении [2].

Однако наличие примесей и специально вводимых добавок могут оказывать существенное влияние на процесс разложения аммиачной селитры, особенно при нагревании. Вводимые добавки способны как ускорять, так и замедлять процесс разложения, а также изменять механизм течения реакции.

Введение добавок сказывается как на температуре начала интенсивного разложения аммиачной селитры, так и на скорости её разложения. В результате этого все исследуемые добавки можно расположить в ряд по степени их влияния на данные параметры в условиях эксперимента.

Так, например, при скорости нагрева печи дериватографа 12 град/мин по уменьшению влияния на скорость разложения аммиачной селитры добавки можно расположить в следующий ряд:

$$K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow Ti \rightarrow$$
$$C_6H_{12}N_4 \rightarrow BaCl_2 \rightarrow KCl \rightarrow ПАМ - 4$$

По степени их влияния на снижение температуры начала интенсивного разложения ряд будет выглядеть следующим образом:

$$K_2Cr_2O_7 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow (NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow C_6H_{12}N_4 \rightarrow BaCl_2 \rightarrow KCl \rightarrow$$
$$K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow Ti \rightarrow ПАМ - 4$$

Наиболее высокую скорость разложения имеет смесь аммиачной селитры с добавкой K_2CrO_4, а наименьшую температуру начала интенсивного разложения смесь с $K_2Cr_2O_7$.

Литература:

1. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение / А.К. Чернышев, Б.В. Левин, А.В. Туголуков [и др.]; Под редакцией Б.В. Левина, А.В. Туголукова // Москва: ЗАО «ИНФОХИМ». – 2009. – 544 с. – ISBN 978-5-98801-019-7.

2. Технология аммиачной селитры / М.Е. Иванов, В.М. Олевский, Н.Н. Поляков, И.И. Стрижевский [и др.]; Под редакцией В.М. Олевского // Москва: «Химия». – 1978. – 310 с.

СИНТЕЗ Al_2O_3 МЕТОДОМ РАСТВОРНОГО ГОРЕНИЯ. РОЛЬ ТОПЛИВА

Данилова А.А.*, *Изотова С.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический университет (технический институт), кафедра физической химии

e-mail: sanya15151545@gmail.com

SYNTHESIS OF Al_2O_3 BY SOLUTION COMBUSTION. THE ROLE OF THE FUEL

Danilova A.A., Izotova S.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Широкая востребованность высокодисперсного оксида алюминия в самых различных отраслях промышленности оставляет актуальной задачу поиска оптимальных условий синтеза оксида. Наиболее перспективным в этом плане является метод растворного горения, позволяющий получать наноструктурированные порошки оксидов металлов со сравнительно узким распределением по размерам частиц и высокой площадью поверхности.

Целью данной работы было определение влияния топлива на характеристики оксида алюминия, синтезированного методом растворного горения.

Синтез оксида алюминия проводили из стехиометрической смеси $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ и топлива: мочевины ($(NH_2)_2CO$), глицина (NH_2CH_2COOH), лимонной кислоты ($C_6H_8O_7$), винной кислоты ($C_4H_6O_6$) или щавелевой кислоты ($C_2H_2O_4$). Полученные образцы исследовали методами ИК-спектроскопии отражения, сканирующей электронной микроскопии (элементный состав и морфология) и рентгеновской дифрактометрии.

По результатам элементного анализа выход оксида составляет (за исключением щавелевой кислоты) 99,64-100 мас. % в зависимости от природы топлива. Согласно данным рентгенофазового анализа кристаллический Al_2O_3 ромбоэдрической сингонии формируется при использовании в качестве топлива лимонной кислоты и мочевины. Определены размеры кристаллитов. В остальных случаях синтезированный оксид алюминия является рентгеноаморфным.

Спектральный анализ свидетельствует о присутствии на поверхности оксида алюминия адсорбированных продуктов не до конца сгоревшего органического топлива. В случае глицина в ИК спектре обнаружены деформационное и валентные колебания адсорбированной воды (1629, 3255 и 3393 $см^{-1}$). При синтезе с винной (1452, 1597 $см^{-1}$) и лимонной (1446, 1583 $см^{-1}$) кислотами наблюдаемые колебания, по всей видимости, связаны с валентными асимметричными колебания бидентатно-координированных к поверхности группировок RCOO- или OCOO-. Синтез с щавелевой кислотой приводит к меньшему расщеплению, характерному для монодентатной координации, и смещению пиков к волновым числам 1355 и 1392 $см^{-1}$, а также появлению пика при 1712 $см^{-1}$, вероятно, вследствие колебания группы –CO на поверхности оксида. Определены характеристические пики оксида алюминия: 553-561, 634 $см^{-1}$. Отсутствие иных колебаний, кроме характеристических, в ИК спектре свидетельствует о высокой степени чистоты оксида алюминия, синтезированного при использовании в качестве топлива мочевины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ КИСЛОТ ПРИ СИНТЕЗЕ МОНОХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В РЕАКЦИОННОЙ СМЕСИ МЕТОДОМ КИСЛОТНОГО-ОСНОВНОГО ТИТРОВАНИЯ В АЦЕТОНЕ

Дружинин В.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

e-mail: druzhinin.vd@yandex.ru

DETERMINATION OF ACID CONCENTRATIONS IN THE SYNTHESIS OF MONOCHLOROACETIC ACID IN A REACTION MIXTURE BY ACID-BASE TITRATION IN ACETONE

Druzhinin V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из способов получения монохлоруксусной кислоты является окисление этиленхлоргидрина азотной кислотой [1]. Для контроля глубины реакции определяются концентрации кислот в реакционной смеси путём кислотно-основного титрования следующим образом: проводится титрование пробы раствором щёлочи, затем строится интегральная кривая титрования, где должно проявиться два скачка титрования, соответствующие обеим кислотам. Проблема данного способа в том, что при титровании пробы в воде проявляется только один скачок, что показано на графике слева на рисунке. Это связано с тем, что разница значений pKa каждой из кислот в воде недостаточна, чтобы проявилось два скачка.

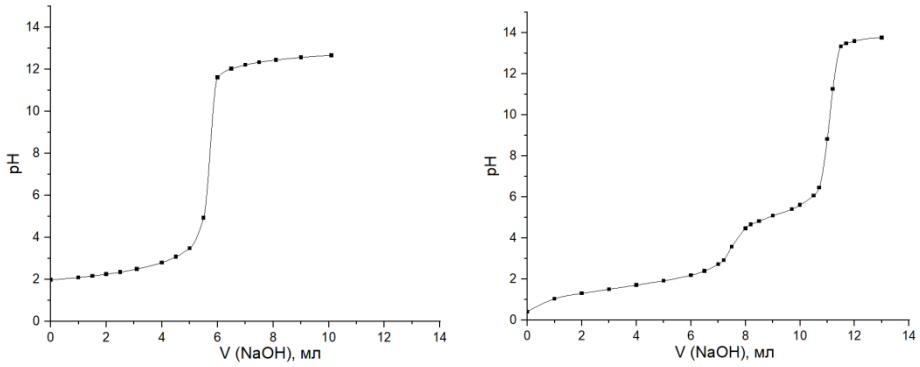


Рисунок – Интегральные кривые кислотно-основного титрования в воде и в ацетоне

Решением этой проблемы может быть проведение кислотно-основного титрования в ацетоне. На рисунке, на графике справа видны скачки титрования, соответствующие азотной и монохлоруксусной кислотам, что объясняется большей разностью значений pKa этих кислот.

Таблица – Значения pKa азотной и монохлоруксусной кислот в воде и ацетоне [2]

	Вода	Ацетон
Азотная кислота	-1,64	3,75
Монохлоруксусная кислота	2,87	11,20

Литература

1. Светлаков, Н.В. Синтез монохлоруксусной кислоты из этиленхлоргидрина / Н.В. Светлаков, В.Г. Никитин, Е.А. Николаева // Журнал прикладной химии. – 2003. – Том 76, выпуск 9.

2. Измайлов, И.А. Дифференцирующее действие растворителей на силу кислот. [Сообщ.] 4. Константы диссоциации кислот в ацетоне и в его смесях с водой. / И.А. Измайлов, И.Ф. Забара // Сборник работ по физической химии (АН СССР). -1947. - С. 310—328.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАНИЯ ХЛОРИДА СТРОНЦИЯ В ВОЛНЕ ГОРЕНИЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА

Заярный А.А., Видякин Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра высокоэнергетических процессов

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR QUANTITATIVE ASSESSMENT OF STRONTIUM CHLORIDE FORMATION IN A PYROTECHNIC COMPOSITION COMBUSTION WAVE

Zayarny A.A., Vidyakin E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из основных излучателей, позволяющих получить пламя красного цвета при горении пиротехнического состава, является монохлорид стронция, образующийся в пламени при разложении хлорида стронция.

Однако непосредственное введение в состав хлорида стронция не позволяет получить цветное пламя с необходимыми характеристиками. Поэтому рецептуры пиротехнических составов подбирают таким образом, чтобы хлорид стронция образовывался в процессе горения. С этой целью при составлении рецептур часто комбинируют «цветообразователь» с «усилителем цвета». В качестве цветообразующей добавки обычно применяют нитрат стронция, являющийся одновременно окислителем, а в качестве «усилителя цвета» пламени используют соединения, содержащие хлор, например, поливинилхлорид (ПВХ).

В проведённых ранее исследованиях была показана возможность образования хлорида стронция ещё в подготовительной зоне волны горения [1, 2] вследствие взаимодействия газообразного хлористого водорода, образующегося при термическом разложении ПВХ, с твёрдыми частицами нитрата стронция по следующей схеме превращения.

$$Sr(NO_3)_{2(тв)} + 2HCl_{(г)} = SrCl_{2(тв)} + 2HNO_{3(г)} + 61{,}9\ кДж$$

Цель данного исследования – изучение влияния дисперсности нитрата стронция на эффективность образования хлорида стронция при нагревании в условиях, имитирующих подготовительную зону горения. Исследования проводились на двойной смеси $Sr(NO_3)_2$ – ПВХ в соотношении 62/38 соответственно. Для обеспечения требуемой температуры использовалась муфельная печь с программируемым нагревом.

В работе была разработана методика количественного определения хлорида стронция, образующегося в результате взаимодействия нитрата стронция с ПВХ при нагревании. Это позволило оценить влияние фракционного состава порошка цветообразователя на количественный выход хлорида стронция, а также предложить рекомендации по улучшению специального эффекта рецептур ПС красного огня.

Литература:

1. Коваленко, Е. П. Исследование процесса горения цветопламенных составов / Е. П. Коваленко, Б. Д. Павлов, А. Д. Кремлева, А. П. Сусла // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2016. – №32. – С. 47-50.

2. Павлов, Б. Д. Применение хлорпарафина в цветопламенных пиротехнических составах / Б. Д. Павлов, А. С. Дудырев, Е. П. Коваленко [и др.]. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2019. – №50(76). – С.42-46.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БИОГАЗА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Зубкова М.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра аналитической химии

e-mail: marina19zubkova@list.ru

BIOGAS ENERGY POTENTIAL USING AS FUEL FOR AUTONOMOUS POWER

Zubkova M.Yu.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Данные о стоимости производства водорода из биогаза на ближайшую перспективу указывают на то, что комплексные энергетические технологии с использованием вторичных источников для получения H_2 являются достаточно привлекательными. Использование для этих целей топливных элементов, осуществляющих прямое преобразование энергии подаваемого топлива в электрическую энергию, является перспективным решением для автономных потребителей.

На основании исследований работы низкотемпературного топливного элемента при прямой подаче водородсодержащего топлива с остаточным содержанием CH_4 (2 – 7 %) подтверждена возможность работы топливной системы в эффективном режиме [1] и при использовании значительного потенциала «слабых» биогазов (30 – 40 % CH_4).

Эффективность электрохимических процессов, определяющих получение электрической составляющей, проводимых на нестандартном топливе, снижается на 12 – 18 % по отношению к показателям режима работы на H_2. Соответственно, общее количество израсходованного газа на единицу установленной мощности по нестандартному топливу пропорционально увеличивается по сравнению с расходом H_2, оставаясь при этом в пределах соизмеримых соотношений.

Энергетический потенциальный запас сброшенного топлива (не окисленного на аноде CH_4 и унесенного газовым потоком незначительного количества H_2) заметно возрастает с увеличением содержания CH_4 в исходном топливе и приводит к возрастанию роли тепловой составляющей разделенного энергетического потока до 20-26 % [1]. При анализе термодинамических и энергетических показателей следует отметить следующее:

• энергетический потенциал исходной газовой смеси с ростом содержания метановой составляющей увеличивается ввиду высокой теплотворной способности CH_4, существенно превышающей теплотворную способность H_2 (в расчете на 1 моль);

•низкотемпературный топливный элемент при работе на нестандартном топливе играет роль разделительной системы, выделяющей два энергетических потока, позволяющих реализовать электрическую и тепловую составляющую в заданных режимах использования топлива;

•комплексное использование энергетического потенциала топлива с остаточным содержанием CH_4 позволяет обеспечить суммарный эффективный кпд ~ 40 %.

Возможность производства электроэнергии на основе комплексного использования органического и водородного топлива приблизит источники энергии к потребителю. Выбор технологии извлечения эксергетической составляющей топлива с рекуперацией тепла позволит повысить показатели энергоемкости и экологичности.

Литература:

1. Marina Yu. Zubkova, Vladimir I. Maslikov, Dmitry V. Molodtsov, Alexander N. Chusov. The ways assessment of direct production electricity and heat from hydrogenous fuel based on biogas for autonomous consumers. Applied Mechanics and Materials, 2014, vol. 587-589, pp. 330-337.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ $La_{1-x}Sm_xPO_4$

Калашникова А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии

e-mail: akalash200@gmail.com

FORMATION OF NANOCRYSTALLINE SOLID SOLUTIONS IN THE $La_{1-x}Sm_xPO_4$ SYSTEM

Kalashnikova A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Материалы на основе нанокристаллических твердых растворов в системе ортофосфатов самария и лантана ($LaPO_4$ - $SmPO_4$ - H_2O) перспективны из-за таких свойств, как ионная проводимость, нелинейно-оптические свойства и многие другие. Такие материалы используются для изготовления керамики, катализаторов, флуоресцентных, диэлектрических материалов и т.д. Благодаря способности к замещению и долговечности [1], а также устойчивости к облучению, соединения на основе фосфатов РЗЭ в настоящее время изучаются в качестве матриц для долгосрочного хранения ядерных и других токсичных отходов [2].

В научной литературе можно найти множество исследований, посвященных изучению ортофосфатов РЗЭ и твердых растворов на их основе. Однако публикаций о низкотемпературной области в системе $LaPO_4$ - $SmPO_4$ - (H_2O) найдено не было.

Целью данной работы было изучение формирования нанокисталлических твердых растворов $La_{1-x}Sm_xPO_4$ и выявление взаимного влияния элементов на размеры кристаллитов.

Были получены образцы $La_{1-x}Sm_xPO_4$ (x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) путем добавления водного раствора фосфата аммония к водному раствору нитратов самария и лантана с последующей сушкой при 80°С в течении 24 часов.

По данным элементного микроанализа можно сделать вывод, что количество самария несколько больше количества лантана по сравнению с заданным.

Согласно данным рентгеновской дифракции образцы соответствуют фазе рабдофана. Широкие пики и гало указывают на наличие аморфной фазы. Средний размер кристаллитов, определённый по формуле Шеррера по трём рефлексам, - от 7 до 21 нм. Из зависимости размеров кристаллитов от состава видно, что образцы твердых растворов системы имеют размеры кристаллитов меньшие, чем индивидуальные соединения ортофосфатов самария и лантана.

Зависимость параметров элементарной ячейки всех образцов от состава в пределах погрешности подчиняется правилу Вегарда, что подтверждает образование в системе ортофосфат самария - ортофосфат лантана непрерывного ряда твердых растворов.

Выражаю благодарность О.В.Проскуриной за помощь в трактовке результатов.

Литература:

1. Achary, S.N, Bevara S., Tyagi A.K. Recent progress on synthesis and structural aspects of rare-earth phosphates. Coord. Chem. Rev.,2017, 340, 266–297.

2. Deschanels X. et al. Swelling induced by alpha decay in monazite and zirconolite ceramics: A XRD and TEM comparative study. Journal of Nuclear Materials, 2014, 448(1–3), 184-194.

АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНОЛА ПО ОТНОШЕНИЮ К СУПЕРОКСИДНЫМ АНИОН-РАДИКАЛАМ

Кучина В.А.*, *Маркова М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра радиационной технологии

e-mail: markovam50@gmail.com

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF FULLERENOL IN RELATION TO SUPEROXIDE ANION RADICALS

Kuchina V.A.*, *Markova M.A

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Согласно современным представлениям, свободные радикалы и активные формы кислорода (АФК), несмотря на свою реакционность и токсичность, в малых концентрациях являются нормальными участниками множества метаболических процессов в клетке, однако, с увеличением концентрации АФК увеличивается и вероятность их деструктивного действия на жизненно важные клеточные компоненты (белки, липиды и нуклеиновые кислоты).

К АФК относят совокупность взаимно превращающихся частиц, среди которых супероксидный анион-радикал ($O_2^{\bullet -}$) является ключевой активной формой, приводящей к образованию не менее реактогенных свободных радикалов и, как следствие, молекулярных продуктов.

Авторами [1] было показано, что фуллерены, имеющие большую систему частично сопряженных двойных связей и способные локализовываться в митохондриях клетки, где продуцируется большая часть свободных радикалов, признаны эффективными антиоксидантами. Однако, практически полная их нерастворимость в полярных растворителях затрудняет применение фуллеренов в качестве антиоксидантов в биомедицине, фармацевтике и косметологии.

Одним из наиболее широко применимых способов получения водорастворимых производных является присоединение к фуллереновому кейджу гидроксильных групп. В то же время присоединение к каркасу даже одной функциональной группы может привести к заметному изменению его реакционной способности, в том числе и по отношению к свободным радикалам.

Антиоксидантную активность фуллеренола $C_{60}(OH)_{20\pm2}$ в диапазоне концентраций 5–100 мкг/мл оценивали по его способности ингибировать реакцию аутооксиления адреналина. В щелочной среде окисление молекул адреналина до адренолютина
(λ_{max} = 347 нм) сопровождается одноэлектронным восстановлением растворенного кислорода с образованием супероксидных анион-радикалов.

В кварцевую кювету добавляли карбонатный буферный раствор (pH=10,65), 0,1 % раствор адреналина гидрохлорида (ФГУП «МЭЗ») и водный раствор фуллеренола в объёмных соотношениях 40:2:1 и регистрировали поглощение при 347 нм каждые 30 сек. в течение 15 минут. Аналогичную смесь, но не содержащую адреналин, помещали в кювету сравнения.

Было установлено, что водные растворы фуллеренола $C_{60}(OH)_{20\pm2}$ в представленном диапазоне концентраций ингибируют реакцию аутооксиления адреналина тем самым проявляя антиоксидантные свойства по отношению к супероксидным анион-радикалам.

Литература:

1. Markovic Z, Trajkovic V. Biomedical potential of the reactive oxygen species generation and quenching by fullerenes (C60). Biomaterials, 2008, 29: 3561–3573

ОЦЕНКА АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ФУЛЛЕРЕНОЛА В МОДЕЛЬНОЙ ФЕНТОНОПОДОБНОЙ СИСТЕМЕ Cr^{3+}/Cr^{6+}

Кучина В.А., Маркова М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра радиационной технологии

e-mail: markovam50@gmail.com

ESTIMATION OF THE ANTIRADICAL ACTIVITY OF FULLERENOL IN A MODEL FENTON-LIKE SYSTEM Cr^{3+}/Cr^{6+}

Kuchina V.A., Markova M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Активные формы кислорода (АФК) играют важную роль в клеточном гомеостазе и являются естественным побочным продуктом метаболизма кислорода. Особые ферментные системы, представляющие внутреннюю часть антиоксидантной системы, позволяют противостоять накоплению избыточного количества АФК в нормальных физиологических условиях. Однако, при воздействии патогенных факторов происходит чрезмерное накопление свободных радикалов кислорода и их вторичных продуктов, и клетка подвергается оксидативному стрессу, в ходе которого деструктируют четыре основных типа биополимеров живого организма: нуклеиновые кислоты, белки, липиды и углеводы.

Гидроксильный радикал ($OH^{\bullet}$) обладает чрезвычайно высоким окислительно-восстановительным потенциалом и выступает основным маркером окислительного стресса, имеющий особое значение в развитии ряда патологий, в том числе и раковых заболеваний.

Классическая реакция Фентона в системе Fe^{2+}/H_2O_2 широко используется в практике научных исследований как источник гидроксильных радикалов. Однако, данная система не подходит для исследования нашего объекта, поскольку фуллеренолы образуют осадок с ионами трехвалентного железа, затрудняющий дальнейшие измерения.

Для определения антиоксидантной активности водных растворов фуллеренола $C_{60}(OH)_{20\pm2}$ в диапазоне концентраций 5-100 мкг/мл по отношению к гидроксильным радикалам была использована фентоноподобная система, основанная на окислительно-восстановительном цикле Cr^{3+}/Cr^{6+} с H_2O_2[1].

В кварцевую кювету добавляли водный раствор бихромата калия (С = 10 мМ), перекись водорода (С = 10 мМ), водный раствор фуллеренола и раствор салициловой кислоты в этиловом спирте (С = 1 мМ). Последний компонент реакционной смеси служит «ловушкой» для гидроксильных радикалов и образует два продукта реакции, удобных для спектрофотометрических измерений в области 300-330 нм.

Было установлено, что водные растворы фуллеренола $C_{60}(OH)_{20\pm2}$ в представленном диапазоне концентраций проявляют антиоксидантные свойства по отношению к гидроксильным радикалам.

Литература:

1. Alok D. Bokare, Wonyong Choi Advanced Oxidation Process Based on the Cr(III)/Cr(VI) Redox Cycle. Environmental Science & Technology, 45(21), 9332–9338.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ФАЗЫ СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА, ФОРМИРУЮЩЕЙСЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ В СИСТЕМЕ Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O)

***Новокрещенова Д.А.*[1], *Ломакин М.С.*[1,2,3]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе,*
[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе,*
[3]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*
e-mail: darngi2001@gmail.com

TEMPERATURE BOUNDARIES OF THE STABILITY REGION OF THE PYROCHLORE PHASE FORMED UNDER HYDROTHERMAL CONDITIONS IN THE Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O) SYSTEM

***Novokreshchenova D.A.*[1], *Lomakin M.S.*[1,2,3]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*Ioffe Institute, Politekhnicheskaya,*
[3]*Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

Исследование сложных оксидных фаз переменного состава со структурой пирохлора является одной из важных задач современной науки о материалах. Особенность кристаллической структуры фазы пирохлора, состоящей из двух взаимопроникающих подрешеток - A_2O' и B_2O_6, и обладающей большой изоморфной ёмкостью, позволяет в заметных пределах менять качественный и количественных состав фазы и, как следствие, свойства материалов на ее основе. Тройные пирохлоры, содержащие *d*-элементы, находятся в центре внимания, и одним из методов их синтеза является гидротермальный метод. При использовании методов мягкой химии, включая гидротермальный синтез, интерес вызывает исследование поведения синтезированных объектов в широком температурном диапазоне и установление верхней температурной границы области устойчивости этих соединений. Цель настоящего исследования заключается в изучении температурной устойчивости фазы со структурой пирохлора, формирующейся в гидротермальных условиях в системе Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O).

Исследовались порошкообразные материалы, представляющие собой сложную оксидную фазу со структурой пирохлора, полученные методом гидротермального синтеза с использованием микроволнового нагрева. Термическая устойчивость полученных соединений была исследована с использованием метода синхронного термического анализа, а также методов рентгенофазового анализа и локального рентгеноспектрального микроанализа порошков, полученных с применением метода «отжиг (при различных температурах)-закалка (до комнатной температуры)». Результаты исследования этих образцов показали, что фаза со структурой пирохлора является неустойчивой при температурах выше 700 °С. В том числе было установлено, что для исследованного в работе состава при температуре 650 °С наблюдается обеднение фазы пирохлора по WO_3, то есть границы области устойчивости фазы пирохлора при повышении температуры смещаются в сторону обедненных по WO_3 составов. Установлены состав и температура вершины области устойчивости фазы пирохлора, а также состав фаз, образующихся в результате ее разложения.

Авторы выражают глубокую признательность к.х.н., доценту О.В. Проскуриной за ценные замечания и советы при обсуждении результатов исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 20-63-47016).

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХЛОРИРОВАНИЯ НИТРАТА БАРИЯ ВЫСОКОХЛОРИРОВАННЫМИ ТВЁРДЫМИ ПАРАФИНАМИ В ЦВЕТОПЛАМЕННЫХ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВАХ ЗЕЛЕНОГО ОГНЯ

Орехов Н.Р., Павлов Б.Д., Видякин Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра высокоэнергетических процессов

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

QUANTITATIVE EVALUATION OF PRODUCTS OF LOW TEMPERATURE CHLORINATION OF BARIUM NITRATE WITH HIGHLY CHLORINED SOLID PARAFFINS IN COLOR-FLAME PYROTECHNIC COMPOSITIONS OF GREEN FIRE

Orekhov N.R., Pavlov B.D., Vidyakin E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современные составы зеленого огня создаются преимущественно на основе нитрата бария. Наиболее насыщенную окраску зеленого пламени дает молекулярное излучение монохлорида бария в определенном температурном интервале.

Для получения монохлорида бария в состав вводят окислитель с хлорсодержащими добавками, такими как поливинилхлорид (ПВХ) и гексахлорбензол (ГХБ). Хлорсодержащие вещества, такие как хлорат и перхлорат бария, в качестве окислителя в составах, обладают высокой чувствительностью и опасны в обращении. Остается актуальным применение менее токсичных и опасных веществ в гражданской пиротехнике, таких как, например, хлорпарафины с содержанием хлора около 70%.

В ранее полученных исследованиях на кафедре ВЭП было установлено, что хлорпарафин позволяет получить пламя зелёного цвета более насыщенное, чем при использовании ПВХ и ГХБ в качестве усилителей цвета. Также, по сравнению с ПВХ и ГХБ, скорость горения и сила света у составов с хлорпарафином выше [1]. Эти факты подчеркивают перспективность дальнейшего применения хлорпарафина как хлорирующей добавки.

Дериватограмма смеси $Ba(NO_3)_2$-ХП свидетельствует о том, что при температуре около 250 °С начинается разложение ХП с отщеплением хлористого водорода. В диапазоне температур 270 – 310 °С наблюдается мощный экзоэффект, аналогичный смеси нитрата бария с ПВХ, что обусловлено реакцией хлористого водорода HCl с нитратом бария с образованием хлорида бария и азотной кислоты

Из разработанной методики [2] было получено количество хлорида бария при использовании ПВХ, который сравнивали с полученным количеством хлорида бария после реакции с ХП. Проведенное сравнение показало, что количество образующегося хлорида у ПВХ меньше, чем у ХП. Таким образом, ХП выступает более предпочтительным веществом в качестве хлорирующей добавки, чем ПВХ.

Литература:

1. Павлов Б.Д. Применение хлорпарафина в цветопламенных пиротехнических составах / Б.Д. Павлов, А.С. Дудырев, Е.П. Коваленко [и др.]. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2019. – №50(76). – С.42-46.

2. Видякин Е.А., Павлов Б.Д. Разработка методики количественной оценки образования хлорида бария в волне горения пиротехнического состава. Материалы XIII научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 194-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в рамках мероприятий 2022 года по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. 30 ноября – 2 декабря 2022 г. – СПб: 2022 – с. 8. - ISBN 978-5-905240-89-8.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА, МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ПРЕКУРСОРОВ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ YPO_4:Bi

Осминина А.А.[1,2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии,*

[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*

e-mail: alenaosminina3001@gmail.com

INFLUENCE OF COMPOSITION, SYNTHESIS CONDITIONS AND PRECURSORS ON PHASE FORMATION IN THE YPO4:Bi SYSTEM

Osminina A.A.[1,2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Ioffe Institute*

Фосфат иттрия(III) (YPO_4) – редкоземельный фосфат, встречающийся в горных породах. Он химически стабилен в кислых и щелочных средах и термостабилен при температуре до 1500 °C. Используется в качестве основы для лазеров, сенсоров, катализаторов и биоматериалов [1]. Целью данной работы является исследование влияния различных методов синтеза, различных прекурсоров – осадителей и соотношения реагентов на фазовый состав и размер кристаллитов полученных нанокристаллических образцов YPO_4:Bi (5 атом. % и 10 атом. % Bi).

В качестве исходных веществ использовались иттрий азотнокислый 6-водный, висмут азотнокислый 5-водный, азотная кислота и аммоний фосфорнокислый, 1-замещенный и аммоний фосфорнокислый, 2-замещенный. Синтез осуществлялся путем соосаждения и методом гидротермальной обработки (ГТО) при температуре 200 ºС в течение 9 часов при pH=1.

По данным рентгенофазового анализа, образцы YPO_4:Bi (5атом. %) и YPO_4:Bi (10 атом. %), которые были получены методом осаждения с использованием как $NH_4H_2PO_4$, так и $(NH_4)_2HPO_4$, имели схожий фазовый состав: содержали соединения иттрия и висмута в различных структурных модификациях. Примечательно, что с повышением доли висмута Bi^{3+} до 10 атом. % в образцах наблюдали образование дополнительных фаз фосфата иттрия и фосфата висмута. После ГТС образцы содержали две фазы: гексагональный ортофосфат иттрия *h*-YPO_4 со структурой рабдофана (JCPDS card no.42-0082) и тетрагональный ортофосфат иттрия *t*-YPO_4 со структурой ксенотима (JCPDS card no.11-0245).

Объем элементарной ячейки фазы *t*-YPO_4 при добавлении 5 атом. % Bi возрастает с ~285 до ~290 Å^3, что может свидетельствовать об образовании твёрдого раствора, включения висмута в кристаллическую решетку *t*-YPO_4 со структурой ксенотима. Дальнейшее увеличение содержания Bi до 10 атом. % не приводит к увеличению объема ячейки по сравнению с чистым *t*-YPO_4, т.е. твердый раствор не образуется.

После ГТО YPO_4 кристаллизуется в двух фазах: гексагональной и тетрагональной. Установлено, что допированиеYPO_4 ионами висмута в количестве 5 и 10 атом. % способствует образованию гексагональной фазы фосфата иттрия.

Сопоставление размеров кристаллитов образующихся фаз показывает, что в образцах различной стехиометрии совместное фазообразование структуры ксенотима и рабдофана приводит к близкому размеру кристаллитов обеих фаз (около 40 нм).

Литература:

1. R.S. Ningthoujam, A.Sharma, K.S. Sharma, K.C. Barick, P.A. Hassan, R.K. Vatsa, Roles of solvent, annealing and Bi^{3+} co-dopping on the crystal structure and luminescence propeties of YPO_4:Eu^{3+} nanoparticles, RSC Adv. 5 (2015) 68234-68242.

ФОТОХРОМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ – ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ НАНОФОТОНИКИ

Поняев А.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: ponyaev@technolog.edu.ru

PHOTOCHROMIC COMPOUNDS – ELEMENTS OF NANOPHOTONICS SYSTEMS

Ponyaev A.I.

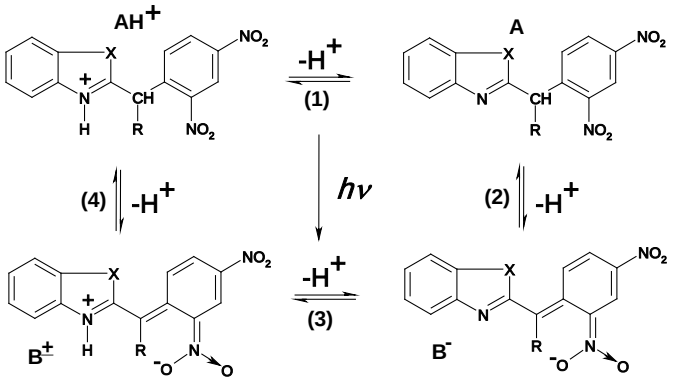
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фотохромизм является одним из самых привлекательных явлений фотохимии. Под фотохромизмом понимают обратимое превращение вещества из одного состояния в другое, происходящее хотя бы в одном направлении под действием света и сопровождающееся появлением или изменением поглощения в видимой области спектра. Следовательно, фотохромные вещества могут выполнять роль молекулярных переключателей в системах наноэлектроники.



В фотохромных системах таким переключателем является свет – электромагнитное излучение в ультрафиолетом, видимом и инфракрасном диапазоне. С учетом активного развития источников света - появились лазеры фемтосекундной (10^{-15} с) и даже аттосекундной (10^{-18} с) длительности, поэтому понятно, сколь огромное быстродействие можно обеспечить на светочувствительных молекулярных системах.

Фотохромизм *о*-нитротолулов обусловлен образованием окрашенных нитроновых кислот и/или их анионов. Замещение одного из атомов водорода метильной группы нитротолуола основным гетероциклом, способным акцептировать протон, приводит к образованию окрашенных азамероцианинов ($B^{\pm}$).



В ряду нитробензильных и нитронафтилметильных производных бензимидазола, бензоксазола и бензотиазола установлена схема фотопревращений и изучены спектрально-кинетические характеристики фотоиндуцированных форм. Изучены структурные факторы и факторы среды, влияющие на эффективность фотоокрашивания и время жизни окрашенной формы. Установлено, что константа скорости обесцвечивания окрашенных форм нафтилметильных производных на порядок меньше, чем у бензильных аналогов, что объяснено делокализацией заряда по более развитой хромофорной цепи. Аннелирование бензольного кольца открывает путь получения фотохромов с замедленной обратной реакцией.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ НИТРАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Салов Д.А.*, *Егоров В.Н.*, *Сусла А.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра высокоэнергетических процессов

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

THERMODYNAMIC CALCULATION OF PRODUCTS OF THERMAL DEGRADATION OF ALKALI-EARTH METAL NITRATES

Salov D.A.*, *Egorov V.N.*, *Susla A.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нитраты щелочноземельных металлов, а именно нитраты стронция и бария, широко используются в качестве окислителей в разных типах пиротехнических составов: осветительных, трассирующих, сигнальных, фейерверочных и других. Их широкое использование обусловлено рядом достоинств: достаточное содержание активного кислорода, невысокая гигроскопичность, возможность компоновать рецептуры цветопламенных составов [1].

В волне горения составов данные окислители подвергаются нагреву и термическому разложению. В литературе присутствуют данные о продуктах разложения нитратов при относительно невысоких температурах [2]. Однако представляет интерес информация о процессах, протекающих при нагреве данных окислителей до высоких температур – до 2000 К. Для решения данной задачи авторами был проведен термодинамический расчет равновесного состава продуктов разложения нитратов стронция и бария при давлении 1 атм. При этом для оценки участия кислорода воздуха изотермически рассчитывалось взаимодействие смесей указанных нитратов с кислородом в массовом соотношении 90:10 в диапазоне температур 400 – 2000 К.

Результаты изотермических расчетов, приведенные на рисунке, позволяют оценить динамику процессов, протекающих при термической деструкции нитратов, и объясняют характерные точки на термограммах данных соединений.

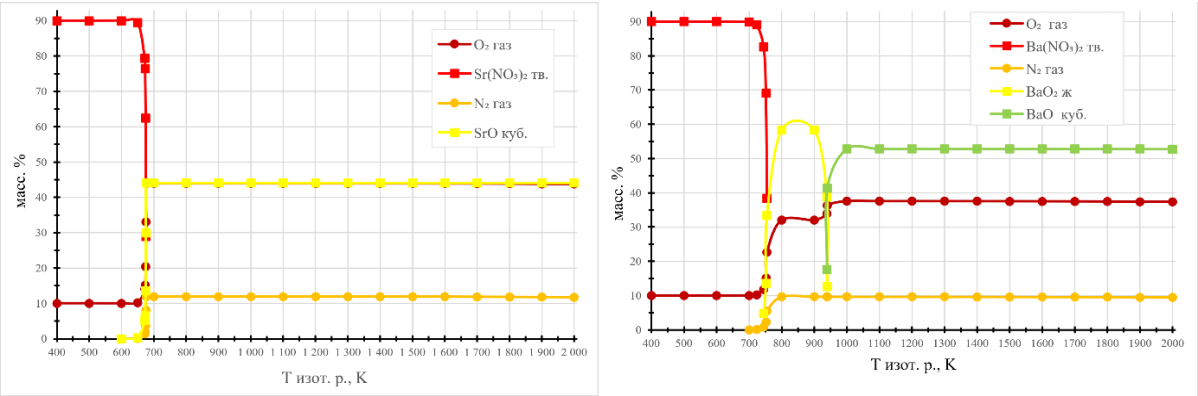


Рисунок - Равновесный состав продуктов разложения нитратов стронция и бария в присутствии кислорода

Литература:

1. Пиротехника: учебник / Н.М. Вареных [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015 – 472 с.

2. Шидловский А.А. Основы пиротехники / А.А. Шидловский. – М.: Машиностроение, 1964. – 339 с.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФУРАНСОДЕРЖАЩИХ *гем*-БРОМНИТРОЭТЕНОВ С 4-ГИДРОКСИ-7,7-ДИМЕТИЛ-7,8-ДИГИДРО-2*H*-ХРОМЕН-2,5(6*H*)-ДИОНОМ

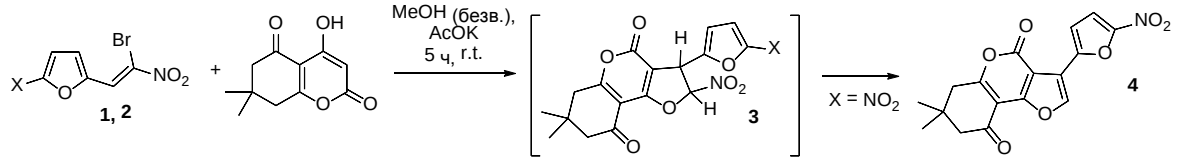
Сергеев В.Д.*, *Минаева В.Ю.*, *Озерова О.Ю.*, *Байчурин Р.И.*, *Макаренко С.В.
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
e-mail: kohrgpu@yandex.ru

INTERACTION OF FURAN-CONTAINING HEME-BROMONITROETHENEES WITH 4-HYDROXY-7,7-DIMETHYL-7,8-DIHYDRO-2*H*-CHROMENE-2,5(6*H*)-DIONE

Sergeev V.D.*, *Minaeva V.Yu.*, *Ozerova O.Yu.*, *Baichurin R.I.*, *Makarenko S.V.
Herzen State Pedagogical University of Russia

Неослабевающий интерес к химии *гем*-галогеннитроэтенов обусловлен их высокой реакционной способностью [1, 2]. Особое внимание заслуживают представители, содержащие в своем составе гетероциклический заместитель – фурановый цикл [3, 4], который является ключевым фрагментом многих лекарственных препаратов: антибактериальных средств *фурацилина* и *цефуроксима*, диуретика *фуросемида* и противоопухолевого препарата *лапатиниба*. Кроме того, непосредственно 1-бром-1-нитро-2-(5-бромфуран-2-ил)этен (*Furvina*©) применяется для лечения дерматологических инфекций.

Нами изучено взаимодействие 1-бром-1-нитро-2-(5-бром-, 5-нитрофуран-2-ил)этенов **1**, **2** с 4-гидрокси-7,7-диметил-7,8-дигидро-2*H*-хромен-2,5(6*H*)-дионом.



X = Br (**1**, **3**), NO_2 (**2**)

Реакции успешно протекают в безводном метаноле в присутствии плавленого ацетата калия при комнатной температуре в течение 5 часов. В результате последовательно протекающих процессов присоединения по Михаэлю и внутримолекулярного *O*-алкилирования с выходами до 86 % образуется дигидронитрофурохроменоновая структура **3** (в случае реакции 1-бром-1-нитро-2-(5-бромфурил)этена **1**) и продукт дальнейшей денитрации – нитрофуранилсодержащий фурохромендион **4** (в случае 1-бром-1-нитро-2-(5-бром-, 5-нитрофуран-2-ил)этенов **2**).

Строение синтезированных соединений подтверждают данные комплекса физико-химических методов исследования (ИК, УФ и ЯМР спектроскопии, в том числе экспериментов HMQC и HMBC).

Литература:

1. Gomonov, K.A., Pilipenko, I.A. Chem. Heterocycl. Compd. **2023**, *59*, С. 1-4.
2. Soengas R. G., Acurcio R. C., Silva A. M., Eur. J. Org. Chem., **2014**, 6339.
3. Ganesh, M., Namboothiri, I.N.N. Tetrahedron. **2007**, *63*, 11973-11983.
4. Tuan, D.T., Tung, D.T., Langer, P. Synlett. **2006**, *17*, 2812-2814.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ СМЕШАННОГО ОРТОФЕРРИТА $Lu_{1-x}SC_xFeO_3$ ($0 \leq X \leq 1$)

Тиханова С.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии

e-mail: tihanova.sof@gmail.com

FORMATION FEATURES OF MIXED $Lu_{1-x}SC_xFeO_3$ ($0 \leq X \leq 1$) ORTHOFERRITE NANOCRYSTALS

Tikhanova S.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ортоферриты редкоземельных элементов могут быть получены в виде нанокристаллов с ромбической, гексагональной и кубической структурой [1]. Особое внимание привлекают гексагональные ортоферриты, поскольку они проявляют мультиферроидные свойства, а материалы на их основе могут быть использованы для создания систем хранения данных нового поколения.

Гексагональный феррит лютеция обладает наибольшей интенсивностью мультиферроидных свойств среди ортоферритов редкоземельных элементов. Однако, метастабильность ортоферритов с гексагональной структурой накладывает ограничения на получение материалов. Один из самых эффективных методов стабилизации – допирование ортоферрита лютеция различными металлами. При этом, допирование скандием дает лучший результат, не только способствуя стабилизации гексагональной фазы, но и улучшая мультиферроидную активность.

Однако, известные методы синтеза, смешанного ортоферрита скандия-лютеция имеют ряд ограничений, связанных с высокой температурой синтеза, сложным процессом и ограниченной областью гомогенности гексаногальной фазы.

Таким образом, в рамках данной работы была разработана методика синтеза нанокристаллов смешанного ортоферрита скандия-лютеция двухстадийным методом растворного горения и изучены структурные трансформации, происходящие в процессе допирования.

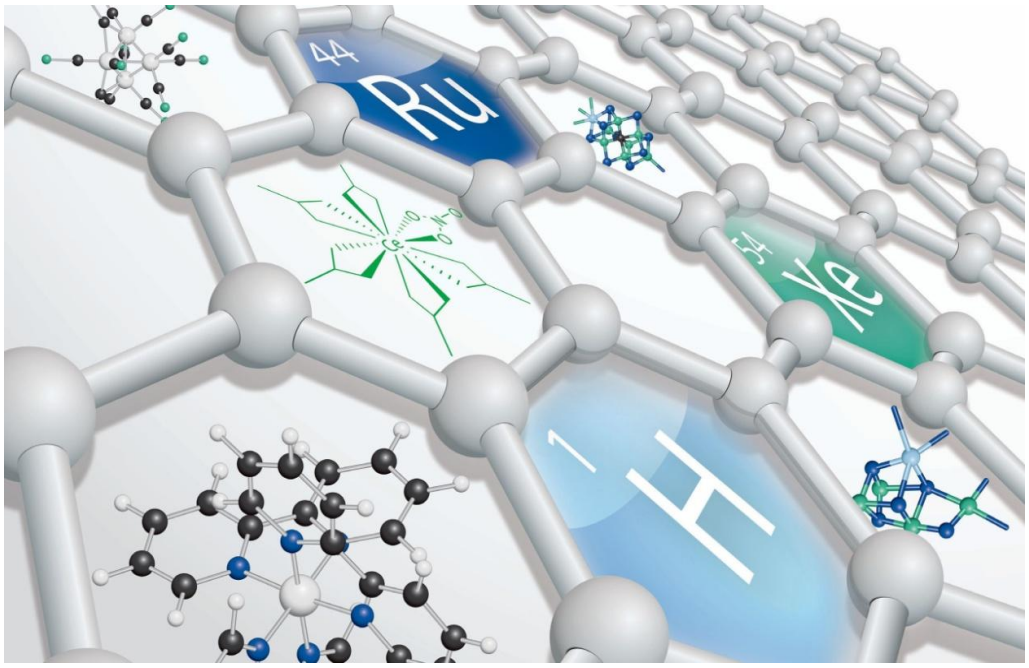
Показано, что при увеличении доли скандия в $Lu_{1-x}Sc_xFeO_3$ ($0 \leq x \leq 1$) происходит фазовый переход из ромбической фазы в гексагональную и затем в кубическую. Определены пределы замещения лютеция скандием для кубической фазы *c*-$Lu_{1-x}Sc_xFeO_3$ x = 0.9 мольн. % и для ромбической *o*-$Lu_{1-x}Sc_xFeO_3$ x = 0.4 мольн. %. Установлена возможность получения ортоферритов с гексагональной структурой во всех замещенных составах, а также установлена область однофазности при степени замещения x = 0.5–0.8 мольн. %. Разработанная методика позволит получать материалы с возможностью тонкой настройки функциональных свойств.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-13-00260)

Литература:

1. Synthesis and phase transformations of hexagonal, orthorhombic, and cubic $Sc_xLu_{1-x}FeO_3$ ($0 \leq x \leq 1$) nanocrystals / S.M. Tikhanova, A.S. Seroglazova, I.V. Buryanenko [и др.] // Ceramics International. – 2023. DOI: 10.1016/j.ceramint.2023.09.350

СЕКЦИЯ 2
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УРОВНЯ ИЗОПОВЕРХНОСТИ ПРИМИТИВА ШВАРЦА НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПОЛИАМИДА-12

Дьяченко С.В.[1,2], Балабанов С.В.[1,2], Кирьянов Н.В.[2], Павлов С.Б.[2]

[1]Институт химии силикатов РАН,

[2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: samyon2008@yandex.ru

THE INFLUENCE OF THE VALUE OF THE ISOSURFACE LEVEL OF THE SCHWARTZ PRIMITIVE ON THE STRENGTH OF THE STRUCTURE MADE OF POLYAMIDE-12

Diachenko S.V.[1,2], Balabanov S.V.[1,2], Kiryanov N.V.[2], Pavlov S.B.[2]

[1]Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,

[2] Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе приведены результаты исследования стеклонаполненного полимерного материала – полиамид 12, из которого изготавливались трижды периодические поверхности минимальной энергии (ТППМЭ) методом селективного лазерного спекания. 3D печать проводилась на серийном оборудовании «Farsoon SS/HT 403P». В результате исследования подобран режим 3D печати SLS с плотностью энергии E = 157 Дж/см^3. Для повышения механических свойств исходная полимерная композиция была наполнена стеклом на основе оксида кремния с добавками оксидов Na, Mg, Ca. Стекло представляло собой части осколочной формы с линейными размерами 10…70 мкм и стеклянные микросферы – 1…50 мкм. В качестве модельных образцов выбрана геометрия ТППМЭ примитив Шварца с различной величиной уровня изоповерхности t. Все образцы ТППМЭ моделировались в программе «Rhinoceros» с плагином «Grasshopper» методом параметрического моделирования при значении параметра t = -0,6…0,9. Для оценки влияния уровня изоповерхности на прочность и энергопоглощающие свойства полиамида проведены статические испытания на сжатие (5мм/мин) с определением основных характеристик (таблица).

Из таблицы следует, что σ(t) можно описать полиномиальной функцией с двумя максимумами, причем имеющими не наибольшую степень заполнения объема материалом. При t=-0,3 – max σ, при t=0,3 – max ε_{max} и A_2. Из анализа деформационных кривых образцов отмечено, что при изменении параметра t диаграмма нагружения изменяет свой характер, кривая соответствует либо аналогично пластичному материалу: -0,3≤t≤0,3; либо хрупкому: t≤-0,6 и t≥0,6.

Таблица – Основные свойства конструкций при различном уровне изоповерхности

№	t	Значения параметров						
		φ, %	σ, МПа	$\sigma_{ист}$, МПа	$\varepsilon(\sigma_{max})$, %	ε_{max}, %	A_1, МДж/м^3	A_2, МДж/м^3
1	-0,6	16.9	3,21	24.40	9.7	68,9	23.3	138,4
2	-0,3	17.7	4,03	32.14	12.3	72,5	38.8	185,5
3	0,0	17.9	3,51	28.16	9.8	71,8	26.4	154,5
4	0,3	17.7	3,87	30.88	10.6	76,4	31.4	197,0
5	0,6	16.9	3,34	25.10	10.5	69,7	26.9	142,9
6	0,9	15.3	1,96	13.93	8.1	-	12	-

φ – степень заполнения объема, σ и $\sigma_{ист}$ – предел прочности, полученный при расчете на габаритную площадь и площадь основания ТППМЭ; $\varepsilon(\sigma_{max})$ и ε_{max} – относительная деформация до предела прочности и до уплотнения, A_1 – энергия поглощения удара при σ_{max} (до предела прочности); A_2 – энергия поглощения удара при ε_{max} на всем участке (до уплотнения).

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 20-73-10171 «Энергопоглощающие материалы нового поколения на основе градиентных ячеистых структур».

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ BaO- Al_2O_3-SiO_2

Балабанова Е.А., Тюрнина Н.Г., Тюрнина З.Г., Шугуров С.М., Лопатин С.И, Полякова И.Г.

Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН

e-mail: balabanova.e.a@yandex.ru

INVESTIGATION OF THERMODYNAMIC PROPERTIES AND PHASE FORMATION IN THE BaO-Al_2O_3-SiO_2 SYSTEM

Balabanova E.A., Tyurnina N.G., Tyurnina Z.G., Shugurov S.M., Lopatin S.I, Polyakova I.G.

Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences

Материалы на основе системы BaO-Al_2O_3-SiO_2 имеют широкий спектр применения в таких отраслях, как авиационно-космическая, электроника, строительство. Основываясь на исследовании термодинамических свойств и фазообразования, можно оптимизировать и адаптировать свойства материалов для конкретных применений, что способствует разработке более эффективных и инновационных технологий.

Синтез образцов осуществлялся керамическим методом. (Температура - 1250 °С, изотермическая выдержка – 12 и 24 часа.). Идентификация кристаллических фаз, синтезированных образцов проводилась методом рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре ДРОН-3, с помощью базы данных порошковой дифрактометрии PDF-2. Данные РФА показывают образование в образцах фаз, удовлетворительно соответствующих триангуляции, представленной в работе [1]. Сравнение фазового состава образцов с выдержкой 12 и 24 часа при 1250 °С показывает, что равновесие достигается за 12 часов.

Определение термодинамических характеристик системы BaO-Al_2O_3-SiO_2 было выполнено методом высокотемпературной дифференциальной масс-спектрометрии (масс-спектрометр МС-1301). Ионизация молекулярных форм пара производилась медленными электронами с энергией 30 эВ. Образцы испаряли из сдвоенной однотемпературной вольфрамовой эффузионной камеры. Нагрев камеры с образцом и стандартом осуществлялся электронной бомбардировкой. Температуру измеряли оптическим пирометром ЭОП-66. В качестве стандартов активности были попеременно использованы индивидуальные оксиды бария и кремния.

Анализ масс-спектров пара над изученными образцами позволяет утверждать, что в паре в температурном диапазоне 1477-1868 °С присутствуют Ba, BaO, SiO и кислород. Величины активностей BaO и SiO_2 в широком концентрационном диапазоне составов при температуре 1800 °С определялись методом дифференциальной масс-спектрометрии, а активность Al_2O_3 была рассчитана по уравнению Гиббса-Дюгема. На основании величин активностей компонентов были определены значения энергий Гиббса смешения и избыточных энергий Гиббса в зависимости от состава конденсированной фазы.

Установлено, что изученном температурном диапазоне система BaO-Al_2O_3-SiO_2 характеризуется отрицательным отклонением от идеального поведения. Добавление SiO_2 к системе BaO-Al_2O_3 приводит к увеличению избыточной энергии Гиббса. В системе BaO-Al_2O_3-SiO_2 наиболее термически устойчивой является область, отвечающая концентрации BaO порядка 50 мол. %.

Литература:

1. Shabanova G.N., Taranenkova V.V., Korogodskaya A.N., Kristich E.V. Structure of the $BaO–Al_2O_3–SiO_2$ system (review). // Glass and Ceramics. 2003. Vol. 60. N 1–2. P. 43–46

НОВЫЙ ГЛИНОЗЕМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Безумова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: anastasiabezum@gmail.com

NEW ALUMINA FOR THE PRODUCTION OF ALUMINUM OXIDE CERAMICS PRODUCTS

Bezumova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Выпуск глинозема марки ГН прекратился в 2014 году. В связи со сложившейся ситуацией отечественные предприятия предпринимают попытки по возобновлению выпуска глинозема марки ГН, характеризующейся содержанием щелочных оксидов не более 0,1 %, монозерен до 5 мкм не менее 90 %.

Предприятию ООО «Алокс», занимающемуся выпуском изделий из алюмооксидной керамики, был предложен для исследований отечественный глинозем марки R1, близкий по упомянутым выше характеристикам (рисунок).

Была проведено исследовательская работа по его использованию в составе керамических масс с добавками оксидов металлов, спекающимися при температуре 1370 °С.

В результате выполненной работы выявлено:

1. Исследуемый глинозем по содержанию щелочных оксидов является аналогом марки ГН, но с большим содержанием α-Al_2O_3 (99-100 %).
2. На рисунке показано, что исследуемый глинозем отличается от глинозема ГН более низким размером монозерен корунда (преобладающий размер 1 мкм), но сильно агрегирован (до 200 мкм).
3. Исследуемый глинозем обладает высокой термической активностью, даже при плотности запрессованной заготовки 2,2 г/см^3 спекается до плотности 3,925 г/см^3 и открытой пористости 0,0.
4. Усадки спеченной керамики с использованием исследуемого глинозема составляют 1,24, что не позволяет использовать его в производстве спецкерамики с усадками 1,10-1,18 без полной замены дорогостоящей оснастки.

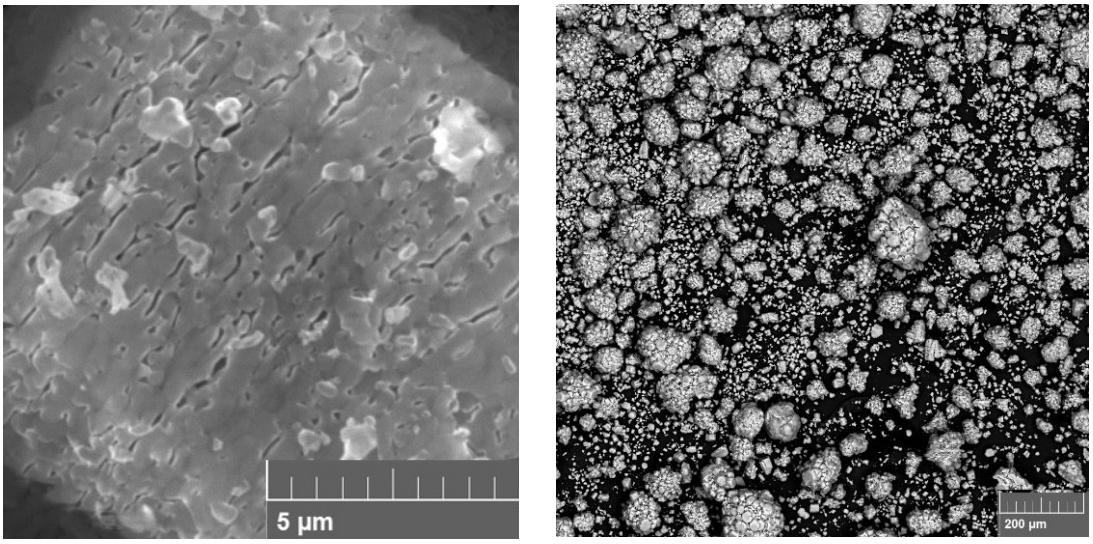


Рисунок – Микроструктура глинозема R1

АЛИТИРОВАННЫЙ ПОРОШОК СТАЛИ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

***Богданов С.П.*[1], *Христюк Н.А.*[1], *Жуков А.С.*[2], *Огурцов К.А.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

[2]*НИЦ «Курчатовский Институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»*

e-mail: BogdanovSP@mail.ru

ALITIZED STEEL POWDER FOR 3D PRINTING

***Bogdanov S.P.*[1], *Khristyuk N.A.*[1], *Zhukov A.S.*[2], *Ogurtsov K.A.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*NRC «Kurchatov Institute» - CRISM «Prometey»*

Стальные порошки «ядро-оболочка», являются перспективными материалами для 3D-печати. В работе были исследованы процесс алитирования порошка стали 45ХН2МФА методом газового транспорта [1] и свойства напечатанных из него изделий.

Порошок стали 45ХН2МФА алитировали при температуре 950 °С. Установлено, что состав полученной оболочки однороден по глубине и близок к стехиометрической фазе Fe_2Al_5, в свою очередь, толщина покрытия варьируется от 20 до 80 мкм. Растворения алюминия в железе в процессе химико-термической обработки не наблюдается, образуется только фаза интерметаллида. Порошок был использован для построения образцов методом SLM на 3D-принтере марки EOSint M270.

Установлено, что несмотря на высокую скорость процесса печати, алюминий, находящийся в исходном материале исключительно в виде соединения Fe_2Al_5, растворяется в металлической матрице, образуя твёрдый раствор, содержащий 0,6-0,9 % вес. алюминия. Суммарное содержание алюминия в напечатанных образцах по данным спектрального анализа - 1,2 % вес., что практически совпадает с содержанием алюминия в шихте для синтеза порошка «ядро-оболочка» - 1 % вес., т.е. угара этого легирующего элемента в процессе печати не происходило. Металлографический анализ показывает, что металлическая матрица представлена мартенситом, образованном в результате самозакалки образцов из-за большой скорости остывания в процессе построения изделий. Механические свойства напечатанных образцов представлены в таблице.

Таблица - механические свойства 3D-напечатанных образцов.

Образец	Работа удара, Дж	Ударная вязкость, Дж/см^2	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
45ХН2МФА	15,9	15	329	282	-
45ХН2МФА//Fe_2Al_5	17,5	19	1316	1167	1,7

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-73-30019*).*

Литература:

1. Богданов С.П. Использований йодного транспорта для диффузионного хромирования стали / С.П. Богданов, Н.А. Христюк // Сталь – 2017, № 1, С. 67-72.

2. Богданов С.П. Химико-термическое легирование порошков стали для 3D-печати / С.П. Богданов, К.А. Огурцов, Н.А. Христюк, М.М. Сычев // Нанофизика и Наноматериалы: Сборник научных трудов международного симпозиума N&N – 2022, посвящённый 110-летию В.А. Алесковского и 115-летию Л.А. Сена. 23-24 ноября 2022 г. - Санкт-Петербург: 2022 – С. 61-65.

АДДИТИВНАЯ КАРБИДОСТАЛЬ 12Х18Н10Т-20WC

Христюк Н.А.[1], Жуков А.С.[2], Богданова А.С.[1]

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,

[2]НИЦ «Курчатовский Институт» - ЦНИИ КМ «Прометей

e-mail: nikolai.hristyuk@mail.ru

ADDITIVE CARBIDE STEEL 12X18H10T-20WC

Khristyuk N.A.[1], Zhukov A.S.[2], Bogdanova A. S.[1]

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

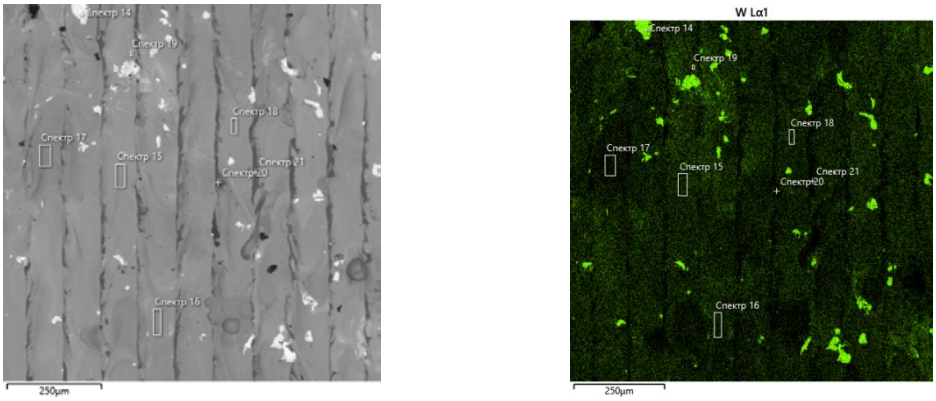
[2]NRC «Kurchatov Institute» - CRISM «Prometey»

В работе получен и испытан новый композиционный материал – карбидосталь, получаемая методом SLM из смеси порошков стали и WC// Ni.

Порошок WC//Ni представлял собой материал «ядро-оболочка» синтезированный методом газового транспорта [1], при температуре 800 °С путём плакирования никелем частиц карбида вольфрама среднего размера 10 мкм. Содержание никеля 10 %.

Для построения образцов методом SLM на 3D-принтере марки EOSint M270 использовали смесь сферического порошка стали 12Х18Н10Т с 20 % вес. WC//Ni.

Установлено, что во время построения изделия из порошков происходит частичное растворение карбида вольфрама и никеля в железе, содержание углерода в карбиде снижается до состава W_2C.



а **б**

Рисунок – микроструктура поверхноси (а), карта распределения вольфрама (б) аддитивной карбидостали

Металлическая матрица легируется W до 13 % (спектр 19), что благоприятно сказывается на твердости. Частицы W_2C приобретают округлую форму.

Твердость полученной карбидостали составляет около 34,4 HRC, что в два раза превышает твердость 3D SLM стали марки 12Х18Н10Т (около 14,5 HRC). Вследствие этого значительно возрастает износостойкость.

Сплав 12Х18Н10Т-20WC приобретает большую твёрдость, прочность и износостойкость по сравнению с чистым 12Х18Н10Т и может быть рекомендована для изготовления высоконагруженных коррозионностойких деталей, например, дисков компрессоров, лопаток турбин.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-73-30019*).*

Литература:

1. Богданов С.П. Использований йодного транспорта для диффузионного хромирования стали / С.П. Богданов, Н.А. Христюк // Сталь – 2017, № 1, С. 67-72.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ЦЕОЛИТА BETA НА ЕГО КРИСТАЛЛИЧНОСТЬ

***Вострикова В.Д.*[1], *Бразовская Е.Ю.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

[2]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: vostrikova02@yandex.ru

INFLUENCE OF BETA ZEOLITE SYNTHESIS CONDITIONS ON ITS CRYSTALLINITY

***Vostrikova V.D.*[1], *Brazovskaya E.Yu.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

[2]*Institute of Silicate Chemistry*

Цеолит Beta представляет собой крупнопористый алюмосиликат с каркасной структурой. Благодаря его термостабильности, большой площади поверхности, сильной кислотности, он имеет промышленную ценность в ряде реакций конверсии углеводородов. В настоящее время в России не существует промышленного производства цеолита Beta из-за использования дорогостоящего токсичного реагента, поэтому оптимизация метода синтеза является актуальной задачей. Целью работы является исследование влияния условий приготовления и синтеза на физико-химические характеристики цеолита Beta, в частности на его кристалличность. В работе исследованы влияния таких параметров как: температура и время синтеза, уменьшение количества гидроксида тетраэтиламмония (ТЕАОН), ультразвуковая (УЗ) обработка геля перед синтезом, добавление кристаллических затравок. Для сравнения был синтезирован эталонный образец цеолита Beta по методике [1] при 120 °С в течение 10 суток. Образцы были исследованы методом рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии, степень кристалличности определяли путем сравнения с эталонным образцом. Результаты исследования представлены в таблице:

Таблица – Условия синтеза цеолита Beta

Образец	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Температура синтеза, °С	140	130	140	140	130
Время синтеза	48	24	48	24	24
Затравка, %	10	5	-	10	5
УЗ обработка, ч	2	0,5	-	-	-
Синтез в реакторе	-	+	-	-	+
Снижение количества ТЕАОН относительно методики [1], %	75	75	50	50	75
Кристалличность, %	62	66,4	40,6	40,5	47,15

На основе результатов таб. можно сделать вывод, что хорошо закристаллизованные образцы цеолита Beta получены при 140 ^{o}С при уменьшении количества ТЕАОН на 75 % с использованием УЗ и 5 % или 10 % затравки. В условиях синтеза в химическом реакторе с перемешиванием хорошо закристаллизованные образцы получены при 130 ^{o}С в течение 24ч с 75 % снижением количества ТЕАОН при условии использования 5 % затравки.

Литература:

1. Pérez-Pariente J., Miguel Camblor M. Verified Syntheses of Zeolitic Materials. Second edition / Ed. by Robson H., Petter Lillerud K. Amsterdam: Elsevier. 2001. P. 405.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРЫ СТЕКЛОВАНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА МОРОЗОСТОЙКОСТИ ПО ЭЛАСТИЧЕСКОМУ ВОСТАНОВЛЕНИЮ ПОСЛЕ СЖАТИИ ДЛЯ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ

***Гайдукова Л.В.*, Большунова Е.А., Котелкова Е.О., Мацухов А.А.**
ФГБУ «Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»
e-mail: 9111149627@mail.ru

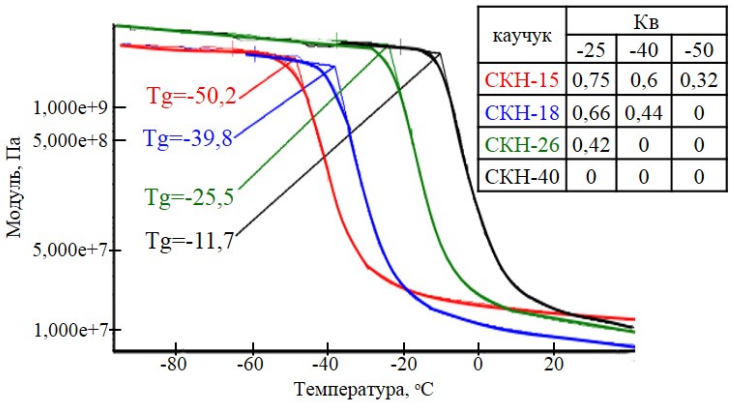
THE RELATIONSHIP BETWEEN THE GLASS TEMPERATURE AND THE COEFFICIENT OF FROST RESISTANCE FOR ELASTIC RECOVERY AFTER COMPRESSION FOR BUTADIENE-NITRILE RUBBERS

***Gaydukova L.V.*, Bolshunova E.A., Kotelkova E.O., Matsukhov A.A.**
FGBY «S.V. Lebedeva Institute of Synthetic Rubber»

Освоение Крайнего Сервера и Арктики невозможно без надежной и долговечной техники, работоспособность которой во многом ограничивается качеством эластомерных материалов уплотнительного назначения, контактирующих с углеводородными средами. Для оценки работоспособности таких резин при пониженных температурах, как правило, используют коэффициент морозостойкости по эластическому восстановлению после сжатия (Кв) в соответствии с ГОСТ 13808-79. Однако трудоемкость данного метода подталкивает исследователей к поиску метода выбора наиболее информативной температуры проведения испытания.

Объектами исследования выбраны резины изготовленые по стандартной рецептуре из бутадиен-нитрильных каучуков (БНК), выпускаемые ФГБУ «НИИСК»: СКН-15 СНТ, СКН-18 СНТ, СКН-26 СНТ, СКН-40 СНТ.

Температура стеклования определена по модулю упругости в соответствии с ГОСТ Р 57739-2017 на анализаторе PerkinElmer DMA-8000.



каучук	Кв		
	-25	-40	-50
СКН-15	0,75	0,6	0,32
СКН-18	0,66	0,44	0
СКН-26	0,42	0	0
СКН-40	0	0	0

Рисунок – Зависимость модуля упругости от температуры и коэффициенты морозостойкости после сжатии для резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков

Показано, что температура стеклования, определенная по модулю упругости, является нижним температурным пределом, при которой критическое значение Кв позволяет сохранить работоспособность уплотнительных РТИ [1] на основе БНК (рисунок).

Таким образом, данные ДМА могут быть использованы для выбора температуры проведения эксперимента по ГОСТ 13808-79.

Литература:

1. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозов (ред.) Большой справочник резинщика. Т.2. Резины и резинотехнические изделия. М.: ООО «Издат. центр «Техинформ» МАИ», 2012. – 648 с

МИКРОРЕАКТОРНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ ФАЗЫ СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА, ФОРМИРУЮЩЕЙСЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ В СИСТЕМЕ Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O)

***Герасимова Е.А.*[1,2], *Ломакин М.С.*[1,2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе*

[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*

e-mail: gerasimova.liza2011@yandex.ru

MICROREACTOR APPROACH TO THE SYNTHESIS OF THE PYROCHLORE PHASE FORMED UNDER HYDROTHERMAL CONDITIONS IN THE Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O) SYSTEM

***Gerasimova E.A.*[1,2], *Lomakin M.S.*[1,2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Ioffe Institute*

Среди перспективных объектов для исследования в науке о материалах следует выделить сложные оксидные фазы переменного состава со структурой пирохлора. Наиболее активно в настоящее время изучаются тройные пирохлоры, содержащие висмут и *d*-элементы, поскольку обладают комплексом перспективных физико-химических свойств, изменять которые можно не только варьируя состав фаз, но и способ их синтеза.

В системе Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O) методом гидротермального синтеза были получены и охарактеризованы материалы на основе сложной оксидной фазы со структурой кубического пирохлора. Процесс получения суспензии аморфного прекурсора, которая затем подвергалась гидротермальной обработке, был осуществлен двумя способами. Первый способ представлял собой капельную подачу растворов реагентов (традиционный лабораторный приём). Второй способ заключался в интенсивном соосаждении реагирующих компонентов в микрореакторе при непрерывной подаче закрученных потоков растворов реагентов (микрореакторная технология). В работе [1] исследовалось влияние способа получения суспензии аморфного прекурсора на состав, структуру, размерные параметры кристаллитов и частиц, а также оптические свойства формирующейся в гидротермальных условиях фазы пирохлора.

Установлено, что при использовании микрореактора с закручивающимися потоками для смешения растворов реагентов удается избежать пространственного обособления компонентов при образовании аморфного прекурсора. Микрореакторный метод синтеза обеспечил образование кристаллов только фазы пирохлора с заданной стехиометрией при гидротермальной обработке суспензии аморфного прекурсора. Производительность микрореактора (при исследованных режимах работы) по суспензии аморфного прекурсора значительно превосходит производительность лабораторного метода соосаждения.

Авторы выражают глубокую признательность к.х.н., доценту О.В. Проскуриной за ценные замечания и советы при обсуждении результатов исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 20-63-47016).

Литература:

1. M.S. Lomakin, O.V. Proskurina, R.Sh. Abiev et al. Pyrochlore phase in the Bi_2O_3–Fe_2O_3–WO_3–(H_2O) system: Physicochemical and hydrodynamic aspects of its production using a microreactor with intensively swirled flows // Adv. Powder Technol. 2023. V. 34. 104053

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ВЯЗКОСТИ НА СВОЙСТВА ФТОРОФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ НАНОКРИСТАЛЛАМИ $CsPbBr_3$-XClX

Дадыкин А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: dadykin99@mail.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VISCOSITY INCREASE ON THE PROPERTIES OF FLUOROPHOSPHATE GLASSES ACTIVATED BY NANOCRYSTALS $CsPbBr_3$-XClX

Dadykin A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время одной из главных целей исследований стекол, активированных нанокристаллами перовскита, стало получение люминофоров синего цвета за счет анионного замещения Br-Cl. Ранее в системе $Ba(PO_3)_2$–AlF_3 нами был получен сдвиг пика люминесценции $CsPbBr_{3-x}Cl_x$ в стекле с 525 нм до 456 нм, что соответствует составу с x=2. Для получения дальнейшего сдвига в коротковолновую область было принято решение изменить состав стекол с целью повышения вязкости расплава.

Для повышения вязкости расплава фторид алюминия AlF_3 в составе шихты был заменен на оксид галлия Ga_2O_3. Синтез проводился в закрытых стеклоуглеродных тиглях при температуре 1050 °C. Примерно 50 грамм шихты было расплавлено за 40 минут. После этого расплав был отлит на стеклоуглеродную пластину и прижат сверху другой стеклоуглеродной пластиной, после чего стекло было помещено в муфель для отжига при температуре 320 °C.

В ходе синтеза было обнаружено, что при замещении фторида алюминия на оксид галлия удается стабилизировать нанокристаллы $CsPbBr_{3-x}Cl_x$ с большей концентрацией хлора, благодаря чему был получен сдвиг с 525 нм до 434 нм, что на 22 нм меньше, чем для стекол, содержащих фторид алюминия (рисунок). Учитывая, что для нанокристаллов $CsPbBr_3$ максимум люминесценции 525 нм, а для $CsPbCl_3$ 410 нм, можно определить, что в стеклах были сформированы нанокристаллы состава $CsPbBr_{0,6}Cl_{2,4}$. Дополнительная полоса с максимумом 455 принадлежит нанокристаллам состава x=2,0.

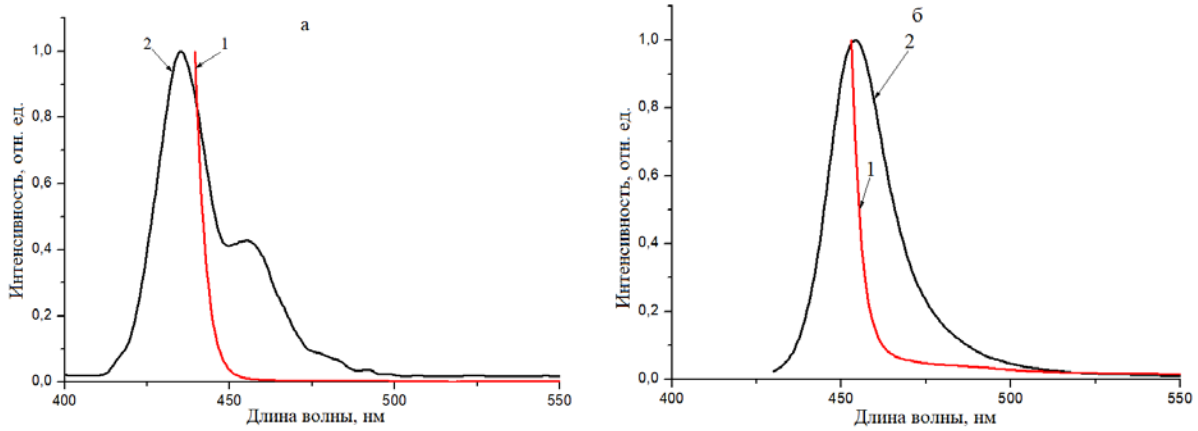


Рисунок – спектры поглощения (1) и люминесценции (2) стекла, содержащего оксид галлия (а) и фторид алюминия (б)

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА $Pb_{0.75}Ca_{0.20}K_{0.05}F_{1.95}$

Джанаев И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: osya.dzhanaev@bk.ru

MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS OF $Pb_{0.75}Ca_{0.20}K_{0.05}F_{1.95}$ SOLID ELECTROLYTE

Dzhanaev I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В 1834 году М. Фарадей обнаружил, что PbF_2 имеет высокую электрическую проводимость при нагревании. Это был второй (после сульфида серебра) пример твердого электролита и первый пример анионных проводников. Позже твердые растворы, композитные материалы и стекла на основе дифторида свинца, стали предметом обширных исследований [1], т.к. на сегодняшний день они обладают большим потенциалом в широком спектре областей науки и техники, в частности, альтернативной энергетики, химической сенсорики, оптики и т.п. Целью данной работы являлся механохимический синтез фтор-проводящего твердого электролита $Pb_{0.75}Ca_{0.20}K_{0.05}F_{1.95}$ и изучение его электропроводности методом импедансной спектроскопии.

Механохимический синтез был выполнен с использованием планетарной шаровой мельницы PM100 Retsch. Полученный образец аттестован методами РФА и СЭМ. Проведено исследование температурной зависимости их электропроводности методом импедансной спектроскопии в диапазоне частот 1 МГц-100Гц (потенциостат/гальваностат Autolab PGSTAT302) (рисунок).

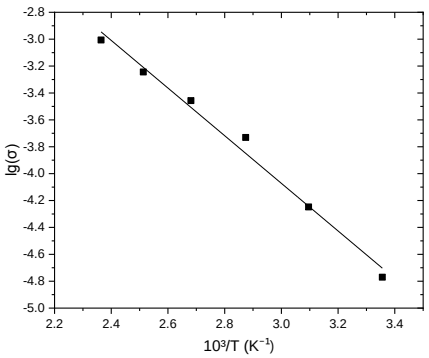


Рисунок – Температурная зависимость электропроводности $Pb_{0.75}Ca_{0.20}K_{0.05}F_{1.95}$

Как показали выполненные исследования, твердый электролит $Pb_{0.75}Ca_{0.20}K_{0.05}F_{1.95}$ имеет высокие значения ионной проводимости, электропроводность его кубической модификации при 20 °С имеет значение 4.70×10^{-4} См/см, что в ~3000 раз выше электропроводности чистого β-PbF_2.

Работа выполнена с использованием оборудования ресурсных центров СПбГУ «Инновационные технологии композитных наноматериалов», «Рентгенодифракционные методы исследования» и «Нанотехнологии».

Литература:

1. Иванов-Шиц, А.К., Мурин, И.В. *Ионика твердого тела Т. 1,* СПб: Изд-во СПбГУ, 2000. 616 с.

ОЦЕНКА РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В ПРОЦЕССАХ ХИМИЧЕСКОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Ежовский Ю.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: ezhovski1@mail.ru

EVALUATION OF SURFACE REACTIVITY OF SOLIDS IN THE CHEMICAL NANOTECHNOLOGY

Ezhovskiy Yu.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Основываясь на остовном строения твердых веществ [1] можно использовать принцип линейности свободных энергий (ЛСЭ) и основанную на нем систему корреляционного анализа [2] для установления взаимосвязи между реакционной способностью функциональных групп поверхности и строением остова. Это позволяет прогнозировать условия и направление поверхностных реакций при нанесении слоев методом молекулярного наслаивания.

Эффективную электроотрицательность поверхностной группировки или даже всего остова как заместителя в соединении можно оценить по индуктивному эффекту, который характеризуется индуктивной константой Тафта (σ_i). Ее численное значение носит относительный характер, т.е. определяет воздействие данного заместителя относительно эталонного.

Наиболее удобным и достаточно корректным является оценка значений σ_i ИК-спектроскопической методикой по сдвигу полосы поглощения валентных колебаний связи Si-H ($\nu^{Si\text{-}H}$), хемосорбированных силанов. В качестве одного из заместителей в хемосорбированном силане может выступать группировка поверхностных атомов твердого тела. Тогда его индуктивное влияние можно охарактеризовать значением $\sigma_{i(T)}$ и определить из корреляционного соотношения:

$$\nu_i = \nu_o + \alpha\,(\Sigma\sigma_i + \sigma_{i(T)}) \qquad (1)$$

где: ν_i, ν_o - частоты валентных колебаний в данном соединении и в метил замещенном силане или силоксане; α - коэффициент пропорциональности, который отражает чувствительность реакционного центра к эффекту заместителя; σ_i - константы Тафта, характеризующие индуктивное влияние других заместителей на реакционный центр. В этом случае, эффект остова ($\sigma_{i(T)}$) будет оценен по шкале индуктивных констант Тафта [3].

По серии хемосорбированных силанов на кремнеземе были найдены параметры корреляционного уравнения (1), которое для оксидного реакционного ряда имело вид:

$$\nu_i^{SiH} = 2064 + 19{,}21\,(\Sigma\sigma_i + \sigma_{i(T)}) \qquad (2)$$

Для ряда твердых оксидов: BeO, TiO_2, SiO_2, и Al_2O_3, а также монокристаллов Si и GaAs были определены значения индуктивных констант $\sigma_{i(T)}$), по которым можно прогнозировать направление, условия и стехиометрию поверхностных реакций гидроксильных групп с различными реагентами. [4, 5].

Литература:

1. Алесковский В.Б. //Журнал прикладной химии. 1982. Т. 55. С. 725.

2. Пальм В.А. //Основы количественной теории органических реакций. Л.: Химия, 1977. 359с

3. Справочник химика. М.-Л.: Химия, 1971. Т. 3.

4. Ежовский Ю.К.// Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2015, № 5. С.43.

5. Ежовский Ю.К.// Неорганические материалы. 2019, Т.55. № 2. С. 117.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ БОРИДОВ И КАРБИДОВ С ДОБАВКОЙ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Жохова Ю.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: snowleopard.2001@mail.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF MATERIALS BASED ON HIGH-ENTROPY SOLID SOLUTIONS OF BORIDES AND CARBIDES WITH THE ADDITIVE OF SILICON CARBIDE

Zhokhova Y.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В рамках данного исследования были предварительно синтезированы высокоэнтропийные борид и карбид составов ZrB_2-HfB_2-NbB_2-W_2B_5-TaB_2 (ВЭБ) и ZrC-HfC-NbC-WC-TaC (ВЭК), соответственно, путём спекания эквиобъёмных смесей индивидуальных компонентов при температуре 2100 °С. Образцы исследуемых систем получены путём смешивания высокоэнтропийных компонентов с карбидом кремния, последующего прессования и спекания без приложения давления при температуре 2000 °С в вакууме с выдержкой 2 ч.

Результаты исследования свойств представлены на рисунке:

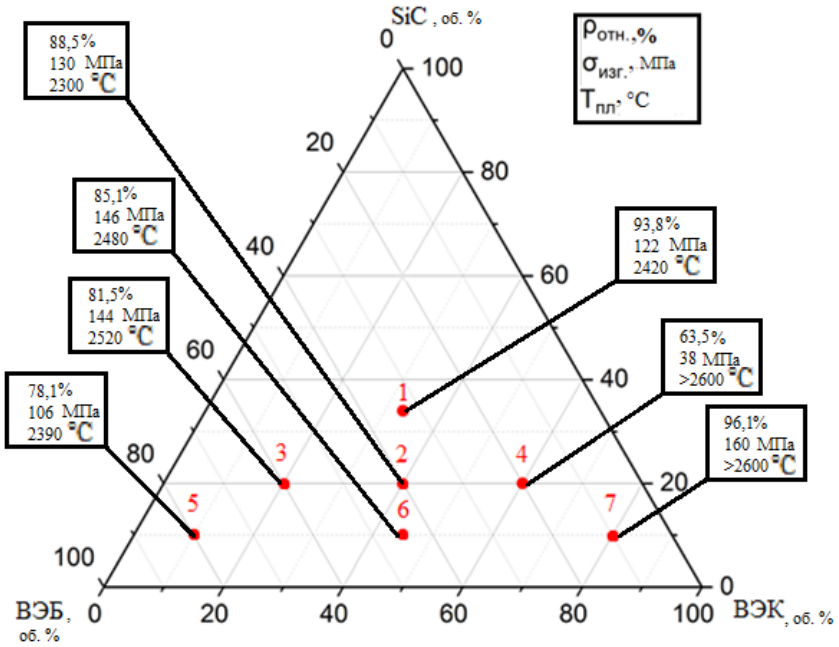


Рисунок - Концентрационный треугольник в объёмном содержании с нанесёнными результатами исследования свойств

В результате исследования свойств образцов квазитройной смеси лучшие характеристики отмечены у состава с высоким содержанием ВЭК, при этом снижение его содержания на 20 об. % привело к ухудшению практически всех свойств на 25-50 %. Наибольшее значение температуры плавления наблюдалось у состава с преобладанием ВЭК: при Т = 2600 °С продолжил спекаться по жидкофазному механизму. Рентгенофазовый анализ показал наличие выделившихся фаз W_2B_5, WC, также обнаружены полноценные фазы высокоэнтропийного карбида и борида.

Работа выполнена с использованием оборудования инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ШЛИФОВАНИЯ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТОВОЙ СМАЛЬТЫ

***Зиганшина А.С.*[1], *Тимошенко Д.С.*[1], *Елюкова Н.В.*[2], *Тагильцева Н.О.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[2]*ООО «Кристалл»*

e-mail: ziganshinaann@gmail.com, nattag@mail.ru

USING OF GRINDING WASTES OF GLASS-CRYSTALLINE MATERIALS FOR PRODUCTION OF MATTE SMALT

***Ziganshina A.S.*[1], *Timoshenko D.S.*[1], *Elykova N.V.*[2], *Tagiltseva N.O.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

[2]*LLC «Kristall»*

В мозаичных мастерских наравне со смальтой, синтезированной по стекольной технологии и имеющей глянцевый блеск, используется матовая смальта, в частности для воссоздания исторических мозаичных панно полностью или для частичной их реставрации. На российском рынке представлена смальта в разных вариантах, в том числе иностранного производства. Однако ее не хватает в нужных оттенках и высокого качества для создания предметов искусства. В ходе изготовления крупногабаритных изделий из глушенного стекла (смальты) для придания определённых размеров заготовки подвергаются шлифованию. После данного процесса остаются отходы, которые нужно утилизировать. Одним из способов утилизации может быть получение матовой смальты

Матовость - явление оптическое, связанное с присутствием множества плоскостей раздела, от которых свет отражается и рассеивается. Матовость обусловлена выделением в глазурном стекле, а также на поверхности кристаллических соединений с выступающими гранями кристаллов, что обеспечивает высокие показатели химической и термической устойчивости, механической прочности, достаточную стабильность декоративного эффекта. В лучших матовых глазурях с гладкой шелковистой поверхностью матовость обусловлена тонкой кристаллизацией поверхности глазури при охлаждении.

Для отходов шлифования были проведены ряд исследований: дифференциально-термический анализ, кристаллизационная устойчивость, химический анализ, рентгено-фазовый анализ.

Был проведен анализ литературы по получению матовой глазури для керамики. Он показал, что для получения матового эффекта в состав большинства матовых глазурей входят: полевой шпат, каолин, нефелиновый сиенит, мел, кварцевый песок.

В качестве связующего были взяты вода и карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). Предварительные анализы показали, что при производстве небольших объёмов эти связующие можно использовать, но при переходе к большим объёмам образцы после термообработки крошатся.

Дальнейшее исследование направлено на поиск связующих и бюджетных мельничных добавок для получения смальты.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ НАНОЛЮМИНОФОРОВ GdF_3:Tb

Зыкова П.Д.*, *Бахметьев В.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения
e-mail: polly02z@yandex.ru

OPTIMIZATION OF PARTICLE SIZES OF NANOLUMINOPHORES GdF_3:Tb

Zykova P.D.*, *Bakhmetyev V.V.
St-Petersburg State Institute of Technology

Рентгенофотодинамическая терапия (РФДТ) является современным перспективным методом лечения онкологических заболеваний. [1] Люминофоры GdF_3:Tb возможно использовать в составе препаратов совместно с фотосенсибилизатором «Бенгальский розовый» для РФДТ, поэтому данный люминофор был выбран для синтеза.

Одной из главных задач было получить частицы максимально небольших размеров (в диапазоне 50 нм). В результате было синтезировано две серии образцов двумя разными способами: методом осаждения и гидротермальным методом с использованием автоклава [2].

а **б**

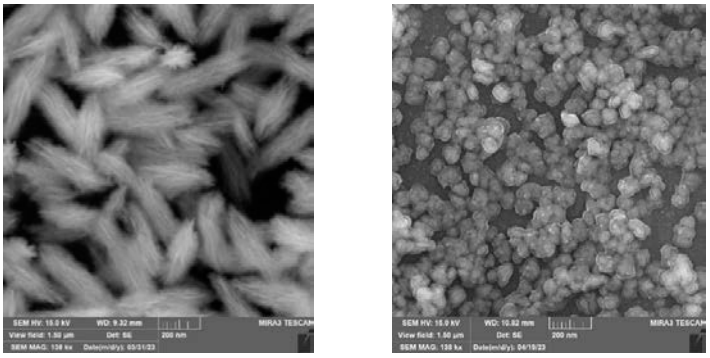


Рисунок – Растровая электронная микроскопия образцов
а) полученных методом осаждения
б) полученных гидротермальным методом

В результате проделанной работы было выявлено, что люминофор GdF_3:Tb, который был синтезирован методом осаждения, имеет частицы размером 200-250 нм, в то время как образцы, полученные гидротермальным методом, получились меньшего размера, приблизительно 100 нм. Полученные результаты показывают перспективность дальнейшей работы над люминофором GdF_3:Tb, возможен синтез других мольных концентраций тербия, а также использование других сред для проведения опытов по уменьшения размеров частиц.

Литература:

1. Бахметьев Вадим Владимирович, Дорохина Анастасия Михайловна, Сычев Максим Максимович, Нанолюминофоры на основе смешанных фторидов для фотодинамической терапии онкологических заболеваний // Известия СПбГТИ (ТУ). 2018. №42 (68).

2. Зыкова, П.Д. Синтез и исследование свойств нанолюминофоров GdF3:Tb для рентгенофотодинамической терапии онкологических заболеваний / П.Д. Зыкова // Перспективы развития фундаментальных наук: Сборник научных трудов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–28 апреля 2023 года. Том 2. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – С. 90-92.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ УСТРОЙСТВ ИЗГОТОВЛЕНЫЫХ МЕТОДОМ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИИ УГЛА НАНЕСЕНИЯ

Каташев П.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: pavel.katashev.561@gmail.com

ELECTRICAL PROPERTIES RESEARCH OF ELECTROCHROMIC DEVICES MANUFACTURED BY THE METHOD OF PERIODIC MODULATION OF THE DEPOSITION ANGLE

Katashev P.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Согласно исследованию компании «Verified Market Reports» [1] мировой рынок электрохромных устройств различного назначения стремительно растет, за последние 3 года его объем увеличился втрое. Эксперты ожидают его дальнейший рост до 40$ млрд в течение следующих семи лет.

Исследование методики [2], потенциально позволяющей расширить области применения электрохромных устройств, увеличить объемы производства и наладить производство устройств большой площади, может дать толчок коммерциализации разработок в России.

Целью настоящей работы стало исследование влияния модуляции угла нанесения электрохромного оксида вольфрама$^{+6}$ методом магнетронного напыления на характеристики электрохромного устройства.

Для достижения цели изготовленные устройства с противоэлектродом из допированного фтором оксида олова (FTO) исследовались методом циклической вольтамперометрии [3] с применением двухэлектродной схемы подключения. Вольтамперометрические кривые получены на потенциостате Elins P-2X8, в качестве электролита использован 1М раствор перхлората лития (хч) в пропиленкарбонате, скорость развертки потенциала от 1000 до 10 мВ/с. По результатам испытаний были получены значения коэффициентов диффузии ионов Li^+ в электрохромный слой оксида вольфрама$^{+6}$, расчеты проводились согласно уравнению Рендлса-Шевчика [3].

По результатам исследования наблюдается близкое к линейному увеличение коэффициента диффузии с ростом скорости периодической модуляции от $2 \cdot 10^{-10}$ см^2/с до 7,8 см^2/с. Ранее было показано [2], что так же увеличивается электрохромная эффективность устройств. Этим можно подтвердить, высказанную ранее идею того, что периодическая модуляция угла вращения повышает мобильность ионов Li^+ тем самым повышая электрохромную эффективность. Полученные результаты свидетельствуют, что коэффициент диффузии сравним с имеющимися мировыми аналогами, а некоторые превосходит по данным параметрам [4].

Исследование проведено при поддержке Фонда Содействия Инновациям. Договор №17828ГУ/2022

Литература:

1. Global Electrochromic Materials and Devices Market / VM Reports -2023. -P. 46.

2. Sychov, M. Deposition of nanostructured tungsten oxide layers by a new method: periodic modulation of the deposition angle / M.Sychov et. al. // Langmuir. -2023. -V.39.

3. Bogdan, M. Estimation of diffusion coefficients from voltammetric signals by support vector and gaussian process regression / M. Bogdan, D. Brugger, W. Rosenstiel, B. Speiser // Journal of Cheminformatics. -2014. -V.6.

4. Zimmer, A. Towards a more cautious characterization of electrochromic WO3 derived from three half-cell configurations implying sodium-based electrolytes / A. Zimmer, et. al. // Electrochimica Acta. -2020. -V.360.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ ПЕРОКСОВОЛЬФРАМОВОЙ КИСЛОТЫ

Лебедев С.О.[1], Ковалёва П.Р.[2]

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),[1]кафедра автоматизации процессов химической промышленности,[2]кафедрахимической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: PlnaK2023@yandex.ru

AUTOMATION OF PEROXOTUNGSTIC ACID POLYCONDENSATION PROCESS

Lebedev S.O., Kovalyova P.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Электрохромные материалы – это целый класс неорганических и органических материалов, которые под действием слабых токов в контакте с ионными или протонными электролитами обратимо меняют оптическое пропускание своей решетки, окрашиваясь в тот или иной цвет. Такие материалы используются для создания электрохромных устройств (ЭХУ). Наиболее перспективными электрохромными материалами являются пленки на основе WO_3. По сравнению с другими оксидами переходных металлов (V_2O_5, NiO, MoO_3, TiO_2 и др.), WO_3 обладает наибольшим рабочим оптическим диапазоном, высокой температурной и химической стабильностью. Распространенным методом получения нанопленокWO_3 является золь-гель технология с использованием пероксида водорода. Этот способ позволяет быстро проводить синтез в лабораторных условиях, не используя сложное и дорогостоящее химическое оборудование. Несмотря на простоту пероксидного метода, поэтапное получение золь-геля WO_3 имеет ряд особенностей, связанных с получением полипероксовольфрамовой кислоты, которая является промежуточным продуктом синтеза.

Процесс поликонденсации пероксовольфрамовой кислоты (ПВК) проходит с изменением цвета раствора от светло-желтого до ярко-оранжевого, что связано с разложением остаточной перекиси водорода и химической перестройкой молекул ПВК.До сих пор контроль данного процесса не был полноценно реализован, т.к. отсутствует серийно-выпускаемое оборудование, способное проводить измерения спектрально-оптических характеристик при заданной температуре. Определение степени поликонденсации в основном осуществлялось по внешнему виду раствора и по времени температурного воздействия. Это приводило к проблемам воспроизводимости эксперимента и уменьшению качества раствора ППВК.

Для решения этих проблем с учетом особенностей проведения процесса поликонденсации ППВК, был разработан программно-аппаратный комплекс, предназначенный для автоматической регистрации и регулирования спектрально-оптических и температурных характеристик раствора. Регистрация спектрально-оптических характеристик на разработанном комплексе проходит в максимуме поглощения ППВК на длине волны 415 нм.Благодаря разработанному программно-аппаратному комплексу обнаружено, что процесс образования ППВК проходит в 2 этапа: на 1 этапе идет разложение остаточной перекиси водорода, а на 2 этапе – поликонденсация ПВК. Также экспериментально выяснено, что степень поликонденсации влияет на морфологию пленок WO_3. Это сказывается на электрооптических характеристиках электрохромных устройств.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ПЭГ-400 НА СВОЙСТВА ПЛЕНОК WO_3

Ковалёва П.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедрахимической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: PlnaK2023@yandex.ru

EFFECTOF PEG-400 ORGANIC ADDITIVEON THE PROPERTIES WO_3FILMS

Kovalyova P.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Золь-гель синтез – это один из современных методов физической химии растворов, позволяющий получать чистые и высокодисперсные композиции и прекурсоры, включающие получение золя с последующим превращением его в гель с целью приготовления катализаторов, адсорбентов, керамических и других композиционных материалов, а также тонких пленок оксида вольфрама для создания электрохромных устройств (ЭХУ). Главной областью применения ЭХУ является оконная индустрия, где необходим процесс сохранения или отвода тепла, приходящего от солнечного света. Разработки имеют мировую значимость в связи с дефицитом электрической энергии в мире.

Преимуществом золь-гель технологии является возможность введения модифицирующих добавок, способствующихпластификации поверхности и удержания гидроксильных групп, играющих важную роль в электрохромном эффекте пленок WO_3. Такими свойствами обладает органический полимер ПЭГ-400.

Введение ПЭГ-400 в структуру алкозоляWO_3проводилось в соотношениях 1:1 и 7:3 (в молях). Соотношения выбраны экспериментальным путем. Синтез модифицированных золей проводился при комнатной температуре на магнитной мешалке в течение 3 ч со скоростью 400 об/мин. Для сравнения синтезирован алкозоль без добавок. Полученные составы были нанесены на проводящие стекла FTO в виде тонких пленок и отожжены при температурах 300 °С и 350 °С. После отжига структура пленок была исследована с помощью микроскопа МИИ-4 и представлена на рисунке. Толщина пленок в среднем составляет 250 нм. Необходимо отметить, что пленки, модифицированные ПЭГ-400, имеют ровную поверхность, а пленки без добавок – имеют трещинышириной до 1 мкм (рисунок).

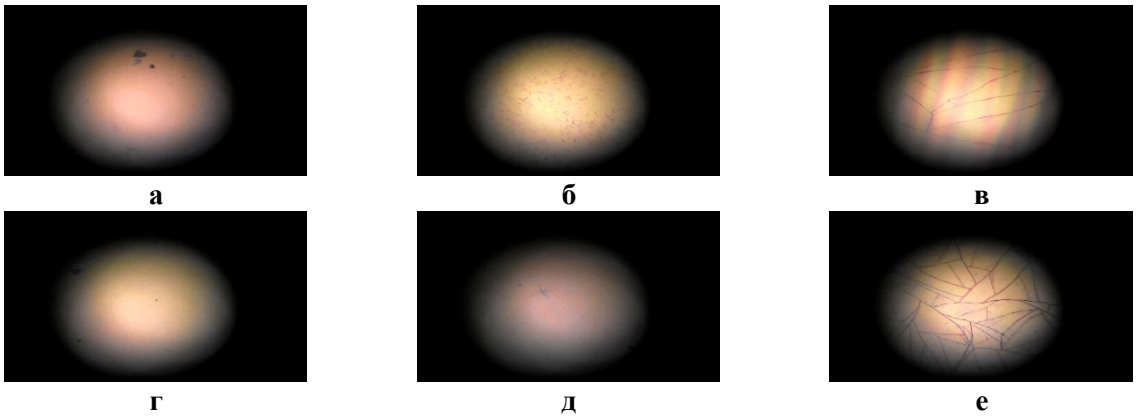


Рисунок – Поверхность пленок при температуре отжига 300 °С: а) 1:1, б) 7:3, в) без добавок. При температуре отжига 350 °С: г) 1:1, д) 7:3, е) без добавок

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОРОШКОВ И КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ZrO_2–CaO–MgO, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Кузнецова В.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: va-kuznetsovaa@yandex.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF POWDERS AND CERAMICS BASED ON THE ZrO_2 – CaO – MgO SYSTEM PREPARED BY DIFFERENT METODS

Kuznetsova V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Керамические материалы на основе стабилизированного диоксида циркония являются многофункциональным материалом, применяемым в различных областях промышленности.

Важную роль в процессе получения высокопрочной керамики играет гранулометрический состав порошков-прекурсоров. Среди химических методов, позволяющих получать нанодисперсные порошки на основе ZrO_2, наиболее простыми и эффективными являются совместное осаждение гидроксидов и цитрат-нитратный синтез.

Целью данной работы являлся синтез порошков в системе ZrO_2-CaO-MgO методами совместного осаждения гидроксидови цитратно-нитратного синтеза (ЦНС), получение керамики на их основе и изучение физико-химических свойств материалов.

Синтез ксерогелей осуществляли методом совместного осаждения гидроксидовразбавленным раствором аммиака. Отфильтрованные осадки сушили при 110 °С (2 ч) и обжигали при 600 °С (1 ч) в муфельной печи на воздухе.

В ЦНС навески исходных компонентов, взятые в стехиометрическом количестве, растворяли в минимальном количестве дистиллированной воды и затем добавляли лимонную кислоту. Полученный раствор доводили до pH~7разбавленным раствором аммиака, выпаривали при 150 °С и затем обжигали при температуре 750 °С (1 ч).

Полученные порошки-прекурсоры формовали методом одноосного сухого прессования и спекали при температуре 1600 °С в течение 2 часов на воздухе.

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) установлено, что применение цитрат-нитратного метода позволило на 20 % уменьшить количество адсорбированной воды и снизить температуры кристаллизации твердых растворов ZrO_2 на 60 °С.

Методом низкотемпературной адсорбции азота установлено, что полученные образцы ксерогелей имеют мезопористую структуру с щелевидными порами.

По данным рентгенофазового анализа все полученные порошкипредставляют собой твердый раствор на основе *t'*-ZrO_2. После термообработки порошков при 1600 °С образцы керамики представляют собой смесь твердого раствора *c*-ZrO_2 и *m*-ZrO_2.

Применение метода ЦНС позволило увеличить значения кажущейся плотности керамических образцов по сравнению с методом соосаждения.

Таким образом, применение метода ЦНС для синтеза системы ZrO_2-CaO-MgO способствует снижению температуры кристаллизации твердого раствора *t'*-ZrO_2 и значительно уменьшает количество адсорбированной и кристаллизационной воды в прекурсорах, что позволяет получать активные к спеканию порошки-прекурсоры с развитой удельной поверхностью.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С КОМБИНИРОВАННОЙ ТППМЭ ГЕОМЕТРИЕЙ

Куропятник А.М. [1,2]***, Балабанов С.В.*** [1,2]

[1]*Институт химии силикатов РАН,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

e-mail: yilittit@gmail.com

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS WITH COMBINED TPMS GEOMETRY

Kyropiatnik A.M. [1,2]***, Balabanov S.V.*** [1,2]

[1]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

В работе приведены результаты исследования физико-механических свойств образцов с комбинированной геометрией трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) из полилактида. В качестве модельных образцов выбраны ячеистые структуры, состоящие из комбинации нескольких ТППМЭ (рисунок 1) размером 30х30х30 мм.

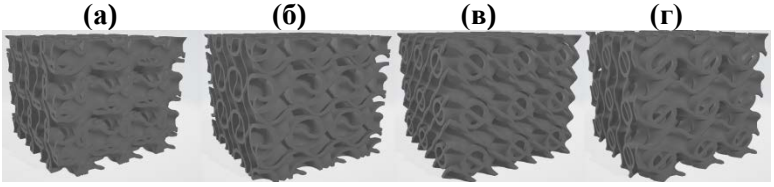


Рисунок 1 –Рендеры исследуемых образцов: (а) Gyroid+Nevius; (б) Gyroid+IWP; (в) Primitive+Diamod;(г)Primitive+Gyroid

По сгенерированным 3D моделям были изготовлены образцы методом FDM 3D-печати из полилактида. Для исследования физико-механических свойств материалов с комбинированной ТППМЭ геометрией образцы испытывались на сжатие по ГОСТ4651-2014.

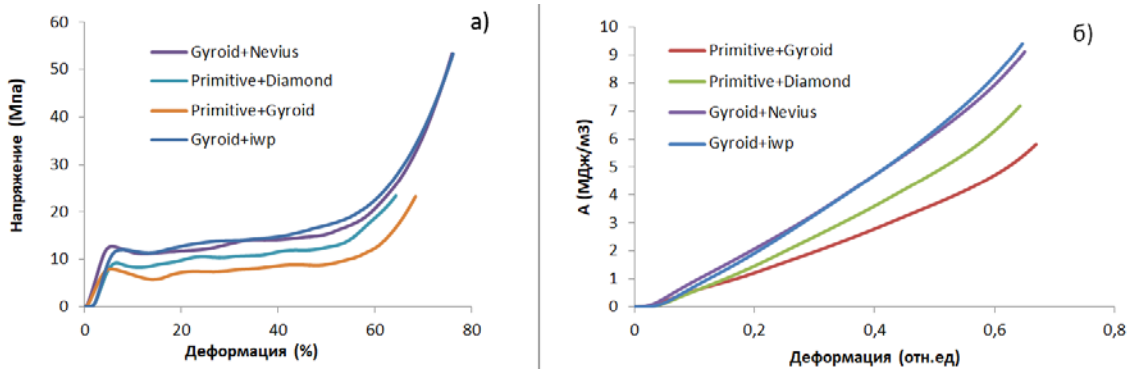


Рисунок 2 – а) деформационные кривые, б)кривые энергопоглощения

В результате проведенных испытаний все образцы показали высокие физико-механические свойства. Наибольшую удельную прочность (20,29МПа·см^3/г) и энергопоглощение (3,31 МДж/м^3) имеет образец Gyroid+Nevius.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №20-73-10171.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КСЕРОГЕЛЕЙ И НАНОПОРОШКОВ В СИСТЕМЕ CeO_2-Dy_2O_3В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Локтюшкин Н.Р.*[1], *Фарафонов Н.В.*[1], *Калинина М.В.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,*

[2]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: lokotnikita17@gmail.com

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF XEROGELS AND NANOPOWDERS IN THE SYSTEM CeO_2-Dy_2O_3AS A BASIS FOR OBTAINING ELECTROLYTE MATERIALS FOR SOLID OXIDE FUEL CELLS

***Loktyushkin N.R.*[1], *Farafonov N.V.*[1], *Kalinina M.V.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences*

В настоящее время наблюдается активное развитие водородной энергетики, вызванное потребностью в эффективном, экологичном и надежном источнике электроэнергии. Наиболее выгодным способом получения электроэнергии является использование энергоустановок на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Основными компонентами ТОТЭ являются катод, анод и электролит.

В качестве твердых электролитов особый интерес представляет керамика в системе CeO_2-Dy_2O_3,обладающая высокой ионной проводимостью и отсутствием фазовых переходов в широком диапазоне температур (от комнатной до температуры плавления). Ожидается, что CeO_2, легированный Dy_2O_3, будет перспективным твердым электролитом для применения в ТОТЭ.

Синтез ксерогелей и нанодисперсных порошков с разным концентрационным соотношением оксидов в системе CeO_2-Dy_2O_3осуществляли методом совместного осаждения гидроксидовдиспрозия и церия из растворов азотнокислых солей с последующейнизкотемпературной обработкой.

Синтезированные нанопорошки изучали методами дифференциально-термического анализа и методом тепловой десорбции азота при 77 К. В таблице представлены параметры микроструктуры нанопорошков.

Таблица – Характеристики микроструктуры синтезированных нанопорошков

Состав	Удельная площадь поверхности, $S_{уд}$, $м^2/г$	Средний размер пор, нм	Удельный объем пор $V_{пор}$, $см^3/г$
$(CeO_2)_{0.95}(Dy_2O_3)_{0.05}$	66,316	2, 409	0,055
$(CeO_2)_{0.90}(Dy_2O_3)_{0.10}$	26,785	3,583	0,028
$(CeO_2)_{0.85}(Dy_2O_3)_{0.15}$	3,498	3,857	0,004
$(CeO_2)_{0.80}(Dy_2O_3)_{0.20}$	23, 974	3,894	0,042

В данных нанопорошках преобладают мелкие мезопоры с размером 3-6 нм. Суммарный объем пор находится в интервале 0,042-0,055 $см^3/г$, а площадь удельной поверхности составляет 23,974-66,316 $м^2/г$.

Консолидация полученных нанопорошков позволила получить керамические материалы, перспективные для применения в качестве электролитов в составе ТОТЭ, характеристики которых в настоящее время изучаются.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ КВАРЦОИДНЫХ СТЕКОЛ ИОНАМИ ЦЕЗИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИХ ПОВЕРХНОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

***Лушанкин Я.П.*[1,3], *Соколов А.*[2], *Цыганова Т.А.*[3]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

[2]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»*

[3]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: lushankin2201@gmail.com

EFFECT OF MODIFICATION OF QUARTZOID GLASSES BY CAESIUM IONS ON THEIR SURFACE CHARACTERISTICS AND BIOLOGICAL ACTIVITY

***Lushankin Y.P.*[1,2], *Sokolov A.*[2], *Tsyganova T.A.*[3]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

[2]*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

[3]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences*

Кварцоидные стекла (КС), содержащие радиоактивный изотоп цезия, могут применяться в установках медицинского назначения, в качестве оптических волноводов, а также как модельные стекла в качестве контейнеров для захоронения жидких радиоактивных отходов. В данной работе синтез кварцоидных стекол осуществляется путём последовательной кислотной обработки двухфазного стекла (состав по анализу, мол.% $6.8Na_2O$ • $22.1B_2O_3$ • $70.4SiO_2$ • $0.19P_2O_5$ • 0.52F [1]), пропитки пористых стекол (ПС) водными растворами $CsNO_3$ и термообработки при температурах не выше 900 °С. Функциональный состав поверхности КС оценивали по содержанию бренстедовских основных (pK_a 8,8) и слабокислых (pK_a 6,4) центров по адсорбции кислотно-основных индикаторов тимолового синего и бромкрезолового пурпурного [2]. Предварительные данные показывают, что пропитка в течение 1 суток приводит к снижению содержания обоих типов центров. Однако, с увеличением содержания цезия в кварцоидном стекле за счет увеличения времени пропитки (1-6 суток) и концентрации пропитывающего раствора (0,3 – 0,6 М) содержание основных центров значительно возрастает, а кислотных - и снижается, что отражает внедрение щелочного компонента в поверхностный слой. Оценка токсичности цезийсодержащих КС по анализу способности организмов *Paramecium caudatum* (инфузория туфелька) реагировать после контакта с КС на присутствие в водных растворах веществ, представляющих опасность для их жизнедеятельности, и направленно перемещаться по градиенту концентраций этих веществ, избегая их вредного воздействия [3], показала, что после контакта с КС все растворы имеют допустимый уровень токсичности ($T \leq 0{,}40$), что свидетельствует об их безопасности.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХС РАН при поддержке Минобрнауки России (Государственная регистрация № 1021050501068-5-1.4.3 (проект FFEM-2022-0004)).

Литература:

1. Kreisberg V.A., Antropova T.V. Changing the relation between micro-and mesoporosity in porous glasses: The effect of different factors // Microporous and Mesoporous Materials. 2014. V. 190. N 1. P. 128–138

2. Нечипоренко А.П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердофазных систем. Индикаторный метод: СПб.: Изд. «Лань», 2017. – 284 с.

3. Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных, талых, технологических вод экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер». ФР.1.39.2015.19242.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КСЕРОГЕЛЕЙ, ПОРОШКОВ И КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO_2

Парунова А.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: ania.parunova@mail.ru

SYNTHESIS AND STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF XEROGELS, POWDERS AND CERAMICS BASED ON ZrO_2

Parunova A.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Керамика на основе диоксида циркония ZrO_2 занимает особое место среди многообразия перспективных конструкционных материалов и применяется в различных областях человеческой деятельности: огнеупорная промышленность, нефте– и горнодобывающая промышленность, электронная промышленность, авиация, атомная энергетика, медицина, производство оборудования и машиностроение [1,2].

В данной работе был проведен синтез ксерогелей и порошков цитрат-нитратным методом, получена керамика на основе системы ZrO_2-CeO_2-Al_2O_3 и изучен ряд свойств полученных материалов.

Синтез цитрат-нитратным методом осуществляли по двум методикам.

В первом случае были взяты реактивы с известной концентрацией и в полученный раствор добавили лимонную кислоту.

Во втором случае были приготовлены навески порошков и лимонной кислоты и полученную смесь веществ растворили в минимальном количестве воды.

Полученные растворы в двух случаях в дальнейшем были поставлены на перемешивание с нагревом и доведены до pH = 7 добавлением водного раствора аммиака. Раствор постепенно начал переходить в густую вязкую жидкость-гель. По мере разложения лимонной кислоты расплав превратился в «пепел». Отжиг проводили в течение 1 часа при температуре 650 °C. Полученные порошки формовали сухим одноосным прессованием и спекали при 1600 °C на воздухе в течение 1 часа.

Согласно полученным результатам, тип сорбционных кривых соответствует IV типу по классификации БДДТ и свидетельствует о мезопористой структуре образцов ксерогелей. Капиллярно–конденсационный гистерезис соответствует типу H4 по классификации IUPAC и свидетельствует о наличии щелевидных пор.

По результатам рентгенофазового анализа было установлено, что порошки после обжига при 650°C представляют собой тетрагональный твердый раствор *t'*–ZrO_2.

В случае керамики, полученной по второй методике, открытая пористость составляет 1,26 %, водопоглощение 0,22 %.

Литература:

1. Жигачев, А.О. Мир материалов и технологий. Керамические материалы на основе диоксида циркония / А.О. Жигачев, Ю.И. Головин, А.В. Умрихин [и др.]; под общ. ред. Ю.И. Головина. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 358 с.

2. Кораблева, Е.А. Керамические материалы и изделия на основе ZrO_2 для различного применения в металлургической промышленности / Е.А. Кораблева, М.А. Майзик, Д.В. Харитонов // Труды Кольского научного центра РАН. – 2018. – Т. 9, №2–2. – С. 651–654.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ БОРИДОВ И СИЛИЦИДОВ СДОБАВКОЙ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Самсоненко А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: snowleopard.2001@mail.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF MATERIALS BASED ON HIGH-ENTROPY SOLID SOLUTIONS OF BORIDES AND SILICIDES WITH THE ADDITIVE OF SILICON CARBIDE

Samsonenko A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В рамках данного исследования были предварительно синтезированы высокоэнтропийный борид состава ZrB_2-HfB_2-NbB_2-W_2B_5-TaB_2 и высокоэнтропийный силицид состава $MoSi_2$-$HfSi_2$-$NbSi_2$-WSi_2-$TaSi_2$ путём спекания эквимолярных смесей индивидуальных компонентов при температурах 2100 °C и 1750 °C, соответственно. Образцы исследуемых систем были получены путём смешивания, прессования и последующего спекания без приложения давления при температуре 1750 °C в вакууме с выдержкой 2ч.

Результаты исследования свойств, нанесённые на концентрационный треугольник в объёмном содержании, представлены на рисунке:

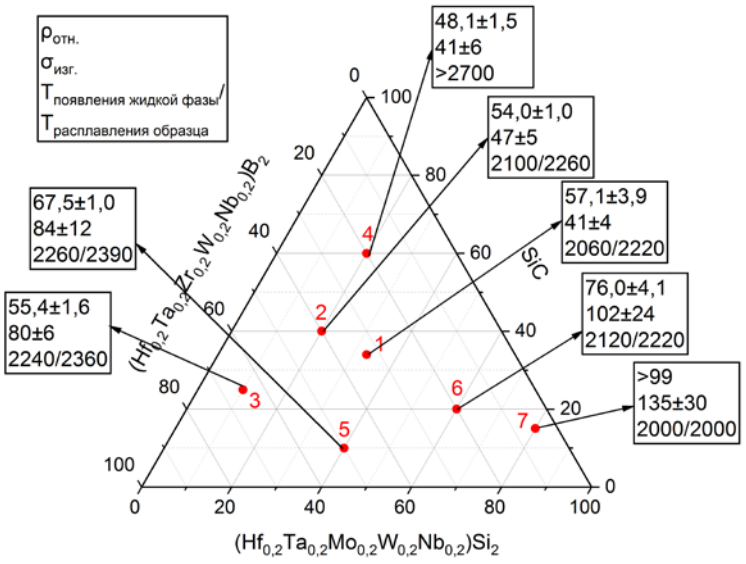


Рисунок - Концентрационный треугольник в объёмном содержании с нанесёнными результатами исследования свойств

В результате исследования свойств полученных составов удалось сделать вывод, что выбранной температуры спекания недостаточно для получения плотноспечённых материалов. Также исследование свойств показало, что наилучшее уплотнение и соответственно наилучшие механические свойства показал состав с наибольшим содержанием легкоплавкого высокоэтропийного силицида. Рентгенофазовый анализ показал присутствие примеси карбида тантала гафния, образование которого вероятно связано с взаимодействием намолотого карбида вольфрама с соответствующими силицидами.

Работа выполнена с использованием оборудования инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ МИКРОСКОПИИ ФОРМЫ ПОР Si(111) ПО КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Сергеева Н.М.

Санкт- Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: Alnserg41@mail.ru

RESEARCH BY RASTER MICROSCOPY METHOD PORE SHAPE OF Si(111) BY CRYSTALLIZATION OF SODIUM SULPHATE

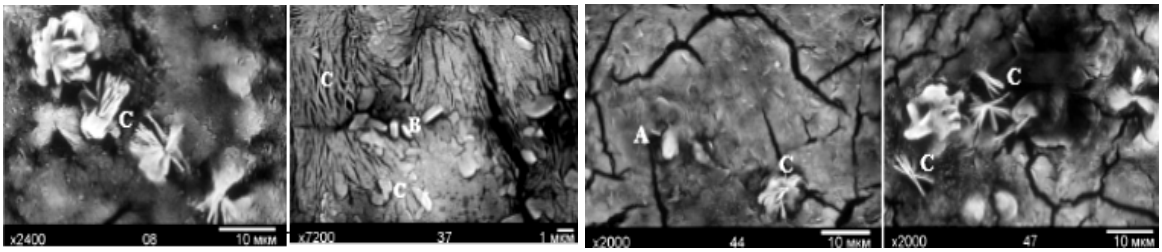
Sergeeva N.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В XXI в. перспективы в развитии микроэлектроники связаны с созданием новых материалов и прогрессивных технологий на основе плёнок карбида кремния на кремнии в виде карбидокремниевых подложек (ККП) [1]. Такой материал в 2008 года был разработан С. Кукушкиным по методу согласованного замещения атомов в газовой атмосфере [1]. Однако интерес вызывает влияние пористой структуры кремния, как матрицы ККП, на оптические и электрофизические свойства материала, полученного в водном коллоидном растворе, содержащем люминофор (ЛФ) и сульфат натрия (продукт окисления сульфида натрия- осадителя металлов в процессе синтеза ЛФ) (ВКР). Причём эти свойства пористого кремния во многом определяются скелетом, формой пор, а не только их размером [2, 3].

Цель работы: показать, что форму пор Si (111) можно характеризовать различными кристаллами Na_2SO_4. Ранее нами [4] было показано, что колоннообразные поры в Si (111) позволяют получить на его поверхности кристаллы Na_2SO_4 нитевидной формы. В настоящей работе мы исследовали губчатую форму пор Si мезопористой структуры.

Результаты. Растровое электронно-микроскопическое (РЭМ) изображение формы кристаллов Na_2SO_4 на поверхности толстых плёнок на основе Si марки КДБ-10.



а) б) в) г)

Рисунок – РЭМ изображения кристаллов мирабилита (обозначение буквой С) на поверхности толстой плёнки, выращенной в ВКР на губчатой структуре марки КДБ-10: а, б) Si(111), в, г) Si(111) с угловым отклонением 20.

Как видно на рисунке губчатая структура кремния марки КДБ-10 приводит к веерообразной форме кристаллов сульфата натрия.

Литература:

1. Kukushkin S.A., Osipov A.V. J.of Physics D: Applied Physics. 2017. V.50. N.46. P. 464006 (7pp).

2. Rouquerol J., Avnir D., Fairbridge C.W., Everett D.H., Haynes J.H., Pernicone N., Ramsay J.D.F., Sing K.S.W. and Unger K.K. Pure & Appl. Chem., 1994. V. 66, N. 8, pp. 1739-1758,

3. Cullis A.G., Canham L.T., Calcott P.D.J. J. Appl. Phys. 1997. V.82. P.909- 965.

4. Сергеева Н.М., Богданов С.П. Материалы науч. конф. «Традиции и Инновации» 191 годовщине образования СПбГТИ(ТУ) 27-29 ноября. СПб. 2019. 306 с.

СИНТЕЗ ФОТОАНОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТОГО $HfTiO_4$ МЕТОДОМ РАСТВОРНОГО ГОРЕНИЯ

Сероглазова А.С.[1,2]***, Попков В.И.***[2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии*

[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*

e-mail: annaseroglazova@yandex.ru

SYNTHESIS OF PHOTOANODE MATERIAL BASED ON MESOPOROUS $HfTiO_4$ VIA SOLUTION COMBUSTION METHOD

Seroglazova A.S.[1,2]***, Popkov V.I.***[2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Ioffe Institute*

В настоящее время наноструктурированные оксиды переходных металлов, в частности титанаты состава $ATiO_3$ и $ATiO_4$ (A - переходный металл с валентностью II и IV), привлекают значительный интерес исследователей благодаря разнообразию структур и свойств. Одним из таких соединений является ромбический титанат гафния $HfTiO_4$, обладающий высокой химической и термической стабильностью, шириной запрещенной зоны около 3.4-3.9 эВ, что делает его перспективным материалом для фотокаталитических и фотоэлектрохимических применений. Однако существующие методы синтеза $HfTiO_4$ приводят к образованию многофазных продуктов и затрудняют получение чистой стехиометрической фазы титаната гафния. В связи с этим актуальной задачей является разработка эффективных методов синтеза наноструктурированного орторомбического $HfTiO_4$ заданного состава и структуры.

В данном исследовании метод глицин-нитратного горения был успешно применен для синтеза нанокристаллического $HfTiO_4$ с последующей термической обработкой на воздухе. Комплексный анализ, включающий термогравиметрические, рентгенофазовые, структурные и морфологические исследования, подтвердил получение титаната гафния в интервале температур 800-1000 °C. Так был синтезирован однофазный $HfTiO_4$ с развитой пористой структурой с площадью удельной поверхности 17 $м^2/г$ при минимальной температуре отжига 800 °C.

Значение энергии запрещенной зоны $HfTiO_4$-800 °C, определенное при помощи анализа спектров диффузного отражения в УФ- и видимом диапазонах, составило 3,47 эВ, что дает возможность рассматривать синтезированный материала в качестве потенциального фотоанода в фотоэлектрокаталитических и фотоэлектрических устройствах. Углубленные фотоэлектрохимические измерения показали, что синтезированный $HfTiO_4$-800 °C проявляет заметную фотоэлектрохимическую активность, особенно в ближней ультрафиолетовой области света. При λ = 450 нм и E_{bias} = 1,9 В средний фототок составил 0,25 $мкмоль^{-2}$. Более того, материал продемонстрировал превосходную фотоэлектрохимическую стабильность по сравнению с коммерческим TiO_2, а емкостные свойства указывают на возможность его успешного использования в качестве фотоанодного материала.

Таким образом, результаты проведенного исследования закладывают основу для дальнейшего изучения и оптимизации материалов на основе $HfTiO_4$ в различных технологиях преобразования и хранения энергии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 21-13-00260).

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ СВЯЗУЮЩЕГО КРЕМНИЙОРГАНИЧЕКИМ СОЕДИНЕНИЕМ

Степановский Н.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: nitkyn2001@gmail.ru

INCREASING THE ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF PERICLASE-CARBON REFRACTORIES BY MODIFYING THE BINDER WITH ORGANOSILICONE COMPOUND

Stepanovsky N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процесс получения и последующей обработки стали происходит в крайне жестоких условиях, поэтому требует от огнеупорных футеровок в металлургических агрегатах высоких показателей огнеупорности, термостойкости, шлакоустойчивости и т.д. Наиболее подходящими огнеупорами под эти требования подходят углеродсодержащие огнеупоры и, в частности, периклазоуглеродистые.

Сырьем для периклазоуглеродистых огнеупоров являются: спеченные или плавленые периклазовые порошки, чешуйчатый графит и различные функциональные добавки (связки, антиокислительные добавки и др.). Наличие периклаза и графита обуславливает огнеупорные свойства материала. Графит также обеспечивает термостойкость и шлакоустойчивость в связи с его высокой теплопроводности и низкой смачиваемости металлургическим шлаком.

Связующее в процессе изготовления периклазоуглеродистых огнеупоров применяется для придания пластичности формовочной массе и прочности сформованному сырцу. Наиболее популярными в качестве данной составляющей являются синтетические термореактивные смолы (новолачная и резольная фенолформальдегидные смолы), которые после термообработки при невысоких температурах (порядка 200 °С) полимеризуются в углеродсодержащего каркас, обеспечивающий механическую прочность сырцу. Однако при разогреве футеровки металлургических агрегатов во время коксования происходит выброс в окружающую среду таких токсичных веществ как: фенол, формальдегид и аммиак.

В целях снижения количества выбросов токсичных веществ было предложено снизить количество фенольного связующего и модифицировать смолу кремнийорганическим соединением для компенсации потери прочности материала. В качестве кремнийорганического соединения был выбран этилсиликат-40 (ЭТС-40).

Эталонные образцы имели следующий состав, масс %: плавленый периклаз: Фр. 3-1 – 48, Фр. 1-0 – 18; графит – 13; смесь тонкомолотых фракций (плавленый периклаз – 70 масс. %, металлический кремний – 12,5 масс. %, связующее фенольное порошкообразное – 17,5 масс. %) – 21; этиловый спирт – 7,4 сверх 100 %. В экспериментальной партии количество связующего было снижено на 50 % и добавлено 0,75 % сверх 100 % ЭТС-40. Образцы формовались на прессе при давлении 100 Н/мм^2 и полимеризовались при температуре 200 °С в течении 3 ч. Дальнейшее коксование проводилось при температуре 990 °С в течении 3 ч. У полимеризованных и коксованных образцов были измерены следующие свойства: открытая пористость и предел прочности на сжатие.

В результате введение этилсиликата-40 в периклазоуглеродистый огнеупор удалось снизить количество токсичного связующего на 50 % при этом увеличив прочность на сжатие в полимеризованном виде на 22,73 %, а в коксованном на 34,70 % и сохранив открытую пористость без значительных изменений.

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ КЕРАМИКИ АЛМАЗ–SiC–Si

***Степичев Е.С.*[1,2], *Богданов С.П.*[1], *Долгин А.С.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,*

[2]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: stepichevegor@gmail.com

BENDING STRENGTH OF DIAMOND–SiC–Si CERAMICS

***Stepichev E.S.*[1,2], *Bogdanov S.P.*[1], *Dolgin A.S.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences (ISC RAS)*

Одним из способов улучшения механических характеристик материалов является введение непрерывных или дискретных волокон, нитевидных монокристаллов. При высокой адгезии таких добавок с матрицей, их равномерном объемном распределении и направленной ориентациикомпозиция будет разрушаться при больших затратах энергии, т. е. материал будет прочнее. В качестве наполнителя для керамики алмаз–SiC–Si были использованы волокна нарезанной ткани из SiO_2, предварительно покрытые пироуглеродом методом пиролиза из бутана. Слой пироуглерода должен образовать карбид кремния в результате взаимодействия с кремнием во время силицирования. Волокна укладывали вручную и ориентировали по длине прямоугольного образца на этапе засыпки шихты в пресс-форму.

Результаты испытания образцов на изгиб [1] показаны в таблице.

Таблица – Предел прочности при изгибе и модуль Юнга образцов-балок на основе алмаза

№ состава	Марка и зернистость компонента, мкм	Доля компонента, масс. %	$\rho_к$, г/см^3	σ_F, МПа	E, МПа
1	АС 160 250/200	60	3,21	142,755	644
	АСМ 28/20	40			
2	АС 160 250/200//Пиро–С	59,7	3,18	169,622	625
	АСМ 28/20//Пиро–С	39,8			
	$SiO_{2волокно}$//Пиро–С	0,5			

Таким образом, можно повысить сопротивление изгибу конструкционных материалов. Снижение модуля продольной упругости и плотности, вероятно, связано с нарушением сплошности пироуглеродной пленки, что приводит к отсутствию границы раздела фаз $SiO_{2волокно}$ и Siв виде β-SiC, прочно связывающего все компоненты.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-13-00054).

Литература:

1.ГОСТ Р 50526-93. Огнеупоры. Метод определения предела прочности при изгибе при комнатной температуре: государственный стандарт Российской Федерации: издание официальное: дата введения 1994-01-01 / Госстандарт России. – Москва. Издательство стандартов.1993. – 9 с.

УДАРОПРОЧНОСТЬ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ГИРОИДА

***Сысоев Е.И.*[1,2], *Куропятник А.М.*[1,2]**
[1]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,*
[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*
e-mail: jsysev@gmail.com

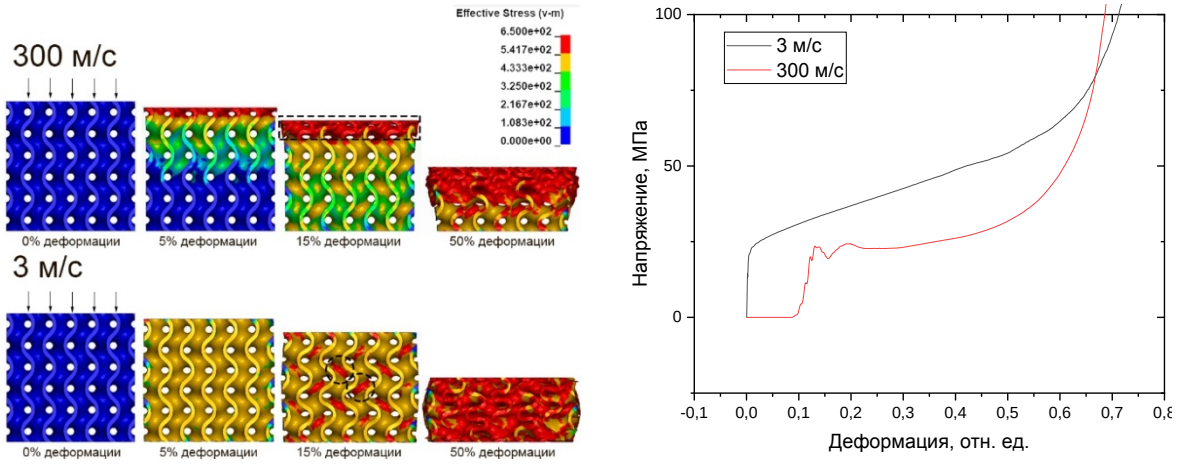
IMPACT RESISTANCE OF GYROID-BASED CELLULAR STRUCTURE

***SysoevE.I.*[1,2], *Kyropiatnik A.M.*[1,2]**
[1]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences (ISC RAS),*
[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

В настоящее время, благодаря усовершенствованию методов изготовления и снижению затрат, ячеистые структуры все чаще находят применение в различных инженерных задачах. Однако наиболее актуальной областью их применения является использование их как энергопоглощающих конструкций. Последние достижения в области аддитивных технологий, позволяют изготавливать ячеистые структуры нового поколения на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ). Ячеистые материалы нового поколения могут значительно повысить защиту конструкций от ударов благодаря их улучшенной способности поглощать энергию.

С использованием численного решателя LS-Dyna было проведено исследование деформационного поведения ТППМЭ образца с геометрией гироида при ударном нагружении. В качестве материала была использована модель MAT_024 со свойствами конструкционной стали (316L). Как видно из рисунка а, при высокой скорости нагружения (300 м/с) ячеистая структура разделяется на две области. Верхняя часть структуры сминается, образуя при этом ударный фронт (выделено прямоугольником), в то время как нижняя часть испытывает относительно равномерное напряжение и минимальную деформацию. При низкой скорости нагружения (3 м/с) характер деформации соответствует статическому случаю, где высокие напряжения концентрируются преимущественно в объеме структуры (выделено кружками).

В результате высокоскоростного ударного воздействия напряжения, возникающие в основании структуры, намного меньше, чем при скорости нагружения 3 м/с (рисунок б). Образующийся ударный фронт создает временную задержку, которую можно наблюдать на графике. При данном механизме деформации ячеистая структура демонстрирует лучшее в процессе разрушения.



а **б**

Рисунок – (а) Сравнение деформационного поведения структуры с ТППМЭ гироида при двух скоростях нагружения и (б) полученные деформационные кривые

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 20-73-10171.

СИНТЕЗ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ СЛОЁВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ УСТРОЙСТВ

Тарасова М.А.*, *Лебедев С.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: margarita.tarasova02@yandex.ru

SYNTHESIS TRANSPARENT CONDUCTIVE LAYERS TO ELECTROCHROMIC DEVICES

Tarasova M.A.*, *Lebedev S.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Электрохромные устройства (ЭХУ) – это многослойные прозрачные электрохимические системы, способные обратимо изменять свои спектрально-оптические характеристики под действием электрического тока за счёт протекания топохимических окислительно-восстановительных реакций [1].

Функционирование электрохромных устройств реализуется благодаряоптически прозрачным проводникамс высокой электронной проводимостью, что обеспечиваетравномерное распределение электрического заряда по активной площади электрохромного материала.

Наиболее распространённым прекурсором для изготовления прозрачных проводящих слоев на основе диоксида олова золь-гель методом является кристаллогидрат двухлористого олова ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$). Создание коллоидного раствора осуществляется растворениемсоли оловав протонных растворителях. Опираясь на литературные данные [2], в качестве растворителей в данной работе были выбраны этанол и изопропанол.

Нанесение растворов на стеклянные подложки осуществлялось двумя методами: центрифугированием и спрей-пиролизом. Отжиг проводился при температуре 500 °С в течение часа. Плёнки на основе этилового спирта – диэлектрики. Их удельное сопротивление составляло150-200 МОм/см^2. При помощи микроскопа МИМ-7 было установлено, что они имеют островковую структуру, что повлияло на электрические характеристики. С помощью интерференционного микроскопа МИИ-4 была определена толщина плёнок, которая варьировалась в диапазоне 150-200 нм.

Раствор на основе изопропанола после нанесения на подложкуобразовал равномерное покрытие толщиной 180 нм. Пленки, полученные с помощью центрифугирования, обладали удельным сопротивлением 10-20 МОм/см^2, при этом наблюдались газочувствительные свойства. Удельное сопротивление проводящих слоев, полученных методом спрей-пиролиза, составило 400-800 Ом/см^2.

Таким образом, дальнейшая технологическая задача заключается в проработке всех этапов создания прозрачных проводящих плёнок диоксида олова на основе изопропилового спирта методом спрей-пиролиза.

Литература:

1. Лебедев, С.О. Эффект электрического формования электрохромных устройств на основе оксида вольфрама / С.О. Лебедев, В.Ф. Бородзюля // Оптический журнал, 2021.- № 12.- С. 93 - 100.

2. Фадейкина И.Н. Получение тонкопленочных полупроводниковых слоев оксидов металлов золь-гель методом / Фадейкина И.Н., Гломбоцкая Н.В., Широкова А.Д. // Вестник Международного университета природы, общества и человека, 2020. - № 3 (48). - С. 40 – 45.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ СТЕКЛОИОНОМЕРНОГО ЦЕМЕНТА, ГЛУШЁННОГО ФТОРИДОМ АЛЮМИНИЯ

***Тимошенко Д.С.*[1], *Елюкова Н.В.*[2], *Тагильцева Н.О.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[2]*ООО «Кристалл»*

e-mail: linnel.ral@yandex.ru

OPTIMIZATION OF COMPOSITION AND PROPERTIES OF GLASS IONOMER CEMENT MUFFLED WITH ALUMINUM FLUORIDE

***Timoshenko D.S.*[1], *Tagiltseva N.O.*[1], *Ekyukova N.V.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*LLC «Kristall»*

Стеклоиономерный цемент (СИЦ) является материалом для восстановления (пломбирования) полостей зубов и должен отвечать большому количеству требований, как прочностных, так и эстетических. Так как СИЦ предназначен для применения на передних зубах, то он должен хорошо подходить по цвету, чтобы его трудно было отличить от окружающих тканей зуба. Этого можно добиться при соответствующей полупрозрачности и цвете пломбировочного материала. Цвет стеклоиономерных цементов определяется цветовой гаммой стекла. Выбор подходящего цвета и прозрачности представляет трудную задачу, так как на эти свойства влияют оптические свойства материала [1].

С целью импортозамещения ранее были синтезированы образцы СИЦ с допустимыми значениями механических характеристик. Для данных образцов оптимизирован состав для увеличения прозрачности материала, чтобы корректировать цвет с помощью специальных добавок. Проблема непрозрачности может решаться путем снижения содержания алюминия/фосфата и повышением содержания фторида. Однако последнее приведет к разделению фаз стекла. Поэтому для оптимизации свойств варьировалось содержание фосфата.

Были разработаны несколько составов СИЦ с введением оксида фосфора в различных концентрациях и с применением гранулирования шихты. Синтез проводился в открытой газопламенной печи при температуре 1350 °С. Отливка происходила на воду. После выработки полученный стекломатериал сушили при комнатной температуре. Готовый стекломатериал обладал большей прозрачностью, чем ранее полученные образцы.

Для полученных стекломатериалов были проверены рабочее время и время отверждения материала (данные испытания проводились при температуре 21 °С). Для экспериментального СИЦ с сополимерной жидкостью исследуемого образца рабочее время составило 2 минуты 30 секунд и время отверждения 4 минуты 30 секунд, данные значения сопоставимыс образцом СИЦ для воспроизведения свойств.

Был получен стеклоиономерный цемент с большей прозрачностью при высоких механических характеристиках. Синтезированный измельченный материал был передан в стоматологическую компанию для апробации свойств СИЦ.

Литература:

1. Основы стоматологического материаловедения / Ричард ванНурт. - 2-е изд. - Edinburgh: Mosby; [М.]: КМК-Инвест, 2002. - 304 с.

ИЗНОС УЗЛОВ ТРЕНИЯ ИЗ РЕАКЦИОННОСПЕЧЕННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ ПРИ РАБОТЕ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Хорев В.А.[1,2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[2]*ООО «Вириал»*

e-mail: covs1@yandex.ru

WEAR OF REACTION-BONDED SILICON CARBIDE FRICTION UNITS OPERATING IN WATER MEDIA

Khorev V.A.[1,2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Virial LTD*

Узлы трения насосов для перекачки пластовой жидкости функционируют в жестких условиях. Одним из наиболее устойчивых материалов к воздействию пластовой жидкости является реакционноспеченный карбид кремния (РКК).

Цель настоящей работы – исследование процесса коррозионного износа карбида кремния при работе в водной среде.

Трибологические испытания проводили в дистиллированной воде при фиксированной скорости 2500 об/мин и ступенчатом увеличении нагрузки от 250Н до 5500Н с шагом в 250Н [1]. Микрофотографии поверхности трения после испытания получены на металлографическом микроскопе AltamiMet 1С.

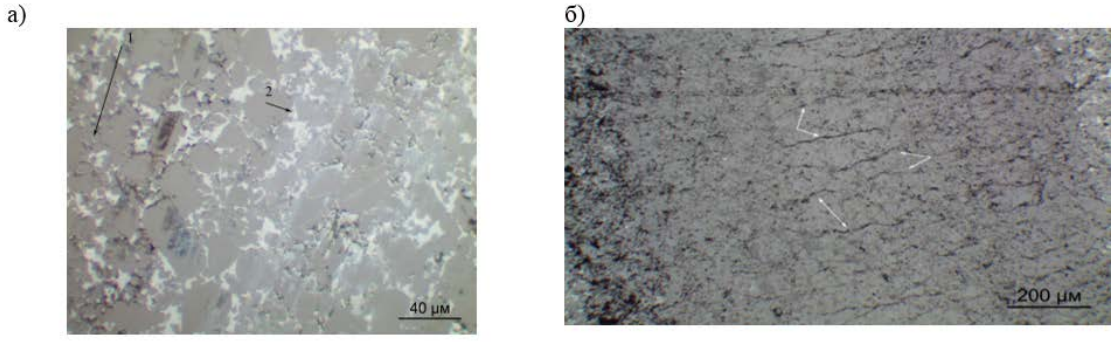


Рисунок – Пленки на поверхности РКК, состоящие из а) кремния; б) оксидов и гидроксидов кремния

На рисунке а) видны зоны «размазывания» кремния по поверхности образца, с образованием тонких пленок (стрелка 2), которые с течением времени, вероятно, окисляются и образуют пленку из оксидов и/или гидроксидов кремния. Последняя в дальнейшем разрушается (трещины указаны стрелками на рисунке б) и удаляется с поверхности трения.

Показано, что коррозионно-механическое изнашивание подшипников в насосах для перекачки пластовой жидкости, изготовленных из РКК, связано с наличием свободного кремния в структуре материала.

Работа выполнена в рамках плановых научно-исследовательских работ ООО «Вириал».

Литература:

1. Хорев, В.А. Отработка методики трибологических испытаний антифрикционных карбидокремниевых материалов / В.А. Хорев, Г.А. Пономаренко // Сборник тезисов VII Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неделя науки-2017» (5-7 апреля 2017 г.) – СПБ.: 2017. – С. 58.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СПРЕЙ-ПИРОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОКСИДНЫХ СЛОЕВ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ И СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ

***Штомпель Н.Е.*[1], *Зайцева С.А.*[1], *Томаев В.В.*[1,2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,*

[2]*Санкт-Петербургский горный университет*

e-mail: kolzyes@gmail.com

DEVELOPMENT OF A SPRAY PYROLYSIS METHOD FOR OBTAINING FUNCTIONAL OXIDE LAYERS OF ELECTROCHROMIC AND SENSOR DEVICES

***Shtompel N.E.*[1], *Zaytseva S.A.*[1], *Tomaev V.V.*[1,2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

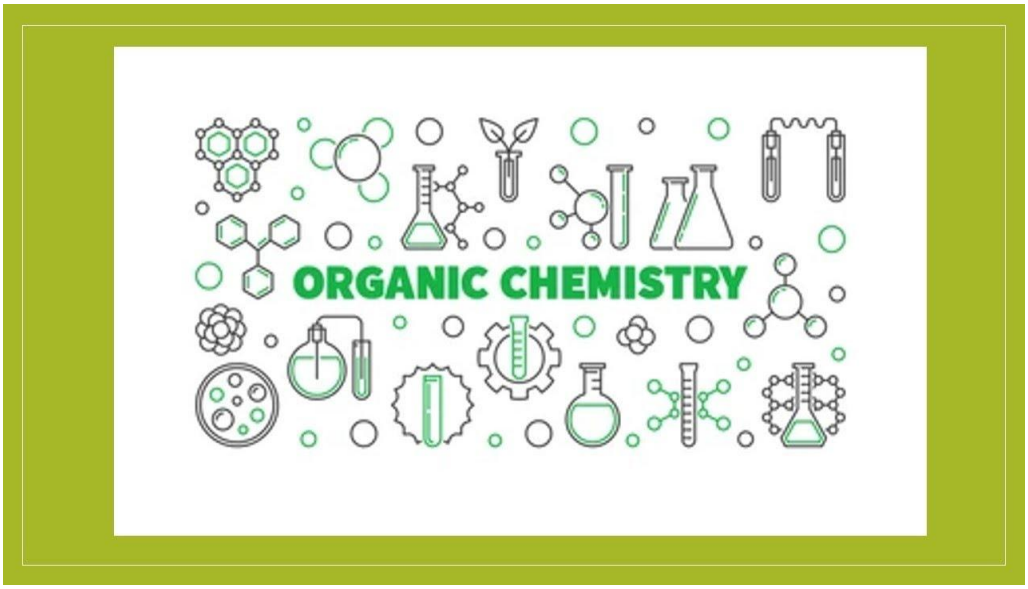
[2]*Saint-Petersburg Mining University*

Субмикронные оксидные слои находят широкое применение в различных областях современной техники. В частности, слои смешанного оксида индия и олова (ITO), легированного фтором оксида олова (FTO) и легированного оксида цинка используют в качестве прозрачных электродов, пленки оксида вольфрама – в электрохромных устройствах, а слои оксидов олова, цинка и вольфрама – в газочувствительных сенсорах. В настоящее время существует большое количество физических и химических методов получения тонких оксидных слоев. Вместе с тем физические методы, к которым относятся различные вакуумные технологии (в частности, магнетронное напыление), являются дорогостоящими и недостаточно масштабируемыми, а химические (осаждение из растворов, золь-гель синтез и т.д.) в большинстве случаев не обеспечивают требуемой воспроизводимости по характеристикам поверхности и толщине. В связи с этим актуальной задачей является разработка экономичных, высокопроизводительных и масштабируемых (в т.ч. импортозамещающих) способов получения функциональных оксидных слоев. Перспективным подходом к решению данной задачи является использование методов спрей-пиролиза, основанных на управляемом распылении аэрозолей компонентов получаемых покрытий в оптимальных условиях (дисперсность, температура, давление, скорость распыления и т.д.), обеспечивающих их взаимодействие друг с другом и/или с поверхностью подложки с формированием однородных слоев требуемого состава с хорошей адгезией к подложке. Важнейшими преимуществами данного метода являются отсутствие необходимости в использовании вакуума, возможность нанесения слоев на большие площади и относительно невысокие температуры процесса (100-500 °C).

Нами разработана и сконструирована лабораторная установка спрей-пиролиза с пневматическим методом создания аэрозолей, включающая систему их автоматического дозирования и регулирования температуры процесса. Данная установка была успешно испытана при нанесении слоя оксида вольфрама (WO_3) из алкозоля полипероксовольфрамовой кислоты на подложку из стекла с проводящим слоем FTO. На основе полученного субмикронного слоя WO_3 было изготовлено электрохромное устройство (ЭХУ), эффективно окрашивающееся в насыщенный синий цвет под действием напряжения 3 В и тока 1 мА в течение около 1 мин и обесцвечивающееся при смене полярности напряжения. Полученный результат перспективен для разработки технологии изготовления ЭХУ различной площади для применения в качестве «умных» энергосберегающих окон с затемняемыми стеклами, специальных иллюминаторов, дисплеев, антибликовых покрытий и т.д.

В настоящее время изучается возможность применения данной методики для изготовления различных оксидных слоев, включая проводящие покрытия на основе оксида олова и сенсорные покрытия для экспресс-определения различных газообразных веществ.

СЕКЦИЯ 3
ОРГАНИЧЕСКАЯ И ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИФИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПИРАЗОЛОПИРИМИДИНОВ МЕТОДОМ ЯМР

Аль Мустафа А., Трибулович В.Г.
Санкт-Петербургский государственный технический институт (технический университет), лаборатория молекулярной фармакологии
e-mail: ammar.almus@hotmail.com

STUDYING THE REDUCTION SPECIFICS OF PYRAZOLOPYRIMIDINES BY NMR METHOD

Al Mustafa A., Tribulovich V.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетрагидропиразоло[1,5-a]пиримидин является привлекательным скаффолдом для создания биологически активных соединений. Наиболее очевидным способом получения таких соединений является восстановление пиразолопиримидинов комплексными гидридами, поскольку пиримидиновое кольцо восстанавливается предпочтительнее, чем пиразольное. Наличие заместителей в положениях 5 и 7 пиразоло[1,5-a]пиримидинов усложняет набор продуктов реакции, но делает ее более привлекательной для медицинской химии, поскольку при восстановлении могут образовываться четыре возможных стереоизомера. При этом в литературе описано образование только *син*-изомеров.

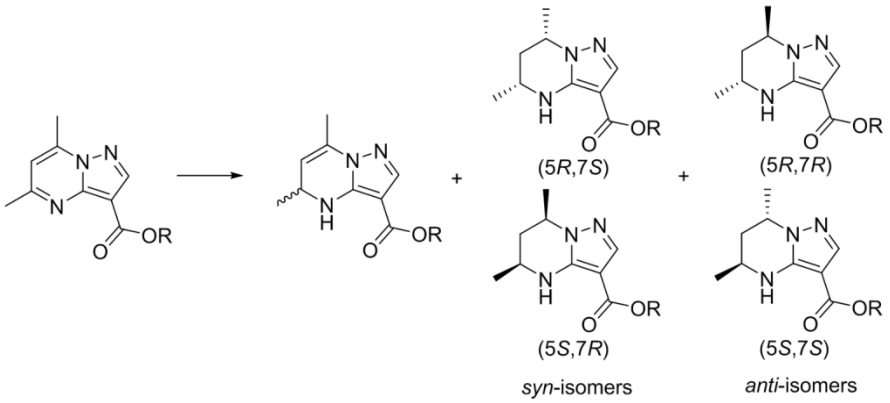


Рисунок – Исследуемая реакция восстановления

В настоящей работе было проведено исследование продуктов реакции восстановления 5,7-диметилпиразоло[1,5-a]пиримидин-3-карбоксилата боргидридом натрия. Все продукты реакции были выделены с помощью флеш-хроматографии и охарактеризованы методом ЯМР спектроскопии. При этом впервые было показано образование *анти*-конфигурированных изомеров наряду с *син*-изомерами. Дальнейшее использование методов двумерной ЯМР спектроскопии позволило выявить конформационные различия между изомерами. Так было показано, что бициклическое ядро восстановленного продукта в *син*-конфигурации является конформационно стабильным. Данный факт был использован для оценки дальних межпротонных расстояний по данным NOESY, при этом впервые зарегистрированы и количественно оценены диполь-дипольные взаимодействия, соответствующие расстоянию между протонами более 6 Å. В то же время бициклическое ядро восстановленного продукта в *анти*-конфигурации представляет собой динамическую систему из двух конформационных состояний. На основе анализа расчетных и экспериментальных данных показано, что в растворе такой изомер подвержен быстрым переходам между двумя конформациями за счет инверсии пиримидинового кольца скаффолда.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА 1-МЕТИЛ- И 2-МЕТИЛ-5-АМИНОТЕТРАЗОЛОВ КАК РЕАГЕНТОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АНСАМБЛЕЙ

Антоненко Д.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота

e-mail: dima.antonenko.97@mail.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF 1-METHYL- AND 2-METHYL-5-AMINOTETRAZOLES AS REAGENTS FOR BIOLOGICALLY ACTIVE HETEROCYCLIC ENSEMBLES

Antonenko D.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные тетразола являются действующими веществами высокоэффективных препаратов, использующихся на современном мировом фармацевтическом рынке. Например, это антигипертензивный препарат (лозартан), блокатор гистаминовых рецепторов (пемиропласт) и анальгетик альфентанил [1] (рисунок 1).

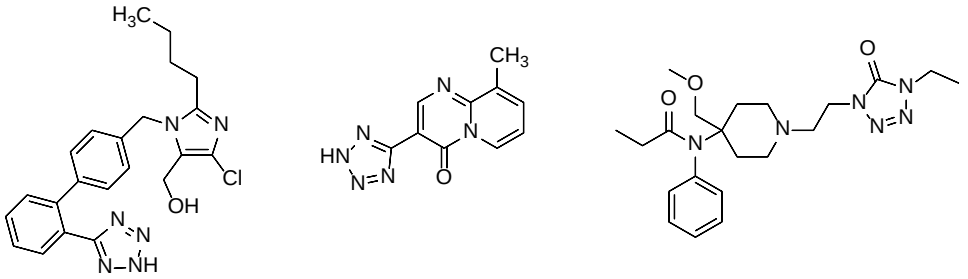
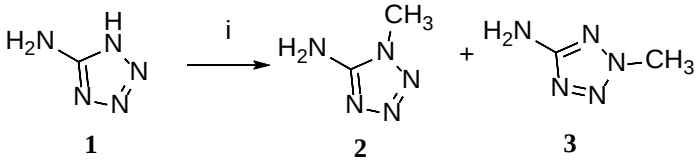


Рисунок 1 – Тетразолил содержащие препараты

Особое внимание привлекают региоизомерные N-алкил-5-замещенные тетразолы, которые являются перспективным фармакофорными фрагментами активных ингредиентов известных лекарственных средств, а также перспективных лекарственных кандидатов [1]. В настоящей работе в результате алкилирования диметилсульфатом N*H*-незамещенного 5-аминотетразола **1** в водном растворе NaOH при текущем контроле pH реакционной среды была получена смесь региоизомеров 1-метил- **2** и 2-метил-5-аминотетразов **3** (рисунок 2). Региоизомеры **2** и **3** были выделены из смеси состава 2/3 = 55:45 (по данным ^{1}НЯМР) дробной кристаллизацией.



i: NaOH-H_2O (pH-control), DMS, reflux, 1h, **2**:**3**,%=55:45.

Рисунок 2 – Алкилирование 5-аминотетразола диметилсульфатом

Строение и индивидуальность соединений **2** и **3** подтверждали данными спектроскопии ^{1}H, ^{13}C ЯМР, ИК-спектроскопии, термогравиметрического анализа.

Литература:

1. Popova, E.A.; Trifonov, R.E.; Ostrovskii, V.A. Tetrazoles for Biomedicine. Russ. Chem. Rev. 2019, 88, 644–676.

СИНТЕЗ И ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНАЯ ЦИКЛИЗАЦИЯ 5-АМИНОМЕТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ МЕТИЛ 2-ЭТОКСИКАРБОНИЛМЕТИЛСУЛЬФОНИЛМЕТИЛ-3-ФУРОАТА

***Бондарцева А.А.*, Певзнер Л.М., Петров М.Л.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии

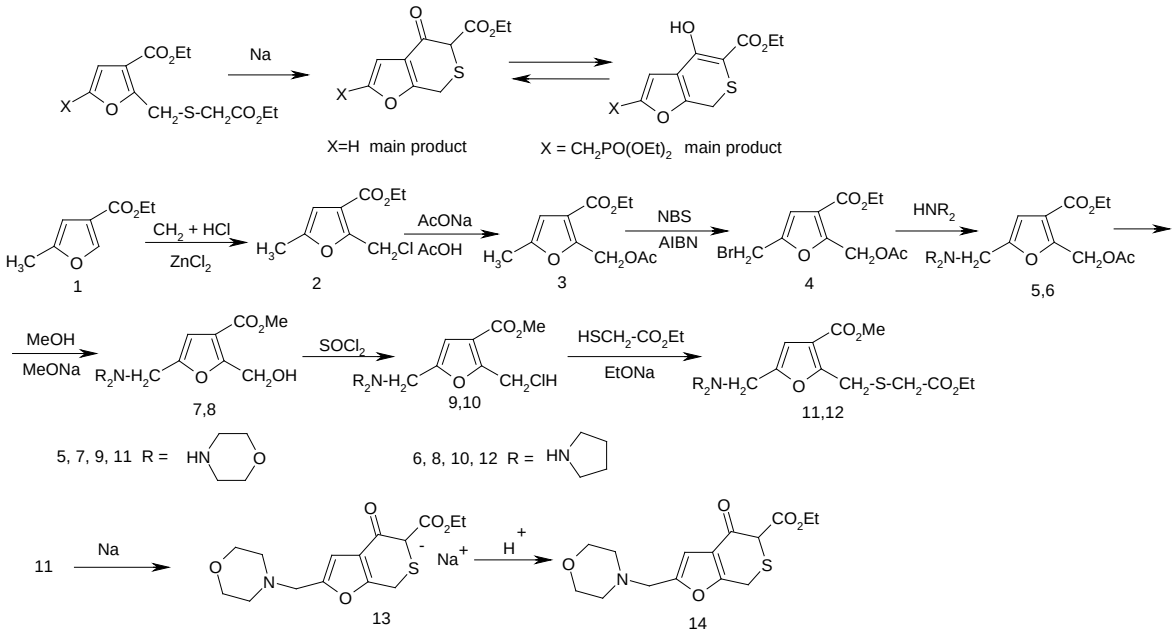
e-mail: pevzner_lm@list.ru

SYNTHESIS AND INTRAMOLECULAR CYCLIZATION OF 5-AMINOMETHYL DERIVATIVES OF METHYL 2-ETHOXYCARBONYLMETHYLSULFONYLMETHYL-3-FUROATE

***Bondartseva A.A.*, Pevzner L.M., Petrov M.L.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные 4,7-дигидро-5*H*тиопирано[3,4-b]фурана постоянно привлекают к себе внимание. Один из доступных методов их синтеза – внутримолекулярная конденсация Кляйзена [1]. Оказалось, что возможность циклизации и строение получающегося вещества зависят от природы заместителя в положении 5 фурана [1,2]. Мы решили изучить влияние аминометильной группы положении 5 фурана на протекание циклизации. Исходя из эфира **1** были синтезировано сульфиды **11** и **12**. Циклизацию проводили с помощью натриевой фольги в бензоле. Циклическая соль **13** в растворе ДМСО существует в карбанионной форме. Циклизация фуроата с пирролидиновым заместителем в 5 положении не идет, продукт металлирования имеет линейное строение. Строение всех продуктов подтверждено спектрами ЯМР и масс-спектрами (ESI).



Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (FSEN-2023-0002).

Литература:

1. Певзнер Л.М., Степанова Н.П.// ЖОХ. 2020. Т. 90. Вып. 2. С. 173. DOI 10.31857/S0044460X2002002X

2. Бондарцева А.А., Певзнер Л.М. / Синтез и внутримолекулярная циклизация этил 2-этоксикарбонилметилсульфанилметил-3-фуроата // Сборник тезисов XIII научно-технической конференции «НЕДЕЛЯ НАУКИ», СПбГТИ. – 2023. С. 68.

ПОЛУЧЕНИЕ 2,2-БИС(4-ГИДРОКСИФЕНИЛТИО)ПРОПАНА В ОСНО́ВНЫХ УСЛОВИЯХ

Викторов Н.Б.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии

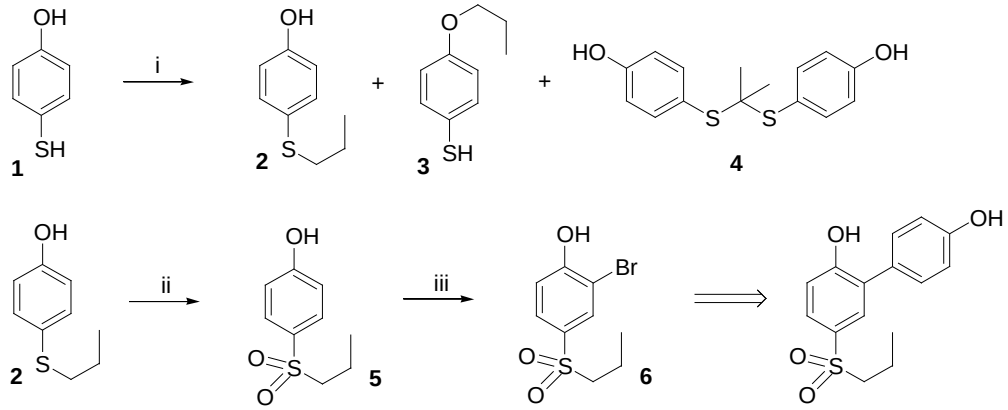
e-mail: kolki@mai.ru

OBTAINING OF 2,2-BIS(4-HYDROXYPHENYLTHIO)PROPANE IN BASIC CONDITIONS

Viktorov N.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Продолжая наши исследования [1] по синтезу аналогов природного бисфенольного соединения хонокиола (3’,5-ди(проп-2-ен-1-ил)-1,1’-бифенил-2,4’-диол), проявляющего противовоспалительную и нейропротекторную активность, мы столкнулись с необходимостью синтезировать неизвестный ранее 2-бром-4-(н-пропилсульфонил)фенол **6**. Для алкилирования исходного 4-меркаптофенола **1** по атому серы в литературе предлагается классическая система н-пропилбромид-поташ-ацетон [2]. При проведении этой реакции нами было обнаружено, что кроме ожидаемого главного продукта 4-(н-пропилтио)фенола **2** и побочного 4-(н-пропокси)тиофенола **3** образуется значительное количество третьего вещества. Оно было нами идентифицированно как 2,2-бис(4-гидроксифенилтио)пропан **4**, так как растворитель ацетон проявил себя дополнительно как реагент. Для синтеза тиокеталей в литературе известны реакции кетонов с тиолами в кислой среде или с кислотными катализаторами. Здесь же побочная «вредная» реакция протекала в основных условиях. Замена растворителя на спирт или ДМФА приводит к прекращению нецелевого использования исходного 4-меркаптофенола.



i: n-PrBr, ацетон, 20 °C, 16h; ii: Oxone, MeOH-H_2O, 20 °C, 4h; iii: Br_2, DCM.

Окисление полученного сульфида **2** оксоном дало сульфон **5**, который бромированием превращен в необходимый для сочетания Сузуки бромид **6**.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (госзадание FSEN-2023-0002).

Литература:

1. Vaulina D.D., Stosman K.I., Sivak K.V., Aleksandrov A.G., Viktorov N.B., KuzmichN.N., Kiseleva M.M., Kuznetsova O.F., Gomzina N.A. // *Molecules* 2021, 26(21), 6630

2. Okaniwa, Masanori; et al // patent WO2015159937 A1, 2015-10-22

СИНТЕЗ ДИЭТИЛ(5-АМИНО-1*H*-1,2,4-ТРИАЗОЛ-1-ИЛ)ФОСФОНАТОВ

Воронина Д.Ю.*, *Крылов А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии

e-mail:dvoronina285@yandex.ru

SYNTHESIS OF DIETHYL(5-AMINO-1*H*-1,2,4-TRIAZOL-1-YL)PHOSPHONATES

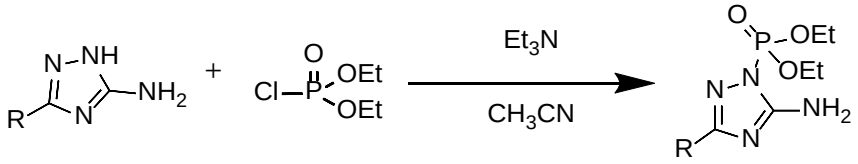
VoroninaD.Yu.*, *Krylov A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гетероциклические соединения на основе 1,2,4-триазольного скаффолда обладают множеством видов биологической активности, таких как антимикробная, противораковая, противосудорожная и других.

Известно, что аминотриазолы легко реагируют с электрофилами в присутствии оснований, причем в роли реакционного центра может выступать любой из атомов азота цикла.

Ранее нами было проведено исследование взаимодействия1*H*-1,2,4-триазол-5-аминов с диэтилхлорфосфатом. Установлено, что реакция проходит селективнопоэндоциклическому атому азотаN^1 триазольного цикла. В данной работе мы расширили ряд исходных 1*H*-1,2,4-триазол-5-аминов.



R: 4-Cl-Ph, 3-NO_2-Ph

Реакцию проводили при комнатной температуре в присутствии триэтиламина в среде безводного ацетонитрила в атмосфере аргона. Полученные диэтил(5-амино-1*H*-1,2,4-триазол-1-ил)фосфонаты имеют кристаллическую структуру, но легко гидролизуются из-за лабильности P–Nсвязи. Подобная лабильность связи отмечается в *N*-замещенных дифенилфосфинамидах [1].

Строение полученных соединений было доказаноспектроскопией ^{1}H, ^{31}P, ^{13}C ЯМР, а также масс-спектроскопией. Химический сдвиг фосфора диэтилхлорфосфата составляет δ_P4.39м.д., в диэтил(5-амино-1*H*-1,2,4-триазол-1-ил)фосфонатах находится в области –8 м.д.($CDCl_3$). Положение фосфорильного заместителя в кольце было установлено по величинам КССВ углеродов триазольного цикла с фосфором в спектрах ^{13}C ЯМР ($^{2}J_{CP}$ 16 Гц, $^{3}J_{CP}$ 10 Гц).

Для оценки возможности использования полученных фосфорилированных триазолов в качестве инсектицидных препаратовбыло проведено изучение аффинности их комплексов с ацетилхолинэстеразой (интернет-сервис Mcule [https://mcule.com]). Высокая афинность лигандов с R = 4F-Ph, 2Cl-Ph, 4Cl-Ph, 3NO_2-Ph (docking score< –8.0) свидетельствует о перспективности разработки потенциальных инсектицидов на основе фосфорилированных 1,2,4-триазолов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002).

Литература:

1. Koizumi T., Haake P. // J. Am. Chem. Soc. 1973. Vol.95. N 24. P. 8073.

ФОСФОНИЛИРОВАНИЕ ГИДРАЗИДОВ ДВУХОСНОВНЫХ КИСЛОТ

***Герасимова Е.А.*, Рак Р.Д., Егоров Д.М.**
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии
e- mail: spiridon.41@mail.ru

PHOSPHONYLATION OF DISBASIC ACID

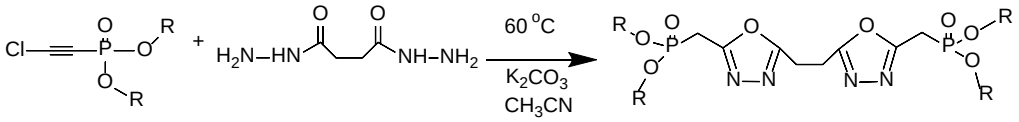
Gerasimova E.A., Rak R.D., Egorov D.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

1,3,4-Оксадиазолы проявляют широкий спектр биологической активности, что делает их перспективными для применения в качестве эффективных ингибиторов глутамат-5-полуальдегиддегидрогеназы, аспульвинон диметилаллилтрансферазы и сахарофосфатазы [1].

В связи с этимвостребованность разработки новых и усовершенствованиясуществующих подходов к синтезу 1,3,4-оксадиазолов обусловлена многофакторным медицинским действием последних.

Данная работа посвящена новому подходу к синтезу бис-1,3,4-оксадиазолов реакцией диалкилхлорэтинилфосфонатов с гидразидами двухосновных кислот алифатического ряда. Классические подходы к созданию 1,3,4-оксадиазольного цикла базируются на многостадийных реакциях, кроме того, описанные в литературе подходы, позволяющие реализовать формирование целевого гетероциклического ядра с участием тройной связи, подразумевает либо наличие трудноосуществимых условий проведения реакций, либо дорогостоящих катализаторов. Разрабатываемый подход позволяет в мягких условиях, одностадийно, без использования катализаторов получить 1,3,4-оксадиазольный цикл.

Реакция проходит в безводном ацетонитриле, при температуре 60 °С, при интенсивном перемешивании в присутствии эквивалентного количества карбоната калия. Контроль протекания реакции осуществляется по данным ЯМР-спектроскопии ^{31}P, время полного протекания реакции составляет 6-8 часов.



1 a, b
R=CH_3 (a), CH_3CH_2 (b)

2

3 a, b

Строение полученных фосфонатов (3a, b) доказано по данным спектроскопии ЯМР на ядрах ^{1}H, ^{13}C, ^{31}P. Химические сдвиги δ_P полученных соединений представлены в характерной области ~20 м.д.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (FSEN-2023-0002) с использованием оборудования ИЦ СПбГТИ(ТУ).

Литература:

1. Patent IT 029633-A, 2011.

СИНТЕЗ И ФОСФОНИЛИРОВАНИЕ 4,6-ДИАРИЛ-3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2(1*H*)-ТИОНОВ

Данилик А.Д., Скрылькова А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии

e-mail: danilik.anastasia@yandex.ru

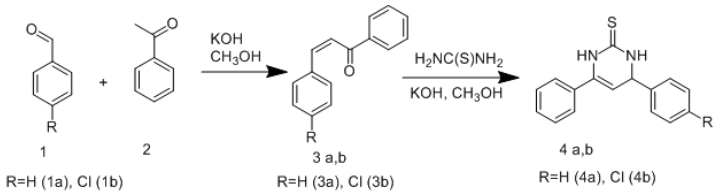
SYNTHESIS AND PHOSPHONYLATION OF 4,6-DIARYL-3,4-DIHYDROPIRYMIDINE-2(1*H*)-THIONES

Danilik A.D., Skrylkova A.S.

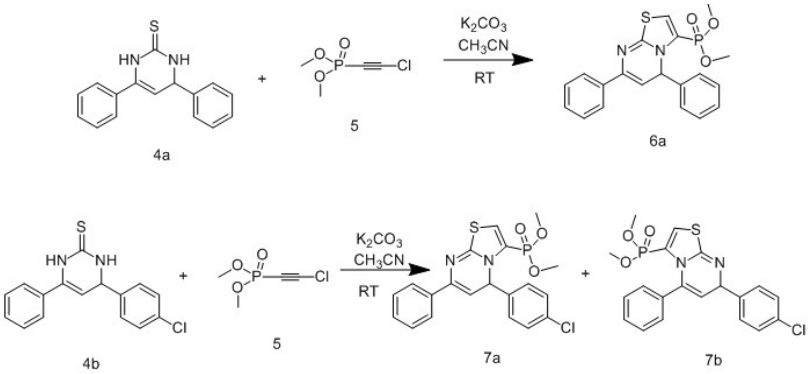
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные пиримидина обладают широким спектром биологической активности, что делает их перспективными объектами для модификации. Введение фармакофорных групп в структуру пиримидинового кольца может увеличить их противовирусные, противомикробные, противоопухолевые и другие свойства. Поэтому модификация производных пиримидинового ряда является актуальной задачей для исследования.

Нами были получены халконы (3a,b) взаимодействием ацетофенона (2) с соответствующим бензальдегидом (1 a,b). Далее соединения (3a,b) были введены в реакцию с тиомочевиной в 20 % метанольном растворе гидроксида калия, что привело к образованию 4,6-диарил-3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-тионов (4a,b).



Фосфонилирование 4,6-дифенил-3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-тиона (4a)диметилхлорэтинилфосфонатом (5) идет селективно и приводит к получению соответствующего фосфонилированного тиазоло[3,2-*a*]пиримидина (6a). А взаимодействие диметилхлорэтинилфосфоната (5) с 4-(4-хлорфенил)-6-фенил-3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-тионом (4b)приводит к образованию 2 изомерных продуктов (7a, b).



Строение полученных соединений подтверждено методом ЯМР-спектроскопии на ядрах ^{1}H, ^{13}C и ^{31}P.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (FSEN-2023-0002) с использованием оборудования ИЦ СПбГТИ (ТУ).

РАЗРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ВАРЬИРОВАНИЯ АЛКИЛЬНОГО ФРАГМЕНТА COMPOUND C

Дарвиш Ф.*, *Трибулович В.Г.
Санкт-Петербургский государственный технический институт (технический университет), лаборатория молекулярной фармакологии
e-mail: futoun.darwish@gmail.com

DEVELOPMENT OF A SYNTHETIC APPROACH FOR VARYING THE ALKYL FRAGMENT OF COMPOUND C

Darwish F.*, *Tribulovich V.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Compound C представляет собой производное пиразоло[1,5-a]пиримидина и является одним из двух известных ингибиторов АМФ-активируемой протеинкиназы, доступных для исследователей на сегодняшний день (Рисунок 1). Данное соединение было выявлено в ходе высокопроизводительного скрининга, в связи, с чем зависимость структура-активность для него не изучалась. Также в литературе не описаны воспроизводимые методы синтеза данного соединения.

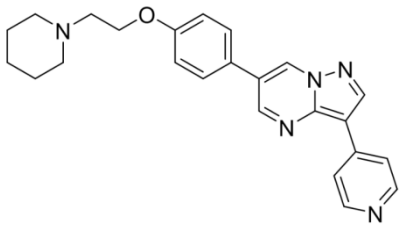


Рисунок 1 – Структура Compound C

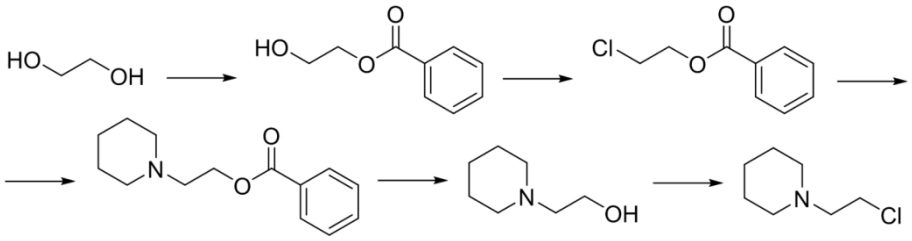


Рисунок 2 – Схема синтеза алкильного фрагмента

Ранее нами была разработана синтетическая схема, позволяющая получать гетероциклическое ядро Compound C и его аналогов [1]. В данной работе основной целью стала разработка схемы синтеза лабильного алкильного заместителя, что позволяет варьировать данный фрагмент с целью определения его вклада в биологическую активность Compound C. В ходе исследования была разработана методика синтеза алкильного фрагмента Compound C в пять стадий согласно схеме (Рисунок 2). Использование на первой стадии вместо 1,2-этандиола различных гликолей позволяет варьировать длину и состав алкильной цепи, тогда как варьирование азотсодержащего фрагмента может достигаться путем использования циклических и ациклических вторичных аминов на третьей стадии синтеза. В результате работы было синтезировано 9 различных фрагментов, которые в дальнейшем будут использованы в реакции О-алкилирования для получения аналогов Compound C.

Литература:

1. Novikova D.S., Darwish F., Grigoreva T.A., Tribulovich V.G. Development of a reproducible and scalable method for the synthesis of biologically active pyrazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives // Russ. J. Gen. Chem. – 2023. – Vol. 93. – No. 5. – P. 1040–1049.

ФОТОФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АНИОННЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ ИНДИЯ (III)

Деркачева А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: derkalexandra@yandex.ru

PHOTOPHYSICAL AND PHOTOCHEMICAL PROPERTIES OF INDIUM (III) PHTHALOCYANINES

Derkacheva A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Металлофталоцианины известны в качестве фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии рака и антибактериальной фотодинамической терапии. В настоящий момент ведется активное изучение влияния заместителей на фотофизико-химические свойства фотосенсибилизаторов. Однако, анионные тетразолсодержащие фталоцианины не встречаются в литературе.

Известно, что металлофталоцианины, имеющие *d*-металлы в качестве центрального иона, обладают повышенным значением времени жизни возбужденного триплетного состояния, что повышает квантовый выход синглетного кислорода.

Ранее были получены две тетранатриевые соли 1(4),8(11),15(18),22(25)-тетракис[3-(1*H*-тетразол-5-ил)феноксиа]фталоцианина индия (III) хлорида (**1**) и 2(3),9(10),16(17),23(24)-тетракис[3-(1*H*-тетразол-5-ил)феноксиа]фталоцианина индия (III) хлорида (**2**). Для обоих соединений были проведены исследования генерации синглетного кислорода в ДМСО и воде с Тритон Х-100 (0,1%). В качестве сравнения были использованы сульфированный фталоцианин цинка и препарат «Фотосенс».

Таблица – Фотофизико-химические свойства полученных фталоцианинов

Фотосенсибилизатор		ZnPcSmix	«Фотосенс»	**(1)**	**(2)**
Φ_Δ	Вода+ТХ-100	0.69	0.36	0.71	0.80
	ДМСО	0.69	0.38	0.46	0.77
λ_{max}, нм	Вода+ТХ-100	675	678	698	697
	ДМСО	675	676	697	696

На основании полученных данных можно сделать вывод, что фталоцианин (**2**) является наиболее перспективным фотосенсибилизатором для фотодинамической терапии рака, поскольку он обладает лучшими значениями генерации синглетного кислорода как в воде, так и в ДМСО.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МОРФОЛИНА И 2,2’-ДИХЛОРДИЭТИЛОВОГО ЭФИРА НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ В РЕАКЦИИ АЛКИЛИРОВАНИЯ

Дружинин В.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

e-mail: druzhinin.vd@yandex.ru

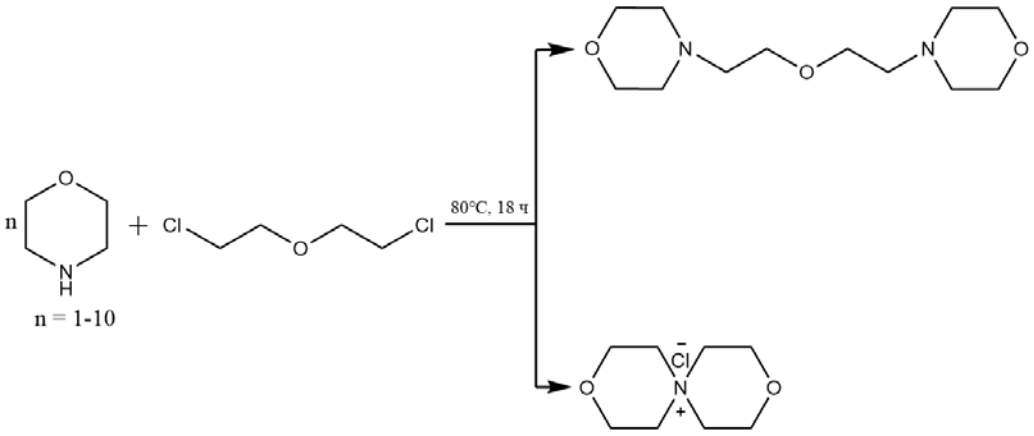
EFFECT OF THE CONCENTRATION OF MORPHOLINE AND 2,2’-DICHLORODIETHYL ETHER ON THE COMPOSITION OF THE PRODUCTS IN THE ALKYLATION REACTION

Druzhinin V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При взаимодействии морфолина и 2,2'-дихлордиэтилового эфира (хлорекса) возможно получение разных продуктов в зависимости от изначального взятого мольного соотношения. При двухкратном мольном избытке морфолина по отношению к хлорексу в результате реакции образуется спиросоединение 3,9-диокса-6-азониаспироундеканхлорид с выходом 88 % [1]. В то время как десятикратный мольный избыток морфолина приводит к образованию, помимо спиросоединения, диморфолинодиэтилового эфира с выходом 45 % (ДМДЭЭ).

Промежуточным продуктом в реакции является монопроизводное 2-морфолино-2’-хлордиэтиловый эфир. Оно является более сильным основанием, чем морфолин, вследствие чего происходит циклизация, то есть образование 3,9-диокса-6-азониаспироундеканхлорида. Этим обусловлена возможность получения различных продуктов.



Спиросоединение азота может использоваться в качестве катализатора фазового переноса, ингибитора коррозии [2]. ДМДЭЭ используется как катализатор вспенивания в производстве полиуретановых пен.

Литература

1. Аскеров, Н.Д. Взаимодействие дигалогенэфиров с морфолином. / Н.Д. Аскеров, П.А. Гурбанов, С.М. Мовсумзаде, М.М. Мовсумзаде, Г.Х. Ходжаев // Азербайджанский химический журнал. - №3. – 1979. – С. 53-58.

2. Патент № 591477 СССР, УДК 547.867.4.07 (088.8), C07D 498/10. 3,9 – Диокса – 6 – Азониаспироундеканталогениды и способ их получения: № 2379991/23-04: 25.06.76: опубл. 31.01.78 / Аскеров Н.Д., Гурбанов П.А., Мовсумзаде М.М., Ходжаев Г.Х.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ 4-ТРЕТБУТИЛФЕНОЛА ПЕРСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ И ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИИ СУПЕРОКСИДА ТИТАНА

Дунец Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

e-mail: dunets.ekaterina@yandex.ru

STUDY OF THE OXIDATION OF 4-TERT BUTYLPHENOL WITH AMMONIUM PERSULFATE AND HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF TITANIUM SUPEROXIDE

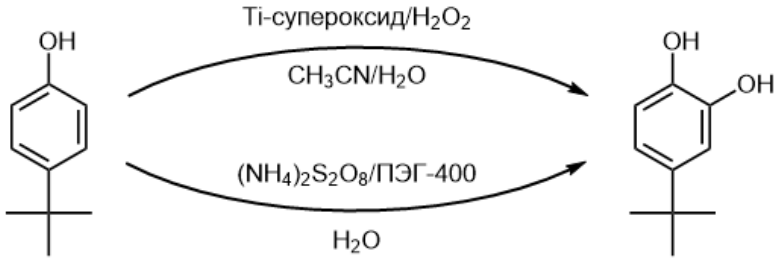
Dunets E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology,

4-третбутилкатехин (4-ТБК) используется для производства резинотехнических изделий (РТИ), каучуков, жиров и мыл. Помимо этого, 4-ТБК является одним из самых эффективных ингибиторов полимеризации для изопрена, бутадиена, стирола.

Основным способом получения 4-ТБК является алкилирование пирокатехина олефинами или спиртами в присутствии серной кислоты или катионитной смолы при 120-140 °С. Недостатками метода является образование ди- и триалкилпроизводных пирокатехина, которые тяжело отделить из-за близких температур кипения с 4-ТБК, использование импортного сырья – пирокатехина, образование сточных вод, коррозия аппаратуры.

Нами рассмотрены 2 способа получения 4-ТБК из 4-третбутилфенола (4-ТБФ) с применением: 1) пероксида водорода и супероксида титана в качестве катализатора; 2) персульфата аммония и ПЭГ-400:



Синтез по первому способу осуществляли при температуре 50 °С, изменяя мольное отношение H_2O_2/4-ТБФ (0,8-34), время дозирования H_2O_2 (20-90 мин) и массовое содержание свежеприготовленного супероксида титана.

В результате было выяснено, что супероксид титана способствует окислению даже в малых количествах, о чем свидетельствуют сильные изменения температуры в ходе реакции. Большое влияние на разрушение бензольного кольца оказывает скорость дозирования H_2O_2. Время дозирования H_2O_2 должно быть не менее 40 минут. Большое избыточное содержание H_2O_2 также вызывает разложение 4-ТБФ до смеси алифатических соединений, что видно на ^{1}Н и ^{13}С ЯМР.

Второй способ получения 4-ТБК из 4-ТБФ и персульфата аммония осуществляли в присутствии катализатора ПЭГ-400.

Синтезы проводились при 20-40 °С; в стехиометрическом количестве персульфата аммония и его избытке. Во время реакции образуется побочный продукт, предположительно линейного строения. В данных условиях происходит окисление с разрушением ароматической структуры, что видно на ^{1}Н и ^{13}С ЯМР.

Таким образом, по обоим способам необходимо оптимизировать температуру, мольные отношения H_2O_2/4-ТБФ и $(NH_4)_2S_2O_8$/4-ТБФ, а также время дозирования для обеспечения большей селективности реакции.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОКСИМЕТАНСУЛЬФИНАТА НАТРИЯ ЧЕРЕЗ ОБРАЗОВАНИЕ НАТРИЙ БИСУЛЬФИТ-ФОРМАЛЬДЕГИДА

Дунец Е.В.*, *Галицкая В.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

e-mail: dunets.ekaterina@yandex.ru

STUDY OF THE FORMATION OF SODIUM HYDROXYMETHANESULFINATE THROUGH THE FORMATION OF SODIUM BISULFITE-FORMALDEHYDE

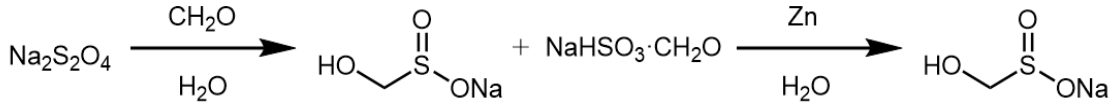
Dunets E.V., Galitskaya V.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гидроксиметансульфинат натрия (ронгалит С) используется в производстве синтетического каучука в качестве инициатора полимеризации, в текстильной промышленности при отделке тканей и многих других отраслях промышленности.

Известен способ получения ронгалита С, заключающийся в гидрировании оксиметилсульфоната в присутствии никеля в качестве катализатора на кизельгуре при 120 атм и 50 °С, процесс длится 40 ч. Также ронгалит получают в результате взаимодействия формальдегида, цинка и двуокиси серы в воде с последующей обработкой реакционной смеси цинком и едким натром. Недостатками этих способов является длительность процесса и относительно невысокий выход продукта [1].

В докладе рассмотрен способ получения ронгалита С из дитионита натрия, формальдегида и цинковой пыли.



Дозирование формальдегида проводили при температуре не выше 40 °С, поскольку при более высокой температуре может произойти разложение $Na_2S_2O_4$. Выдержку осуществляли при температуре 90-100 °С. В ходе реакции образуется ронгалит С и натриевая соль бисульфит-формальдегид ($NaHSO_3 \cdot CH_2O$), которая при взаимодействии с цинковой пульпой образует ронгалит С. По ^{13}C ЯМР следует, что реакция идет не до конца, поскольку в смеси остается $NaHSO_3 \cdot CH_2O$, которая не вступает в реакцию с цинком.

Возможными причинами этого является сильнощелочная среда, неправильно подобранное количество цинковой пыли и формалина. Щелочную среду предположительно можно объяснить образованием таких солей, как $Na_2S_2O_3$, Na_2SO_3, которые впоследствии разрушаются на серу и SO_2, что сильно повлияло на выход и среду реакционной массы. Подкисление среды HCl до pH~5 не поспособствовало образованию продукта. Изменение мольного соотношения $Zn/Na_2S_2O_4$ (0,5-1) и $CH_2O/Na_2S_2O_4$ (2-2,5) на ход реакции не повлияло, то есть цинк не прореагировал, и $NaHSO_3 \cdot CH_2O$ осталась в смеси. При проведении процесса при температуре выше 110 °С происходит разложение образовавшегося ронгалита С.

Таким образом, необходимо оптимизировать температуру процесса и провести эксперименты с разными вариациями дозирования компонентов.

Литература:

1. Авторское свидетельство № 941356 СССР, МПК С07С 145/00. Способ получения ронгалита: № 2958615/23-04: заявл. 11.07.1980: опубл. 07.07.1982 / Александрова А.Н., Буданов В.В., Макаров С.В., Поленов Ю.В. – 6 с.: ил. – Текст: непосредственный.

МОДИФИКАЦИЯ 5-((1-(2,4-ДИХЛОРБЕНЗИЛ)-1Н-ИНДОЛ-2-ИЛ)МЕТИЛЕН)-2-ТИОКСОДИГИДРОПИРИМИДИН-4,6(1Н,5Н)-ДИОНА

Епифанцева В.Э.*, *Скрылькова А.С.*, *Егоров Д.М.

Санкт-Петербургский государственный технологических институт (технический университет), кафедра органической химии)

e-mail:lera.epifantseva@mail.ru

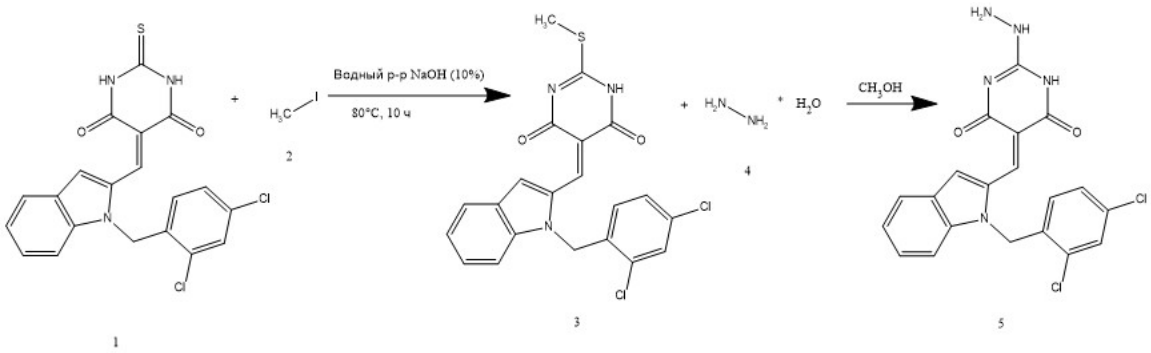
MODIFICATION OF 5-((1-(2,4-DICHLOROBENZYL)-1H-INDOL-2-YL)METHYLENE)-2-THIOXODIHYDROPYRIMIDINE-4,6(1H,5H)-DIONE

Epifantseva V.E.*, *Skrylkova A.S.*, *Egorov D.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные, содержащие в своем составе пиримидиновое ядро,находят применение в широком ряде областей науки, особую роль они играют в медицине и фармакологии, так как участвуют во многих биологических процессах. Среди производных пиримидина в последнее время наблюдается большой интерес к продуктам конденсации тиобарбитуровой кислоты с альдегидами, подобная модификация зачастую приводит к расширению спектра биологической активности конечных соединений, а также позволяет их использовать в качестве платформ для создания ещеболее сложных биологически активных соединений. Поэтому разработка новых подходов к модификации производных тиобарбитуровой кислоты является актуальной задачей органической химии.

Взаимодействием производного тиобарбитуровой кислоты (1) с йодистым метилом (2) в среде 10 % водного раствора гидроксида натрия был получен S-метильный продукт (3). Реакция проводилась при 80 °С в течение 10 часов.Далее к (Z)-5-((1-(2,4-дихлорбензил)-1*H*-индол-2-ил)метилен)-2-(метилтио)пиримидин-4,6(1*H*,5*H*)-диону добавляли избыток гидразин гидрата в среде абсолютированного метанола. Выход продукта составил 85 %.



Строение полученных соединений было подтверждено данными и ЯМР-спектроскопии на ядрах ^{1}H и ^{13}C.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSEN-2023-0002) с использованием оборудования Инжинирингового Центра СПбГТИ (ТУ).

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕТРАНАТРИЕВОЙ СОЛИ ТЕТРАКИС[4-(-1*H*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИЛ)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНА ХЛОРИДА ИНДИЯ

Иванова Мар.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: masichkamasha@icloud.com

SYNTHESIS OF TETRA SODIUM SALT TETRAKIS[2-METHOXY-4-(-1H-TETRAZOLE-5-YL)PHENOXY]INDIUM CLORIDE PHTHALOCYANINE

Ivanova Mar.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фталоцианины и их металлкомплексы широко применяются в качестве красителей, фотокатализаторов и фотополупроводников, а также в качестве фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии рака [1]. Из всего многообразия азотсодержащих замещенных фталоцианинов информация о них с тетразольным заместителем практически отсутствует. В связи с этим представляется необходимость в поиске методов синтеза этих соединений. Замещенный фталоцианин цинка был получен тетрамеризацией соответствующего фталонитрила в пентаноле с каталитической добавкой ДБУ по схеме, представленной на рисунке.

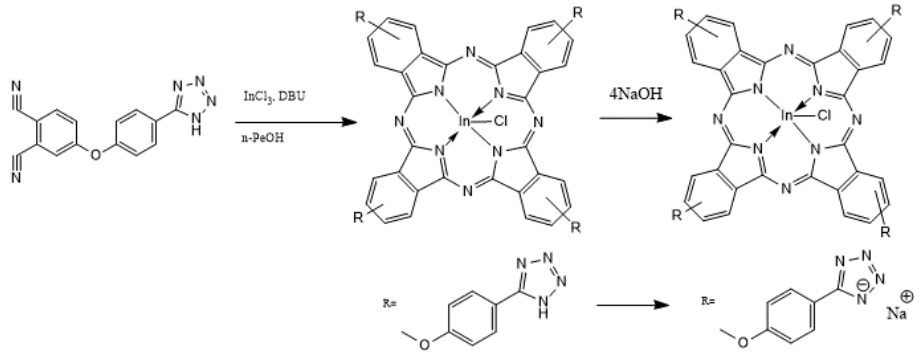


Рисунок – реакция получения тетраксис-(4-(1Н-тетразол-5-ил)фенокси)фталоцианина цинка и его тетранатриевой соли.

Один из критериев выбора фотосенсибилизатора — растворимость в воде. Поэтому фталоцианин, который является пигментом, мы обработали водным раствором щелочи и перевели в водорастворимую форму в виде натриевой соли.

Были изучены фотофизико-химические свойства полученной соли в ДМСО и воде (с добавлением 1 % Тритон Х-100). Закон Бугера-Ламберта-Бера соблюдается в диапазоне концентраций до $27{,}85*10^{-6}$моль/л в ДМСО. Квантовый выход генерации синглетного кислорода составил 0,81 и 0,75 в ДМСО и воде соответственно. Квантовые выходы определяли относительным методом с использованием «ловушек», в качестве стандарта использовали незамещенный фталоцианин цинка(0,67 в ДМСО) и сульфированный цинковый комплекс фталоцианина(0,54 в воде). Таким образом, впервые полученный фталоцианин хлорида индия с пара-тетразолилфенилокси группами является потенциальным фотосенсибилизатором для ФДТ.

Литература:

1. Ziminov, A.V. Synthesis of 4-(4-hydrazinylphenoxy)phthalonitrile and phthalonitriles on its basis containing N-heterocycles / A.V. Ziminov, D.I. Pudova, A.I. Kolganova, M.A. Stretovich, M.A. Furman, S.M. Ramsh // Macroheterocycles, - 2015. – Vol. 8. – P. 26-31.

СИНТЕЗ ТЕТРАНАТРИЕВОЙ СОЛИ ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА

Кантерман А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: kanterman.anya@yandex.ru

SYNTHESIS OF TETRASODIUM SALT OF ZINC PHTHALOCYANINE

Kanterman A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фталоцианины используются в широком спектре передовых технологий. Так как металлофталоцианины являются фотосенсибилизаторами, то они используются в фотодинамической терапии (ФДТ) и антибактериальной ФДТ.

Сами по себе фталоцианины имеют достаточно низкую растворимость в различных растворителях, поэтому использование фталоцианина в качестве ФС возможно, при наличии заместителей в периферийных положениях, которые буду повышать растворимость соединений.

Большой интерес вызывает химия биологически активных соединений, содержащих в молекулярной структуре тетразольный цикл. Использование тетразолов придает большую растворимость соли фталоцианина в различных растворителях, что является одним из необходимых условий применения фталоцианина в качестве сенсибилизатора (рисунок).

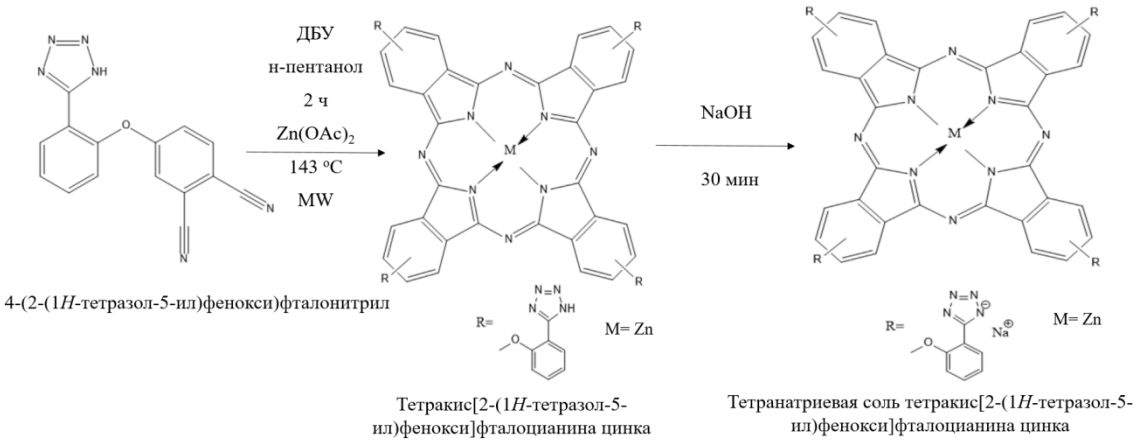


Рисунок – Схема синтеза фталоцианина цинка и его тетранатриевой соли

Фталоцианин цинка получали методом микроволновой активации при температуре 143 ^{o}C в н-пентаноле, с добавлением ДБУ и $Zn(OAc)_2$. Время выдержки в микроволновом реакторе при постоянном перемешивании составило 2 часа. Тетранатриевую соль фталоцианина цинка получали действием водного NaOH на фталоцианин цинка. Воду из реакционной массы отогнали на роторном испарителе. Далее чистый продукт высушивали на воздухе.

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕПЕРИФЕРИЙНО ЗАМЕЩЕННЫХФТАЛОЦИАНИНОВ ИНДИЯ ХЛОРИДА С РАЗЛИЧНЫМИ ЛИНКЕРАМИ

Киселева А.Ю.*, *Зиминов А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

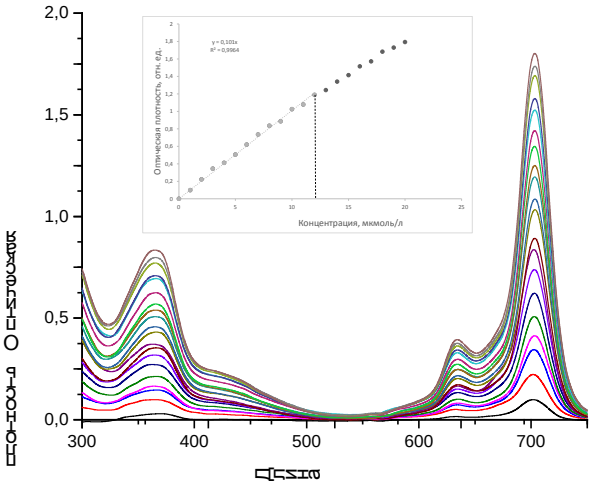
e-mail: arina281299@gmail.com

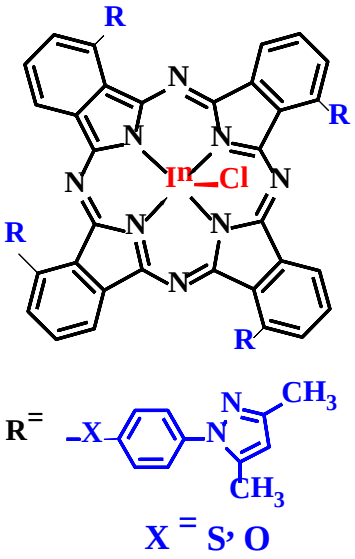
COMPARISON OF PROPERTIES OF NON-PERIPERALLY SUBSTITUTED PHTHALOCYANINES INDIUM CHLORIDE WITH VARIOUS LINKERS

Kiseleva A.U.*, *Ziminov A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Комплексы фталоцианинов с металлами обладают уникальными физико-химическими свойствами и находят применение в качестве красителей, фотокатализаторов, фотополупроводников, а также в качестве фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии рака [1]. Варьирование структуры комплекса, в том числе замена линкерного атома, позволяет сдвинуть максимум поглощения в красную область видимого света для большей эффективности фтосенсибилизатора. Это связано с попаданием максимума поглощения в «терапевтическое окно», где проникновение света в ткани максимально.





Нами был разработан метод синтеза целевых фталоцианинов (ω = 40 %). Выявлено, что наибольшим батохромным сдвигом обладает комплекс непериферийно замещенного фталоцианина индия с линкерным атомом серой ($\lambda_{макс}$ = 730 нм), в то время как аналогичный комплекс с кислородом в качестве линкера имеет максимум поглощения при 709 нм. Также в работе изучен диапазон концентраций соблюдения закона Бугера-Ламберта-Бера и квантовых выходы синглетного кислорода для полученных металлофталоцианинов.

Литература:

1. Ziminov, A.V.Synthesis, characterization, and investigation of photochemical properties of tetra-substituted zinc phthalocyanines bearing 4-(3,5-dimethyl-1*H*-pyrazol-1-yl)phenyl moiety with different linker heteroatoms / A.V. Ziminov, Y.A. Sidunets, V.S. Fundamensky, V.V. Gurzhiy, S.M. Ramsh. // Inorg. Chim. Acta, 2020. – V. 501. - 119306.

СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ 1,3-ТИАЗОЛОВ С УЧАСТИЕМ 3,5 –ДИМЕТИЛ-N'-НИТРО-1H-ПИРАЗОЛ-1-КАРБОКСАМИДИНА

Ковалёва О.А., Гайковая Е.М., Ефимова Т.П.

Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена

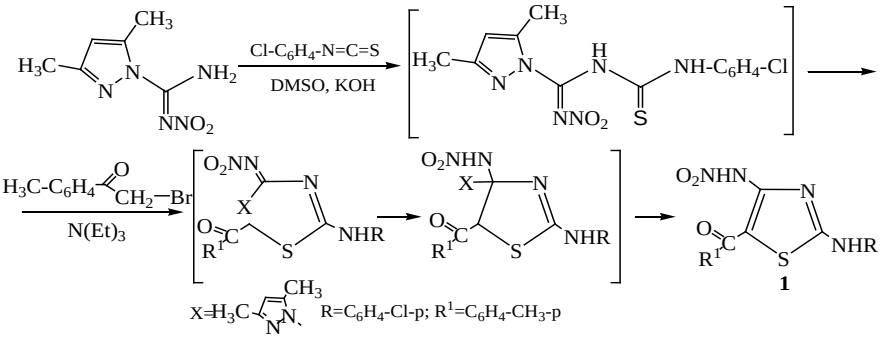
e-mail: kohrgpu@yandex.ru

SYNTHESIS OF SUBSTITUTED 1,3-THIAZOLES INVOLVING 3,5–DIMETHYL-N'-NITRO-1H-PYRAZOLE-1-CARBOXAMIDINE

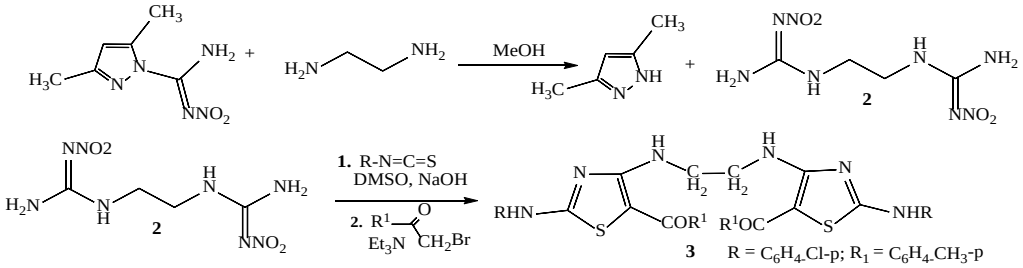
Kovaleva O.A., Gajkovaya E.M., Efimova T.P.

A.I. Herzen State Pedagogical University of Russia

1,3-Тиазолы и их производные представляют большой интерес ввиду простоты их синтеза и широкого спектра биологической активности [1]. Нами был осуществлен синтез новых представителей 1,3-тиазолов с участием 3,5-диметил-N'-нитро-1H-пиразол-1-карбоксамидина в реакции арилизотиоцианатом и α-галогенкетоном. Данный трехкомпонентный маршрут включает конденсацию производного пиразола с изотиоцианатом в суперосновной среде, с последующим взаимодействием с α-галогенкетоном и циклизацией, приводящей к 2-ариламино-4-нитроамино-5-ароил-1,3-тиазолу **1.**



В литературе имеются сведения об использовании 3,5-диметил-N′-нитро-1H-пиразол-1-карбоксамидина в качестве переносчика нитрогуанидинового блока в синтезе замещенных аминонитрогуанидинов [2]. Нами была осуществлена реакция 3,5-диметил-N′-нитро-1H-пиразол-1-карбоксамидинас этилендиамином с получением 1,1'-(этан-1,2-диил)бис(2'-нитрогуанидина) **2**, который далее вводился в реакцию с изотиоцианатом и α-галогенкетоном с целью получения новых представителей полизамещенных 1,3-тиазолов **3.**



Строение полученных соединений **1-3** было подтверждено методами ИК, ЯМР ^{1}H, ^{13}C спектроскопии с привлечением двумерных гетероядерных (HMQC, HMBC) экспериментов.

Литература:

1. Arab-Salmanabadi, S. J. // Heterocycl. Chem. 2017. (54). 3600.

2. Castillo-Meléndez, J. A. // Synthesis. – 2004. – N. 10. – P. 1655-1663.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ 1,3- И 1,4- ДИЗАМЕЩЁННЫХ ТЕТРАЗОЛИЕВЫХСОЛЕЙ

Козинцев М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота

e-mail: kozintsevmaksim@yandex.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OFSOME 1,3- AND 1,4-DISUBSTITUTED TETRAZOLIUM SALTS

KozintsevM.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразолы широко используются как исходные субстраты в синтезе биологически активных, энергонасыщенных веществ и катализаторов [1]. 1,4-Дизамещённые тетразолиевые соли могут вступать в различные химические реакции с образованием промежуточных N-гетероциклических карбенов, что представляет интерес для органического синтеза. Однако получение таких солей осложняется совместных образованием в ходе реакции 1,3- и 1,4- изомеров. Синтез некоторых солей 1,3- и 1,4-дизамещённых тетразолов описан, но мало изучен [1]: остаются неясными последовательность образования изомеров и закономерности их взаимных превращений. Это не позволяетиспользовать эти реакции в органическом синтезе.

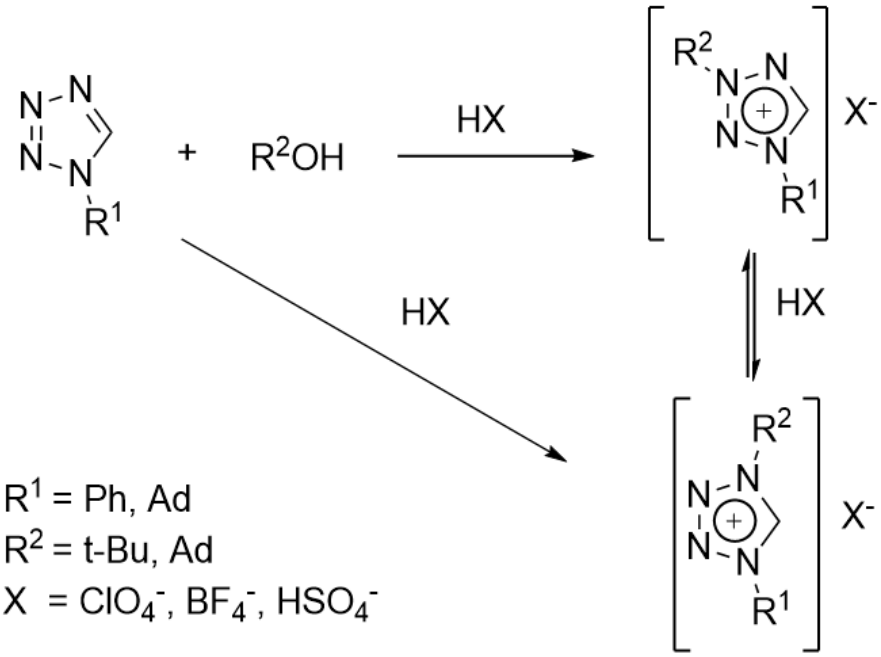


Рисунок – Получение солей 1,3- и 1,4-дизамещённых тетразолов

В ходе данной работы был проведён синтез серии 1,3- и 1,4-дизамещённых тетразолов, описание влияния природы заместителей и кислотных остатков на ход реакции, а также разработка методов получения индивидуальных 1,3- и 1,4- изомеров (рисунок).

Литература:

1. Ostrovskii V.A., Popova E.A. and Trifonov R.E. (2022) Tetrazoles. In: Comprehensive Heterocyclic Chemistry IV. vol. 6, Eds by: Black, D.StC, Cossy, J. and Stevens, C.V., pp. 182-232. Oxford: Elsevier

АЛКИЛИРОВАНИЕ 1- И 5-ЗАМЕЩЁННЫХ ТЕТРАЗОЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Козинцев М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота

e-mail: kozintsevmaksim@yandex.ru

ALKYLATION OF 1- AND 5-SUBSTITUTED TETRAZOLES IN PRESENCE OF ZEOLITE CATALYSTS

Kozintsev M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Алкилирование тетразолов используется в органическом синтезе для получения ценных производных тетразола. Алкилирование 1- и 5-замещённых тетразолов в среде минеральных кислот хорошо изучено [1], однако этот метод осложняется большим расходом труднодоступных минеральных кислот или сложным выделением продуктов синтеза. Цеолитные катализаторы коммерчески доступны, имеют низкую цену и могут быть регенерированы с минимальной потерей активности. Таким образом, их использование вместо минеральных кислот позволит облегчить проведение данного процесса, особенно в промышленном масштабе.

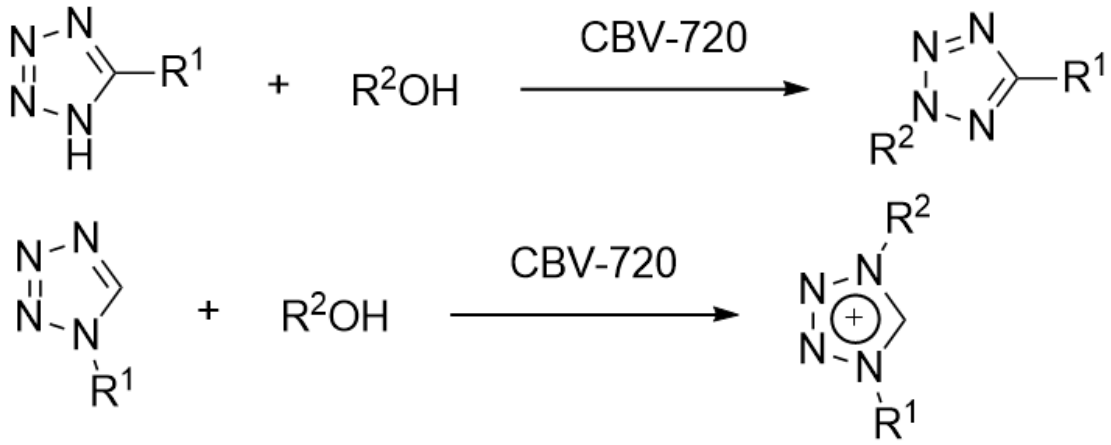


Рисунок – Алкилирование 1- и 5-замещённых тетразолов

В ходе данной работы было проведёно алкилирование серии 1- и 5-замещённых тетразолов (рисунок), проанализирован ход данных реакций и составлена методика алкилирования тетразолов с использованием цеолитных катализаторов.

Литература:

1. Ostrovskii V.A., Popova E.A. and Trifonov R.E. (2022) Tetrazoles. In: Comprehensive Heterocyclic Chemistry IV. vol. 6, Eds by: Black, D. StC, Cossy, J. and Stevens, C.V., pp. 182-232. Oxford: Elsevier

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ *N*-БЕНЗИЛ-*L*-ПРОЛИНА ДЛЯ ДЕРИВАТИЗАЦИИ ХИРАЛЬНЫХ СПИРТОВ

Круглова В.В.*, *Новикова Д.С.
Санкт-Петербургский государственный технический институт (технический университет), лаборатория молекулярной фармакологии
e-mail: krugval@yandex.ru

THE USE OF *N*-BENZYL-*L*-PROLINE DERIVATIVES FOR DERIVATIZATION OF CHIRAL ALCOHOLS

Kruglova V.V.*, *Novikova D.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Получение энантиомерно чистых соединений – одно из ключевых направлений органического синтеза. Это связано с практической значимостью таких веществ как компонентов современных высокоэффективных медицинских препаратов. Для оценки энантиомерной чистоты используют методы, различающиеся доступностью, простотой реализации и точностью результатов. Одним из наиболее простых и в то же время обеспечивающих высокую точность методов определения энантиомерной чистоты является превращение исследуемого соединения в реакции с хиральным дериватизирующим агентом (ХДА). При взаимодействии ХДА с энантиомерами происходит образование диастереомеров, которые обладают различающимися физическими свойствами и могут быть в дальнейшем проанализированы и разделены. Самым известным ХДА является кислота Мошера.

Ранее нами было предложено использовать *N*-бензилированный *L*-пролин в качестве ХДА. Был получен ряд производных с варьируемым заместителем в фенильном фрагменте. Особенность данных соединений заключается в высокой чувствительности бензильных протонов к конфигурации структуры, отражающейся на величине химического сдвига их сигналов в спектре ЯМР. В данной работе была исследована возможность использования производных *N*-бензил-*L*-пролина для дериватизации хиральных спиртов с целью дальнейшего анализа энантиомерного состава, а также выделения индивидуальных энантиомеров посредством разделения смеси диастереомеров.

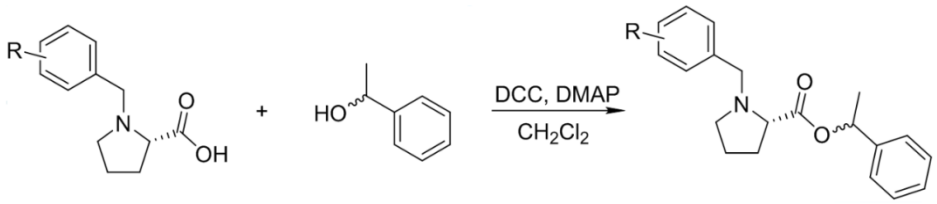


Рисунок – Реакция дериватизации

В качестве модельного спирта был выбран α-фенилэтанол, полученный восстановлением ацетофенона под действием алюмогидрида лития. При таком способе восстановления образуется рацемическая смесь, которая в дальнейшем подвергалась дериватизации производными *N*-бензил-*L*-пролина. Показано, что диастереомерные продукты дериватизации могут быть количественно проанализированы методами ВЭЖХ и газожидкостной хроматографии, а также выделены в чистом виде методом флеш-хроматографии без применения специальных носителей и элюентов. Выделенные в ходе работы индивидуальные соединения были охарактеризованы методом ЯМР спектроскопии.

СИНТЕЗ 5-БЕНЗИЛ-СУЛЬФИНИЛ- И 5-БЕНЗИЛ-СУЛЬФОНИЛ-1*H*-ТЕТРАЗОЛОВ

Лукина В.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: vu_lu_2002@list.ru

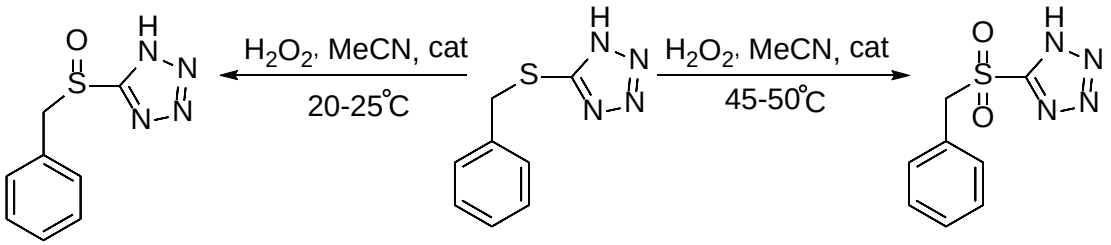
SYNTHESIS OF 5-BENZYL-SULFINYL- AND 5-BENZYL-SULFONYL-1*H*-TETRAZOLES

Lukina V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно, что при окислении 1-замещенных-5-алкилсульфанил-1*H*-тетразолов возможно образование 5-алкил-сульфонил- и 5-алкил-сульфинил-1*H*-тетразолов в зависимости от условий проведения реакции. Окислителями в таких реакциях выступают оксон, *м*-хлорбензойная кислота, периодат натрия в присутствии хлорида рутения, пероксид водорода в присутствии солей вольфрамовых и молибденовых кислот, пероксид в уксусной кислоте [1]. Окисление в случае алкил и арилсульфанилтетразолов, не содержащих заместителей в тетразольном цикле практически не было изучено. Представленный в литературе способ окисления незамещенных 5-алкилсульфанил-1*H*-тетразолов основан на межфазном катализе и использовании в качестве окислителя перманганата калия [2]. При этом фиксируется образование только продуктов полного окисления, а именно –5-алкил-сульфонил-1*H*-тетразолов. Продукты неполного окисления, а именно 5-алкил-сульфинил тетразолы ранее получены не были.

Возрастающий интерес к 5-алкил-сульфонил- и 5-алкил-сульфинил-1*H*-тетразолам связан с расширением области практического применения данных соединений. Такие тетразолы используются в качестве полупродуктов тонкого органического синтеза, в частности, для получения разнообразно замещённых тетразолов.



Нами было установлено, что при взаимодействии 5-бензилсульфанил-1*H*-тетразолов с 60 % H_2O_2 в среде ацетонитрила в присутствии в качестве катализатора фосфорномолибденовой кислоты в зависимости от температуры реакции возможно образование 5-бензил-сульфинил- и 5-бензил-сульфонил-1*H*-тетразолов соответственно.

И 5-бензил-сульфинил- и 5-бензил-сульфонил-1*H*-тетразолы были получены нами с хорошими количественными выходами.

Литература:

1. Мызников, Л.В. Тетразолы с кислород-, серо- и селенсодержащими заместителями / Л.В. Мызников, С.В. Ворона, Т.В. Артамонова, Ю.Э. Зевацкий // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2016. – №4. – С. 923 – 938.

2. Алам, Л.В. Тетразолы XXXIV. Химические свойства 5-алкил(арил)тиотетразолов / Л.В. Алам, Г.И. Колдобский // Журнал органической химии. – 2016. – Т. 33. – №8. – С. 1224 – 1230.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА КОЛЕБАНИЙ СВЯЗЕЙ В ТЕТРАЗОЛЬНОМ ЦИКЛЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Мажай В.С.*, *Трифонов Р.Е.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота

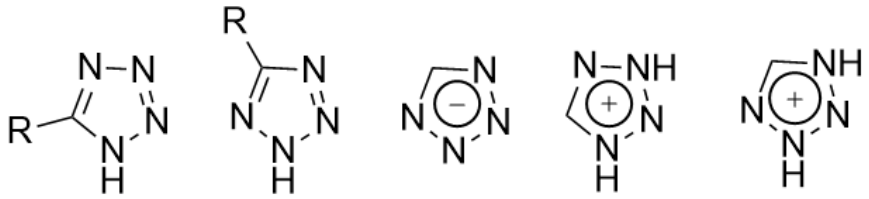
e-mail: vova.mazha@mail.ru

A STUDY OF THE BONDS VIBRATION CHARACTER IN THE TETRAZOLE CYCLE BY THEORETICAL METHODS

Mazhai V.S.*, *Trifonov R.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразол и его производные получили очень широкое распространение в современной медицине и технике [1]. Различные свойства тетразолов исследованы достаточно подробно. Однако до настоящего временихарактер колебаний связей в тетразольном цикле, проявляющихся в ИК-спектрах, систематически не исследовался. В данной работе были проведены расчёты инфракрасных спектров тетразола и его производных в различных формах (нейтральные формы, анион, тетразолиевые ионы представлены на рисунке) с использованием программыGaussian16 [2].



R = CH_3, $C(CH_3)_3$, CF_3, C_6H_5, Cl, NO_2

Рисунок – Структурные формулы исследуемых соединений.

Нами были рассчитаны интенсивность, частоты и вклады сигналов колебаний различных связей гетероцикла в результирующий сигнал в ИК-спектре. Это позволяет найти характеристичные пики для соединений тетразола, по которым их можно идентифицировать. Было показано, что сигнал, который проявляется в ИК-спектре, является результирующим с вкладом колебаний нескольких различных связей, который может варьироваться в широких пределах.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002).

Литература:

1. Ostrovskii Vladimir A., Popova Elena A. and Trifonov Rostislav E. (2022) Tetrazoles. In: Black, David StC, Cossy, Janine and Stevens, Christian V., Comprehensive Heterocyclic Chemistry IV. vol. 6, pp. 182-232. Oxford: Elsevier.

2. Gaussian 16, Revision A.02, M. J. Frisch et. al., Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2016.

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕРИФЕРИЙНО И НЕПЕРИФЕРИЙНО-ЗАМЕЩЕННЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ ЦИНКА С ОРТО-ПИРАЗОЛИЛФЕНИЛЬНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Моисеева И.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: mirrissa@mail.ru

COMPARISON OF THE PROPERTIES OF PERIPHERALLY AND NON-PERIPHERALLY-SUBSTITUTED ZINC PHTHALOCYANINES WITH ORTHOPYRAZOLYLPHENYL SUBSTITUTETS

Moiseeva I.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Среди огромного количества работ о синтезе и исследовании металлофталоцианинов имеется лишь ограниченное количество публикаций о металлофталоцианинах с фармакофорными фрагментами, содержащими пиразольные гетероциклы [1]. Например, высокоэффективными фотосенсибилизаторами для фотодинамической терапии могут являться *орто*-(3,5-диметил-1*H*-пиразол-1-ил)фенокси замещенные фталоцианины цинка. Данные соединения были синтезированы из фталонитрилов (1), (2) в присутствии ДБУ и ацетата цинка с использованием микроволновой активации, что позволило значительно сократить время протекания реакции и увеличить выход продукта (Рисунок). При исследовании фотофизико-химических свойств исследуемых фталоцианинов было установлено, что на спектрах поглощения, снятых в ДМСО, Q-полоса неперифериййно-замещенного фталоцианина цинка (λ_{max} = 697) батохромно сдвинута на 18 нм по сравнению с периферийно-замещенным комплексом (λ_{max} = 679). При этом для соединения (3) закон Бугера-Ламберта-Бера соблюдался до $11 \cdot 10^{-6}$ М, в то время как для (4) – до $6 \cdot 10^{-6}$ М. Квантовый выход синглетного кислорода в ДМСО для исследуемых фталоцианинов (3) и (4), в свою очередь, составил Φ_Δ = 0,67 и Φ_Δ = 0,60 соответственно. Таким образом, можно предположить, что неперифериййно-замещенный изомер может иметь больше перспективдля применения в фотодинамической терапии.

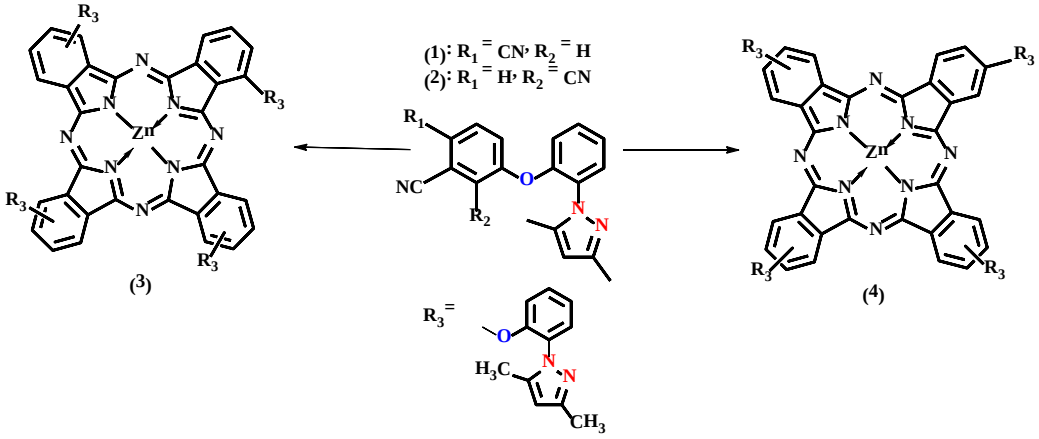


Рисунок – Схема синтеза исследуемых фталоцианинов цинка

Литература:

1. Ziminov, A.V., Sidunets, Y.A., Fundamensky, V.S., Gurzhiy, V.V., Ramsh, S.M. Synthesis, characterization, and investigation of photochemical properties of tetra-substituded zinc phthalocyanines bearing 4-(3,5-dimethyl-1*H*-pyrazol-1-yl)phenyl moiety with different linker heteroatoms. / A.V. Ziminov, Y.A. Sidunets, V.S. Fundamensky, V.V. Gurzhiy, S.M. Ramsh // InorganicaChemicaActa. – 2020. – 501.

СИНТЕЗ И ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ АДДУКТОВ РЕАКЦИИ МИХАЭЛЯ МЕТИЛ 4-(2-МЕТОКСИ-2-ОКСОЭТИЛ)-1,2,3-ТИАДИАЗОЛ-5-КАРБОКСИЛАТА С *N*-АРИЛЗАМЕЩЁННЫМИ МАЛЕИМИДАМИ

Непочатый Г.Д.*, *Попова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии

e-mail: nepochatyy99@yandex.ru

SYNTHESIS AND FUNGICIDAL ACTIVITY OF NEW MICHAEL REACTION ADDUCTS OF METYL 4-(2-METHOXY-2-OXOETHYL)-1,2,3-THIADIAZOLE-5-CARBOXILATE WITH *N*-ARYL-SUBSTITUTED MALEIMIDES

Nepochatyi G.D.*, *Popova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тиадиазольный и сукцинимидный структурные фрагменты входят в состав веществ, обладающих доказанной противогрибковой и антибактериальной активностью. В этой работе новый 1,2,3-тиадиазол **1**, являющийся СН-кислотой, вводили в реакцию с рядом *N*-арилзамещенных малеимидов в присутствии основания. При изучении влияния растворителя, природы катализатора и условий реакции наилучшие результаты были достигнуты при использовании триэтиламина (25 мол. %) в растворе метанола при комнатной температуре. Была изучена противогрибковая активность полученных веществ в отношении *Candida Albicans* (рисунок). Аддукты **3 а-в** показали отличную фунгицидную активность (6,25 - 390,6 мкг/мл) в сочетании с хорошей растворимостью в воде (схема).

Строение всех полученных соединений было доказано с помощью ЯМР-спектроскопии ^{1}H, ^{13}C, ^{1}H-^{1}H COZY, ^{1}H-^{13}C HSQC и масс-спектрометрии.

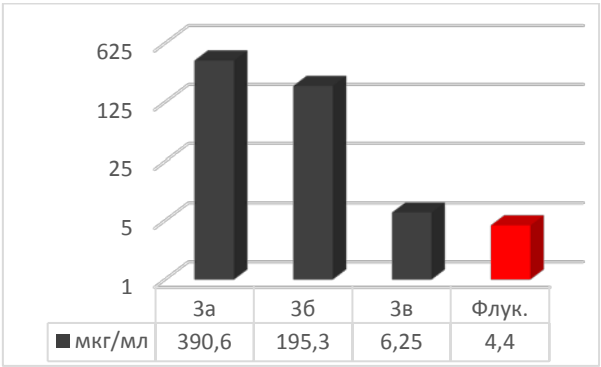


Рисунок – МИК соединений 1 и 3а-в в сравнении с флуконазолом

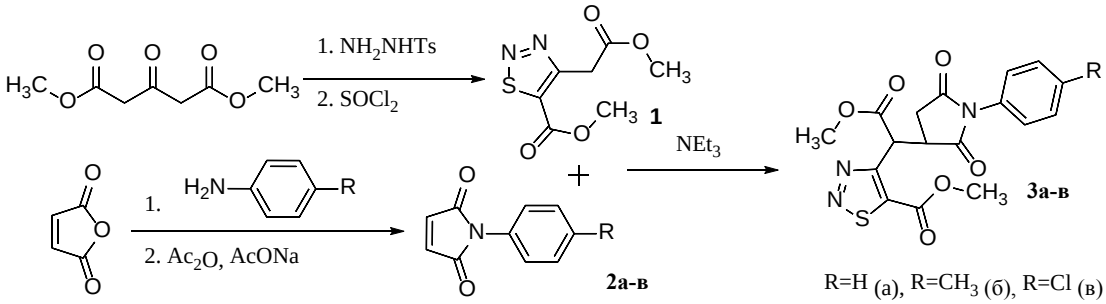


Схема – синтез промежуточных соединений (1,2а-в) и аддуктов реакции Михаэля (3а-в)

РЕАКЦИЯ 1,3-ДИПОЛЯРНОГО ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ АЗОМЕТИН-ИЛИДОВ ИЗ ИЗАТИНОВ И АЗЕТИДИНКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ К ИМИДАМ МАЛЕИНОВОЙ И ИТАКОНОВОЙ КИСЛОТ

***Пронина Ю.А.*[1], *Бойцов В.М.*[2], *Степаков А.В.*[1,3]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии,*

[2]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук*

[3]*Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет*

e-mail: pronina.iuli05@yandex.ru

REACTION OF 1,3-DIPOLAR CYCLOADDITION OF AZOMETHINE YLIDES FROM ISATINS AND AZETIDINECARBOXYLIC ACID TO IMIDES OF MALEIC AND ITACONIC ACIDS

***Pronina Y.A.*[1], *Boitsov V.M.*[2], *Stepakov A.V.*[1,3]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Saint-Petersburg Academic University,*

[3] *St. Petersburg State University*

Благодаря реакции [3+2]-циклоприсоединения было получено большое количество биологически активных соединений, ставших структурной основой многих лекарственных препаратов. Например, многие соединения, содержащие фрагмент спиро-пирролидиноксиндола, обладают противовоспалительной, противоопухолевой, противовирусной, противомалярийной и противогрибковой активностью [1,2].

В данной работе мы разработали удобный и простой метод синтеза 3-спирооксиндолов **5** и **6** через реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения с участием малеимидов **3** и итаконимидов **4** с азометин-илидами, генерированными из азетидин-2-карбоновой кислоты **1** и производных изатина **2** (см. рисунок). Реакции протекали в среде метанола при комнатной температуре с высокой стерео- и региоселективностью. Соединения **5** и **6** были получены с выходами 51-85 %.

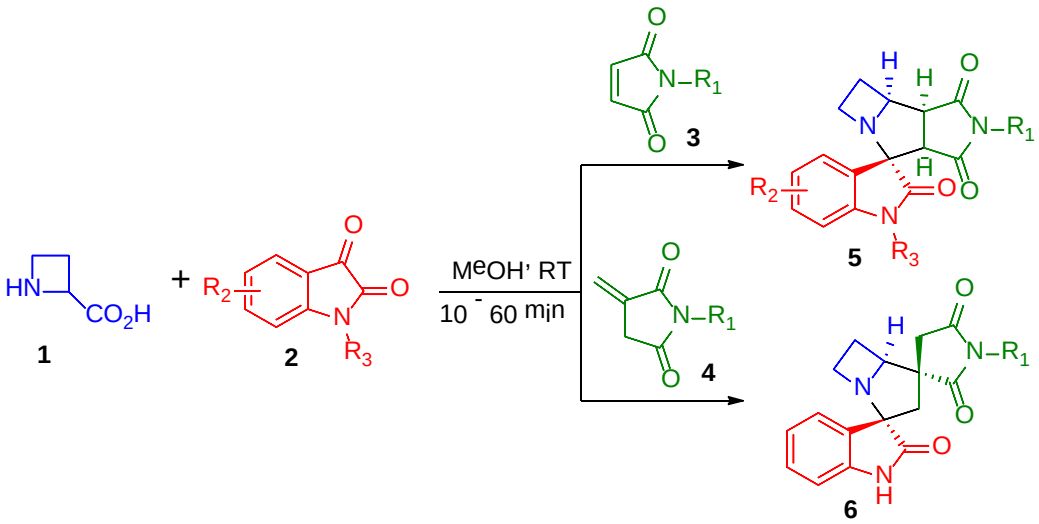


Рисунок — Реакция малеимидов и итаконимидов с азетидин-2-карбоновой кислотой и производными изатина

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проекты FSEN-2023-0002 и FSRM-2023-0005).

Литература:

1. Filatov A. S., Stepakov A. V. at al. J. Org. Chem., 2017, 82, 959–975.
2. Boitsov V.M., Stepakov A. V. at al. Int. J. Mol. Sci.2021, 22(15), 8264.

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНИЙ НА ОСНОВЕ БИС-α-ГИДРОКСИФОСФОРИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

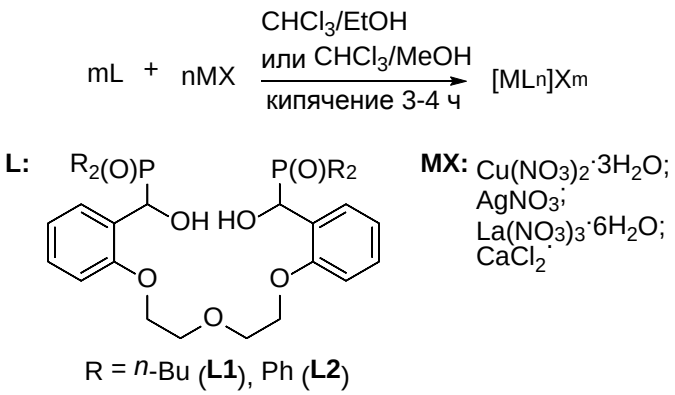
Рудаков А.С.*, *Пономарева Н.А.*, *Александрова Е.А.*, *Тришин Ю.Г.
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
e-mail: arudakov19@gmail.com

SYNTHESIS OF COMPLEXES ON THE BASE BIS-α-HYDROXYPHOSPHORYL COMPOUNDS

Rudakov A.S.*, *Ponomareva N.A.*, *Aleksandrova E.A.*, *Trishin Yu.G.
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

α-Гидроксифосфорильные соединения (α-ГФС), содержащие группировку $R^1{}_2P(O)CR^2H(OH)$, обладают как широким спектром биологической активности [1], так и комплексообразующей способностью, что делает их полезными материалами для извлечения и утилизации переходных, щелочноземельных и редкоземельных элементов, включая лантаноиды и актиноиды [2]. Комплексные соединения на основе бис-α-ГФС в литературе почти не представлены. В то же время использование таких ГФС в качестве лигандов является актуальным ввиду того, что они обладают удвоенным числом центров координации металлов.

В настоящей работе взаимодействием синтезированных ранее бис-α-ГФС [3] с нитратами меди, серебра и лантана, а также с хлоридом кальция в среде хлороформ/этанол (или хлороформ/метанол в случае хлорида кальция) нами получены комплексы $[ML_n]X_m$, состав и строение которых подтверждены современными физико-химическими методами анализа. Молекулярная структура хелата, полученного реакцией лиганда **L2** с $CaCl_2$, установлена с помощью рентгеноструктурного анализа.



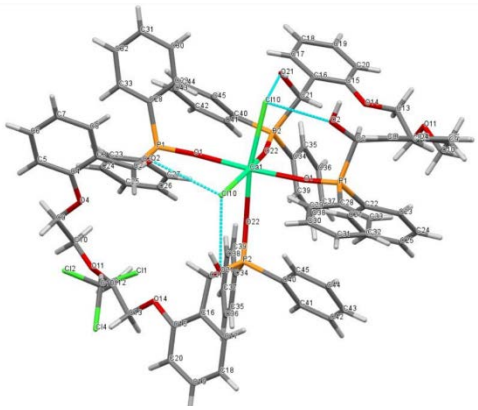


Рисунок – Геометрия комплексного соединения L2+$CaCl_2$ в кристалле

Литература:

1. S. Kumari, A. Shekhar and D. D. Pathak, *Chem. Sci. Trans.* **2014**, vol. 3, No. 1, 45-54.

2. M. Krea, H. Khalaf, *Hydrometallurgy*. **2000**, vol. 58, No. 3, 215-225.

3. E.A. Aleksandrova, N.A. Ponomareva, A.S. Rudakov, O.Yu. Derkacheva, E.B. Serebryakov, and Yu.G. Trishin, *Russ. J. Gen. Chem.* **2023**, vol. 93, No. 1, 31-36.

BOC –ДИФЕНИЛГИДРАЗИН - СТАБИЛЬНЫЙ ПРИ ХРАНЕНИИ ПРЕКУРСОР 1,1-ДИФЕНИЛГИДРАЗИНА

Сакс Е.Э.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: katerina.sax@yandex.ru

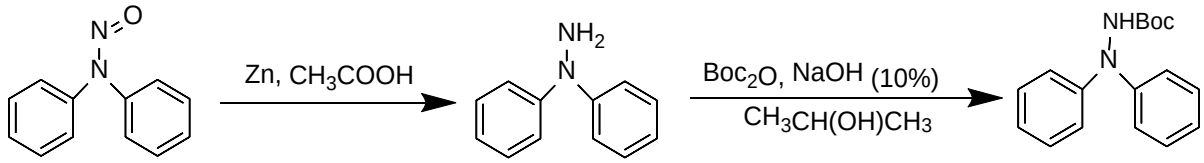
BOC –DIPHENYLHYDRAZINE AS A STORAGE-STABLE PRECURSOR OF 1,1-DIPHENYLHYDRAZINE

Saks E.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

1,1-Дифенилгидразин широко используется в синтезе лекарств, красителей, резины и как интермедиат в тонком органическом синтезе. Наиболее простой способ получения этого соединения – это восстановление легко доступного N-нитрозодифениламина. Однако в ходе восстановления, помимо желаемого продукта, в значительных количествах (от 20 до 50 %) образуется продукт полного восстановления – дифениламин. Ситуация усугубляется тем, что 1,1-дифенилгидразин, в том числе в виде солей, разлагается при хранении за несколько недель. Очистка 1,1-дифенилгидразина от дифениламина представляет собой значительную сложность, о чем свидетельствует большое количество работ, посвященных этой теме [1-3]. Альтернативные методы синтеза 1,1-дифенилгидразина требуют труднодоступных токсичных реагентов и не решают проблему низкой стабильности 1,1-дифенилгидразина.

Решением указанных проблем могло бы быть получение такого производного 1,1-дифенилгидразина, которое было бы стабильно при хранении и легко могло бы быть переведено в целевое соединение. Таким производным мог бы быть Boc-1,1-дифенилгидразин, который, хотя и был ранее описан в литературе, как стабильный прекурсор 1,1-дифенилгидразина ранее не рассматривался.



Мы обнаружили, что Boc-1,1-дифенилгидразин может быть получен в мягких условиях при обрабатывании смеси дифениламина и 1,1-дифенилгидразина, полученной при восстановлении нитрозодифениламина, легко может быть выделен и стабилен при хранении. Перед использованием его в синтезе, защитная группа легко снимается при обрабатывании разбавленным раствором HCl, после чего 1,1-дифенилгидразин без дополнительной очистки может быть использован в синтезе.

Литература:

1. Wang H. Supporting Information // Aldenderfer, Mark S., Craig, Nathan M., Speak. Robert Jeff, Popelka-Filcoff, Rachel S. 1997. Vol. 2, № 1. P. 1–5.

2. Patrascu B. etal. Synthesis and spectral comparison of electronic and molecular properties of some hydrazines and hydrazyl free radicals // Arkivoc. 2020. Vol. 2020, № 6. P. 1–10.

3. Fischer E. Ueber die Hydrazinverbindungen; ErsteAbhandlung // Justus Liebigs Ann. Chem. 1878. Vol. 190, № 1–2. P. 67–183.

АЦЕТИЛАЦЕТОНАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КОБАЛЬТА(III), НИКЕЛЯ(II), ХРОМА(III) В КАТАЛИЗЕ ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЯ

Сапоговская Т.Г.*, *де Векки Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: notka_ta@mail.ru

ACETYLACETONATE COMPLEXES OF COBALT(III), NICKEL(II), CHROMUM(III) IN THE CATALYSIS OF HYDROSILYLATION

Sapogovskaya T.G.*, *de Vekki D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производимые в промышленности ацетилацетонатные комплексы различных металлов применяются во многих областях, также они перспективны в качестве катализаторов реакции гидросилилирования.

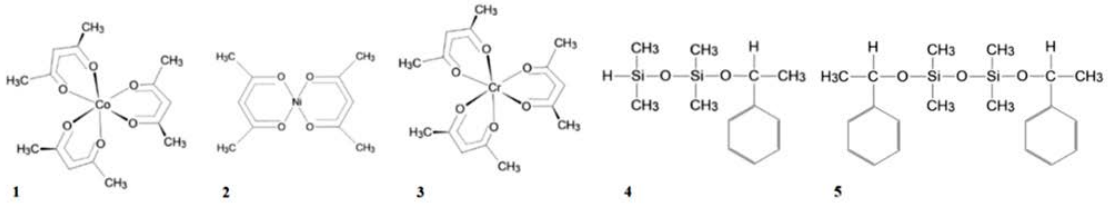


Рисунок 1 – Строение комплексов 1,2,3 и продуктов реакции 5,6

Контроль за ходом реакции на ацетилацетонатных комплексах Co(III), Ni(II), Cr(III) в реакции гидросилилирования в системе ацетофенон – 1,1,3,3-тетраметилдисилоксан (мольное соотношение 1 : 3, Ск 0,005М, 120^{0}С) осуществляли спектральными методами ГЖХ, ^{1}Н, ^{13}С ЯМР.

Комплекс 2 обладает наибольшей каталитической активностью в реакции гидросилилирования (через 17 ч конверсия ацетофенона 100 %, селективность по продукту моноприсоединения (соед. 4) 98 %). Комплексы 1 и 3 проявляют меньшую каталитическую активность в данной системе. Через 32 часа конверсия ацетофенона на обоих комплексах 84 %. Селективность по продукту моноприсоединения 49 % и 94 % для 1 и 3 комплексов соответственно. Использование комплекса 1 помимо продукта моноприсоединения сопровождается образованием большого количества продукта присоединения двух молекул ацетофенона (соед. 5) с выходом 43 %, в то время как при использовании катализатора 3 – выход по продукту присоединения двух молекул ацетофенона 5 %. Недостатком комплекса 3 является протекание побочного процесса – диспропорционирования 1,1,3,3- тетраметилдисилоксана (рисунок 2).

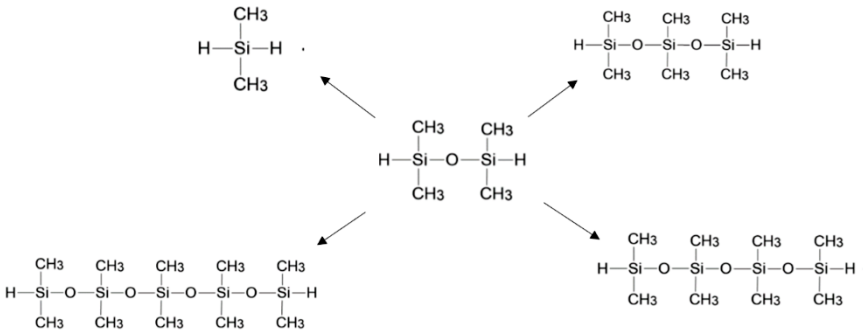


Рисунок 2 – Схема диспропорционирования 1,1,3,3- тетраметилдисилоксана

ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЕ НА АЗОТСОДЕРЖАЩИХ КОМПЛЕКСАХ КОБАЛЬТА

Сапоговская Т.Г.*, *де Векки Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: notka_ta@mail.ru

HYDROSILYLATION ON NITROGEN-CONTAINING COBALT COMPLEXES

Sapogovskaya T.G.*, *de Vekki D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Актуальным вопросом развития органической химии является поиск более дешевых катализаторов на основе неблагородных металлов, представляющих собой замену катализаторам платиновой группы, к числу которых относятся соединения кобальта в виду их доступности и высокой активности в реакции гидросилилирования в качестве катализатора [1].

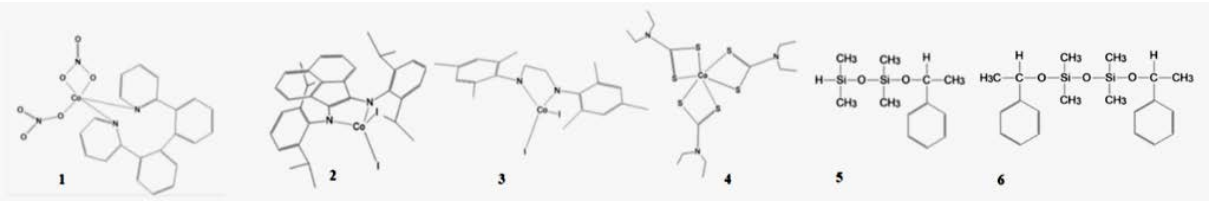


Рисунок – Строение комплексов 1,2,3,4 и продуктов реакции 5,6.

Изучение каталитической активности комплексов кобальта (рисунок) на примере реакции гидросилилирования ацетофенона 1,1,3,3-тетраметилдисилоксаном (мольное соотношение 1 : 3, $C_к$ 0,005М, 120 °С) обусловлено методом спектроскопии ^{1}H, ^{13}C ЯМР и газожидкостной хроматографии. Продуктами реакции гидросилилирования являются силиловый эфир 1-фенилэтанола (соед. 5) и продукт присоединения двух молекул ацтофенона (соед. 6).

Катализатор 1 проявляет наибольшую каталитическую активность в реакции гидросилилирования (через 16 ч конверсия ацетофенона 100 %, выход продукта моноприсоединения 56 %, продукта диприсоединения 44 %).

Высокое значение выхода продукта диприсоединения при использовании катализатора 1 обусловлено более глубоким протеканием реакции присоединения.

Катализатор 2 обладает низкой каталитической активностью (через 72 ч конверсия ацетофенона 14 %, селективность по продукту моноприсоединения 95 %, селективность по продукту диприсоединения 5 %). Комплекс 3 проявляет немного большую активность (через 72 ч конверсия ацетофенона 35,5 %, селективность по продукту моноприсоединения 87 %, селективность по продукту диприсоединения 13 %).

Комплекс 4 не проявляет каталитической активности в реакции гидросилилирования, а вызывает диспропорционирование 1,1,3,3-тетраметилдисилоксана (конверсия 1,1,3,3-тетраметилдисилоксана 63 % через 72 ч), что позволяет рекомендовать комплекс 4 для синтеза различных кремнийгидридов по реакции диспропорционирования.

Литература:

1. Ломовицкая, М. В. Применение кобальтовых катализаторов в реакции гидросилилирования / М. В. Ломовицкая // Молодой учёный . – 2018 . – № 51(237). С. 7-11.

СИНТЕЗ 4-(2,6-БИС(3,5-ДИМЕТИЛ-1*H*-ПИРАЗОЛ-1-ИЛ)-МЕТИЛ)-КРЕЗОЛ)ФТАЛОНИТРИЛА

Сикорский Н.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технологический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: ziminov@technolog.edu.ru

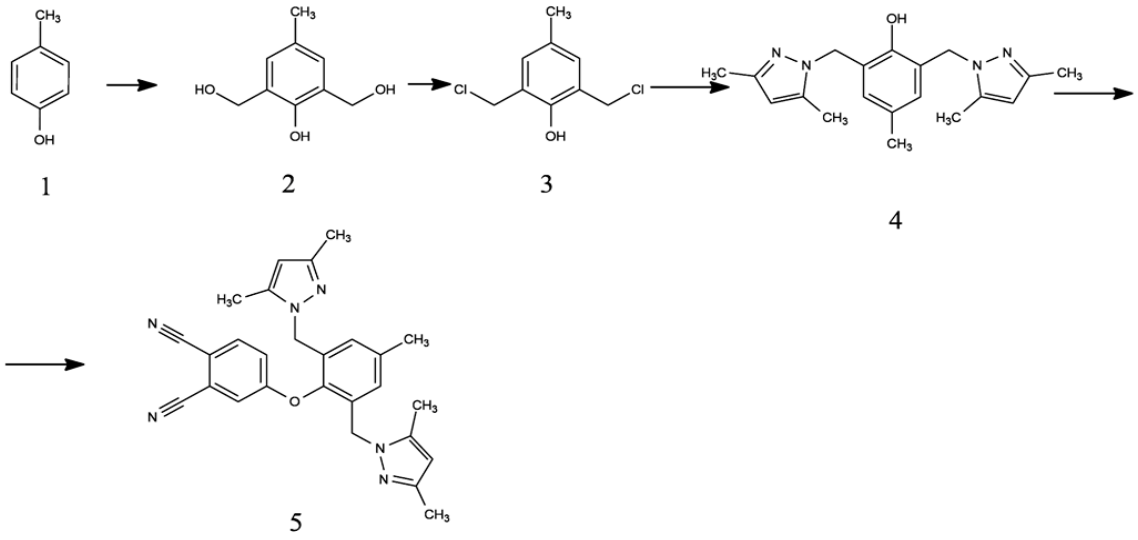
SYNTHESIS OF 4-(2,6-BIS(3,5-DIMETHYL-1H-PYRAZOL-1YL)-METHYL)-CRESOLE)PHTALONITRILE

Sikorsky N.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фталонитрилы являются важным полупродуктом для синтеза множества макрогетероциклических соединений и различных полимерных материалов. Введение и модификация заместителей позволяют получать уникальные металлофталоцианины с необходимыми физико-химическими свойствами. В последнее время широко исследуются пиразолсодержащие макрогетероциклы, так как введение замещенного пиразола, имеющего большой объем, способствующему уменьшению агрегации [1] в силу стерической напряженности молекулы. Улучшение данных параметров способствует лучшей работе конечного фталоцианина в качестве фотосенсибилизатора при лечении раковых заболеваний.

Информация и описание методик синтеза фталонитрилов с заместителями, имеющими несколько пиразольных групп, очень ограничена [2], что и стало причиной разработки методов и синтеза данных фталонитрилов (рисунок).



4-(2,6-bis((3,5-dimethyl-1*H*-pyrazol-1-yl)methyl)-4-methylphenoxy)phthalonitrile

Рисунок – схема получения фталонитрила 5

В докладе обсуждается методология синтеза целевого фталонитрила **5**. Строение подтверждено ИК-, ЯМР ^{1}H-,^{13}C- спектроскопией. Был произведен анализ биологической активности с помощью программы PASSOnline.

Литература:

1. Andrey V. Ziminov, Yuri A. Sidunets, Vladimir S. Fundamensky, Vladislav V. Gurzhiy, Stanislav M. Ramsh, *InorganicaChimicaActa*, 2020, 501, 0020-1693.

2. S. Makhseed, M.Machacek, W, Alfadly, A. Tuhl, M. Vinodh, T. Simunek, V. Novakova, P. Kubat, E. Rudolf, P. Zimcik,*Chem. Commun.*,2013, 49, 1359-7345.

АЛКИЛИРОВАНИЕ 5-R-СУЛЬФОНИЛ-1*H*-ТЕТРАЗОЛОВ

Тищенко Е.А.*, *Мызников Л.В.*, *Лукина В.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: lizatishchenko@gmail.com

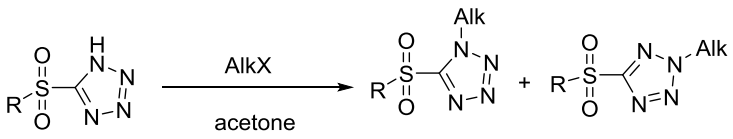
ALKYLATION OF 5-R-SULFONYL-1*H*-TETRAZOLES

Tishchenko E.A.*, *Myznikov L.V.*, *Lukina V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Алкилирование – один из наиболее простых способов синтеза разнообразных по строению дизамещенных тетразолов, получение которых невозможно другими методами [1]. Среди других производных тетразолов алкилирование 5-алкил(арил)-сульфонил-1*H*-тетразолов ранее практически не было изучено.

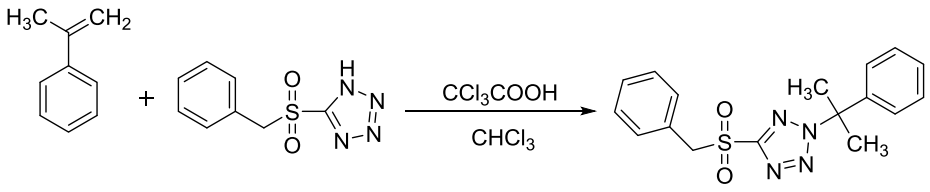
Поэтому нами было изучено алкилирование на примере взаимодействия 5-бензилсульфонил-1*H*-тетразола тетразола с метил хлорметиловым эфиром и бензилбромидом. Было установлено, что селективность алкилирования 5-алкилсульфонил тетразолов не отличается от таковой для 5-алкилсульфанил тетразолов.



R = $PhCH_2$ (**a**); C_2H_5 (**b**); n-C_5H_{11} (**c**); AlkX = BnBr, MOM-Cl

И 5-алкилтиотетразолы, и 5-алкилсульфонил тетразолы при взаимодействии с MOM-Cl дают смесь 1- и 2-изомеров в соотношении 1:2 соответственно.

В тоже время взаимодействие сульфонилтетразолов с альфа-метилстиролом, и аналогичных сульфанилтетразолов [2], в присутствии трихлоруксусной кислоты приводят к исключительно 2-изомеру.



Учитывая, что алкилсульфонильная группа в пятом положении тетразольного цикла легко замещается нуклеофилами различной природы 2-замещенные 5-алкилсульфонил тетразолы могут рассматриваться как исходные субстраты для синтеза 2,5-дизамещенных тетразолов с различными гетероатомами при углероде гетерокольца.

Литература:

1.Колдобский, Г.И. Тетразолы / Г.И. Колдобский, В.А. Островский // Успехи химии. – 1994. – Т.63. – №10. – С. 847 – 865.

2.Myznikov, L. V. Tetrazoles: XLVI.*Alkylationof 5-SubstitutedTetrazoleswithMethylChloromethylEtherandα-Methylstyrene/ L. V. Myznikov1 , T. V. Artamonova1 , G. I. Koldobskii1 , and A. Hrabalek // Russian Journal of Organic Chemistry. – 2004. – Vol.40. – №4. – С. 551 – 554.

СИНТЕЗ ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА С 4,5-ДИМЕТИЛ-1*H*-ИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ФЕНОКСИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Форсова К.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: kristina_forsova@mail.ru

SYNTHESIS OFZINCPHTHALOCYANINE WITH 4,5-DIMETHYL-1H-IMIDAZOLE-2-YL)PHENOXY) SUBSTITUENTS

Forsova K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Исследования, посвященные синтезу и изучению замещенных металлофталоцианинов весьма актуальны, в связи с их применением в качестве фотосенсибилизаторов для ФДТ. Однако лишь небольшая часть работ посвящена исследованиям металлофталоцианинов, содержащих фармакофорные имидазольные фрагменты [1]. До настоящего времени не проводилось систематических исследований металлофталоцианинов с имидазолсодержащими заместителями и их кватернизованными производными. Данная работа посвящена разработке метода синтеза тетракис(4-(4,5-диметил-1*H*-имидазол-2-ил)фенокси)фталоцианину цинка.

Фталоцианин цинка был получен впервые из соответствующего фталонитрила в присутствие ДБУ, пентанола и ацетата цинка (рисунок). Данная реакция производилась при кипячении течение 4 часов.

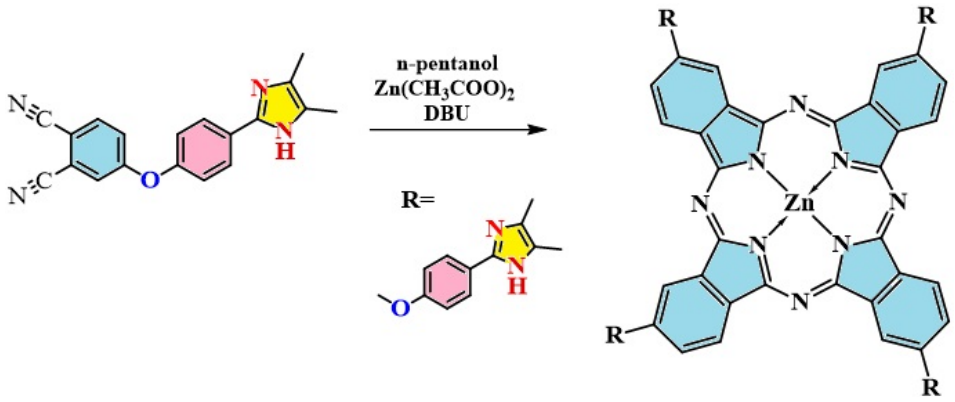


Рисунок – Схема синтеза фталоцианина цинка

В работе исследованы свойства синтезированного фталоцианина. В докладе будут обсуждаться методология синтеза фталоцианинов, содержащих4,5-диметил-1*H*-имидазол-2-ил)феноксизаместители и их спектральные характеристики.

Литература:

1. Akçay, H.T. Synthesis, characterization and spectroscopic studies of novel peripherally tetra-imidazole substituted phthalocyanine and its metal complexes, the computational and experimental studies of the novel phthalonitrile derivative / H. T. Akçay, R. Bayrak, S. Karslioglu, E. Sahin // Journal of Organometallic Chemistry. - 2012.

СИНТЕЗ КАТИОННОГО ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА С 1,3,4,5-ТЕТРАМЕТИЛ-1*H*-ИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ФЕНОКСИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Форсова К.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: kristina_forsova@mail.ru

SYNTHESIS OFCATIONIC ZINC PHTHALOCYANINE WITH 1,3,4,5-TETRAMETHYL-1H-IMIDAZOLE-2-YL)PHENOXY)SUBSTITUENTS

Forsova K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Имеется ограниченное количество публикаций о синтезе и исследовании металлфталоцианинов, содержащих фармакофорные имидазольные фрагменты [1], которые могут применяться в ФДТ. До настоящего времени не проводилось исследований металлофталоцианинов, содержащих кватернизованные 1,3,4,5-тетраметил-1*H*-имидазол-2-ил)фенокси заместители. Наличие кватернизованного атома азота придает водорастворимость и растворимость в биологических жидкостях синтезированного фталоцианина цинка, что делает его перспективным для использованияв качестве фотосенсибилизатора для ФДТ.

Фталоцианин цинка был получен впервые из соответствующего катионного фталонитрила в присутствие ДБУ, пентанола и ацетата цинка (рисунок). Данная реакция производилась при кипячении в течение 4 часов.

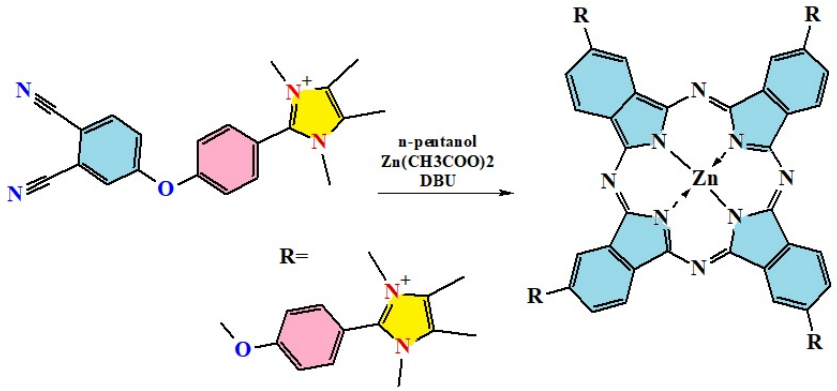


Рисунок – Схема синтеза фталоцианина цинка

В работе исследованы свойства синтезированного фталоцианина. В докладе будут обсуждаться методология синтеза фталоцианинов, содержащих 1,3,4,5-тетраметил-1*H*-имидазол-2-ил)фенокси заместители и их спектральные характеристики.

Литература:

1. Akçay, H.T. Synthesis, characterization and spectroscopic studies of novel peripherally tetra-imidazole substituted phthalocyanine and its metal complexes, the computational and experimental studies of the novel phthalonitrile derivative / H. T. Akçay, R. Bayrak, S. Karslioglu, E. Sahin // Journal of Organometallic Chemistry. - 2012.

СРАВНЕНИЕ ФОТОФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕТРАНАТРИЕВЫХ СОЛЕЙ α- И β-ЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРАКИС[2-МЕТОКСИ-4-(1*H*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИД)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНОВ ЦИНКА

Хотянович Д.В.*, *Зиминов А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: dima_hal@bk.ru

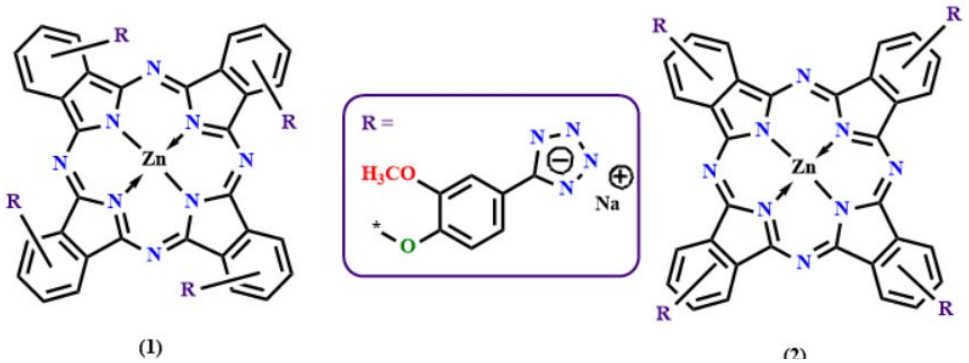
COMPARISON OF PHOTOPHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF TETRASODIUM SALTS TETRAKIS[2-METHOXY-4-(1H-TETRAZOLE-5-ID)PHENOXY]PHTHALOCYANINES ZINC

Khotianovich D.V.*, *Ziminov A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Комплексы фталоцианинов с металлами обладают уникальными фотофизико-химическими свойствами и находят применение в качестве красителей, фотокатализаторов, фотополупроводников, а также в качестве фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии рака. На сегодняшний день всё больший интерес вызывают металлофталоцианины, содержащие биологически активные гетероциклические заместители, поскольку такие металлофталоцианины могут являться высокоэффективными фотосенсибилизаторам [1].

По этой причине были получены тетранатриевая соль 1(4),8(11),15(18),22(25)-тетракис[2-метокси-4-(1*H*-тетразол-5-ид)фенокси]фталоцианина цинка **(1)** и тетранатриевая соль 2(3),9(10),16(17),23(24)-тетракис[2-метокси-4-(1*H*-тетразол-5-ид)фенокси]фталоцианина цинка **(2)**.



(1) (2)

Выходы водорастворимых форм соединений **(1)** и **(2)** составили 29,9 % и 40,2 %, соответственно, что говорит о влиянии стерического фактора при одинаковых условиях синтеза. Только мономерные формы фотосенсибилизаторов способны генерировать синглетный кислород, в связи с чем был определен диапозон соблюдения закона Бугера-Ламберта-Бера. Для соединения **(1)** диапазон шире за счёт стерического напряжения, которое выводит заместители из плоскости макрогетероцикла – до 18 мкмоль/л, для **(2)** – до 11 мкмоль/л. Квантовые выходы генерации синглетного кислорода в ДМСО для соединений **(1)** и **(2)** составили 0,64 и 0,59, соответственно. Были определены константы фотодеструкции фотосенсибилизаторов, для **(1)** $12{,}1*10^{-6}$, для **(2)** $9{,}7*10^{-6}$.

Литература:

1. Зиминов, А.В. Синтез 4-(4-гидразинилфенокси)фталонитрила и фталонитрилов на его основе, содержащих N-гетероциклы / А.В. Зиминов, Д.И. Пудова, А.И. Колганова, М.А. Стретович, М.А. Фурман, С.М. Рамш // Макрогетероциклы, 2015. – ТОМ 8, ВЫПУСК 1. – С. 26-31.

СРАВНЕНИЕ ФОТОФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕТРАНАТРИЕВЫХ СОЛЕЙ α- И β-ЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРАКИС[2-МЕТОКСИ-4-(1*H*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИД)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНОВ ХЛОРИДА ИНДИЯ

Хотянович Д.В.*, *Киселева А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: dima_hal@bk.ru

COMPARISON OF PHOTOPHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF TETRASODIUM SALTS TETRAKIS[2-METHOXY-4-(1H-TETRAZOLE-5-ID)PHENOXY]PHTHALOCYANINES CHLORIDE INDIUM

Khotianovich D.V.*, *Kiseleva A.U.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фотодинамическая терапия – не инвазивный метод лечения раковых заболеваний, заключающийся в генерации активных форм кислорода под действием света с участием фотосенсибилизаторов. Такими соединениями являются водорастворимые формы производных порфиринов, хлоринов и фталоцианинов, которые широко применяются для лечения различных патологий, например, дерматологические, офтальмологические заболевания и опухоли.

В связи с этим были синтезированы тетранатриевая соль 1(4),8(11),15(18),22(25)-тетракис[2-метокси-4-(1*H*-тетразол-5-ид)фенокси]фталоцианина хлорида индия **(1)** и тетранатриевая соль 2(3),9(10),16(17),23(24)-тетракис[2-метокси-4-(1*H*-тетразол-5-ид)фенокси]фталоцианина хлорида индия **(2)**.



(1) (2)

Выходы анионных форм металлофталоцианинов **(1)** и **(2)** составили 10,3 % и 21,7 %, соответственно. Сохранение закона Бугера-Ламберта-Бера в ДМСО изучалось для определение концентрации раствора, где фотосенсибилисаторы находятся только в мономерной форме, которая способна генерировать АФК. Диапазон соблюдения закона БЛБ для соединения **(1)** шире за счёт стерического расположения заместителей в макрогетероцикле – до 30 мкмоль/л, для **(2)** – до 28 мкмоль/л. Квантовые выходы генерации синглетного кислорода в ДМСО для соединений **(1)** и **(2)** высокие за счет большего количества растворенного кислорода в воде – 0,93 и 0,94, соответственно. Одним из факторов выведение фотосенсибилизатора из организма является константа фотодеструкции – разрушение фотосетсибилизатора под действием света, которая определялась в ДМСО. Так, для **(1)** константа фотодеструкции составила $2{,}2*10^{-5}$, для **(2)** $5{,}7*10^{-5}$.

В докладе будет представлена схема синтеза, выделения и очистки, строение подтверждено ^{1}H ЯМР-спектроскопией, также сравнение фотофизико-химических свойств будет продемонстрировано с помощью УФ-спектроскопии.

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ 5-ФЕНИЛ-2-(4-ТОЛИЛ)-2*H*-ТЕТРАЗОЛА

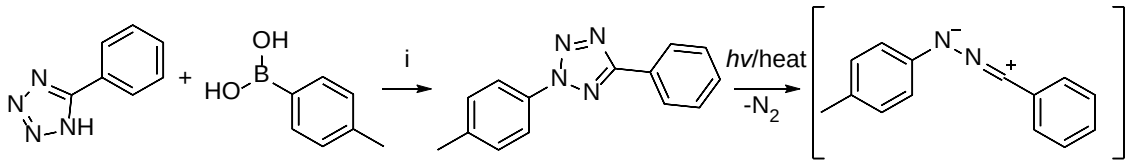
Чернов И.С.*, *Новожилова Д.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии органических соединений азота
e-mail: chernowvana@gmail.com

THERMAL DECOMPOSITION OF 5-PHENYL-2-(4-TOLYL)-2H-TETRAZOLE

Chernow I.S.*, *Novozhilova D.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние десятилетие стремительное развитие получила концепция Photoclick-Chemistry, в которой активная частица нитриламин, способная вступать в реакции с нуклеофилами, генерируется путем фотоиндуцированного разложения 2,5-диарилтетразолов [1]. Однако данный метод не удобен, поскольку требуется использование специализированного оборудования, способного генерировать излучение с выбранной длиной волны, следовательно, требуется найти иной метод получения нитриламинов. Одним из перспективных вариантов получения нитриламинов является термическое разложение 2,5-диарилтразолов [2].

В рамках данной работы был произведен синтез 5-фенил-2-(4-толил)-2*H*-тетразола (схема), а затем проведены термогравиметрические исследования (рисунок).



i: 95°C, MS 4Å, DMSO(dry), Cu_2O (5 mol.%); air; 8 h; 70%

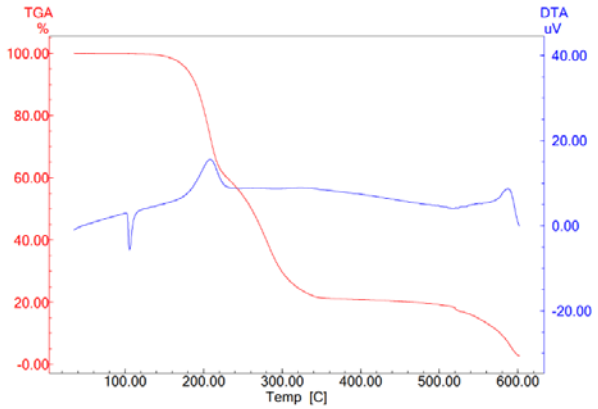


Рисунок – Дериватограмма 5-фенил-2-(п-толил)-2*H*-тетразола

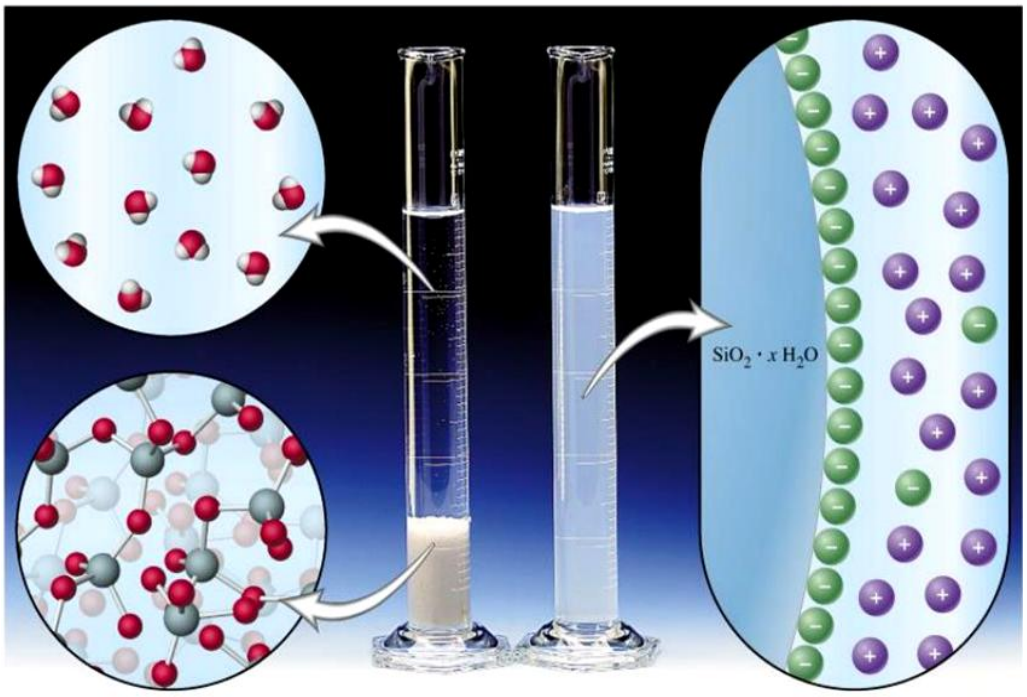
Как видно из дериватограммы, температура начала активного разложения составила 153 °C. Данные условия доступны практически в любой лаборатории, что делает данную методику достаточно перспективной.

Литература:

1. Zhang Y., Liu W., Zhao Z. K. Nucleophilic Trapping Nitrilimine Generated by Photolysis of Diaryltetrazole in Aqueous Phase // *Molecules.* 2014. V.19. p. 306-315; doi:10.3390/molecules19010306

2. Ostrovskii V.A., Koldobskii G.I., Trifonov R.E., Tetrazoles. In: *Comprehensive heterocyclic chemistry III.*, A.R. Katrizky, C.A. Ramsden, E.F.V. Scriven, and R.J.K. Taylor, Eds.; Elsevier: Oxford, 2008; V.6. p. 257-424

СЕКЦИЯ 4
ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ И КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ



ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ СОПОЛИМЕРА ЭТИЛЕНА И ВИНИЛОВОГО СПИРТА РАЗЛИЧНЫМИ ХЛОРИРУЮЩИМИ АГЕНТАМИ

Бабаев А.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

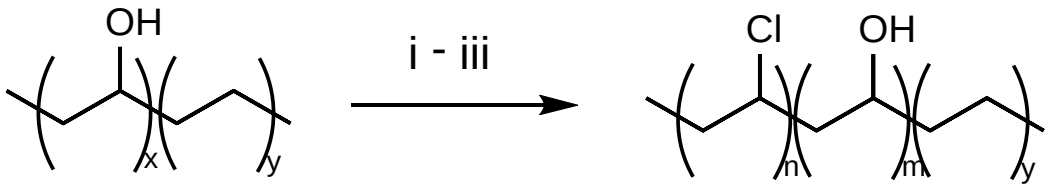
e-mail: keyas987@gmail.com

CHEMICAL MODIFICATION OF ETHYLENE AND VINYL ALCOHOL COPOLYMER BY VARIOUS CHLORINATING AGENTS

Babaev A.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Потребность в полимерных материалах более сложной структуры для конкретных применений привела к развитию химической модификации синтетических полимеров. Поиск новых химических модификаций полимеров представляет собой интересный подход к изменению их свойств и, соответственно, конечной применимости. Так, например, возрастает популярность применения сополимера этилена и винилового спирта (СЭВС *англ.* EVAL или EV-OH) и его модификации, объем потребления которых составляет более 200 тыс. т в год. Химическая модификация СЭВС происходит за счет превращения функциональной -OH группы, придавая полимеру совершенно новые свойства [1-2]. Хлорированные полимеры, как правило, повышают устойчивость к агрессивным средам и придают огнезащитные характеристики различным композициям.



i: $SOCl_2$ / $CHCl_3$ / 25 - 60 °C / 2 - 48 ч
ii: PCl_5 / C_2Cl_4 / 50 - 100 °C / 2 - 24 ч
iii: $POCl_3$ / $CHCl_3$ / 25 - 60 °C / 2 - 24 ч

Нами был предложен способ получения хлорированных СЭВС на примере марки H171B (32 % - этиленовые звенья, 68 % винил-спиртовые звенья). В зависимости от условий реакций (см. схему) были получены продукты с разной степенью хлорирования (5 – 96 % по ^{1}H ЯМР). Стоит отметить, что $SOCl_2$ можно использовать в качестве растворителя, однако при этом возникает побочное присоединение сульфогрупп и сульфогалогенидов, что видно на ИК-спектрах. В дальнейшем будет исследовано хлорирование с применением пиридина и ДМФА в качестве катализатора.

Литература:

1. Sánchez-Chaves M., Ruiz C., Cerrada M.L., Fernández-García M. (2008), Novel glycopolymers containing aminosaccharide pendant groups by chemical modification of ethylene–vinyl alcohol copolymers. Polymer, V. 49: I. 12: 2801-2807. ISSN 0032-3861, https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.04.047

2. Park, E.-S., Kim, H.K., Shim, J.H., Kim, M.-N. and Yoon, J.-S. (2004), Synthesis and properties of polymeric biocides based on poly(ethylene-co-vinyl alcohol). J. Appl. Polym. Sci., V. 93: 765-770. https://doi.org/10.1002/app.20534

ЭПОКСИДИРОВАНИЕ ПОЛИБУТАДИЕНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСОВОЛЬФРАМАТ-АНИОНА

Бабаев А.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

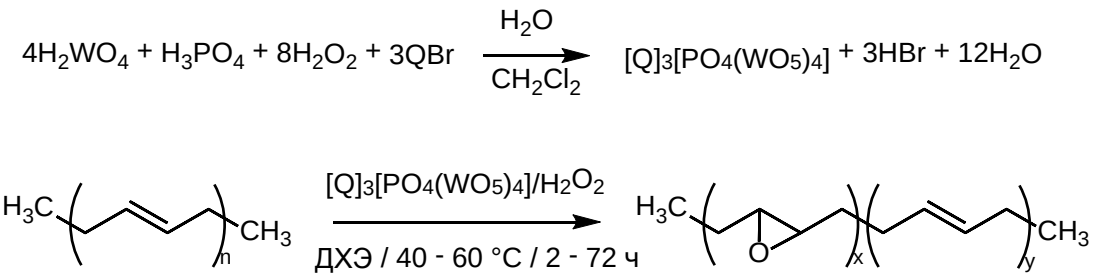
e-mail: keyas987@gmail.com

EPOXIDATION OF POLYBUTADIENE USING A PHASE-TRANSFER CATALYST BASED ON POLYOXOTUNGSTATE ANION

Babaev A.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из популярных методов химической модификации бутадиеновых каучуков (ПБ) по двойным связям является эпоксидирование. Введение эпоксидных групп увеличивает полярность ПБ и взаимодействие между макромолекулярными цепями, что улучшает стойкость к истиранию, маслостойкость, прочность сцепления (особенно на металлических поверхностях), герметичность и совместимость с полярными веществами. Эпоксидные группы также могут выступать реакционными центрами для дальнейшей модификации, а также взаимодействовать с аминными и ангидридными отвердителями. В последнее время получает популярность эпоксидирование с применением межфазных катализаторов на основе полиоксометаллат-анионов [1]. Их преимуществами являются то, что они не вызывают побочных реакций с раскрытием эпоксидных групп, а также возможность регенерации.



В работе проводилось эпоксидирование цис-1,4-полибутадиена (СКДН-Н). Для этого использовались аммониевые катионы, обладающие разной липофильностью. Степень эпоксидирования достигалась до 80 %. Скорость реакции возрастает при увеличении числа атомов углерода в катионе катализатора. Замечено, что при увеличении содержания углерода разделение органической и водной фаз происходит значительно дольше, что усложняет процесс выделения чистого продукта от катализатора.

Литература:

1. Xu, L., Li, B.-G., Jie, S., Li, Z., & Bu, Z. (2019). 110th Anniversary: The Epoxidation of Polybutadiene via Reaction-Controlled Phase-Transfer Catalysis. Industrial & Engineering Chemistry Research, 58(29), 13085-13092. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b02371

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Лейнсоо А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: albertleinsoo@mail.ru

SOFTWARE MODULE FOR MONITOING MATERIAL FLOWS OF OIL REFINING PROCESS

Leinsoo A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тезисы посвящены программному модулю мониторинга процесса переработки нефти. Система реализована с использованием платформы разработки JMIX [1].

Модуль реализует: визуализацию схемы сквозного производственного процесса; получение достоверной оперативной первичной информации по всем параметрам производственного процесса; формирование и мониторинг показателей сквозных бизнес-процессов; обеспечение возможности моделирования производственных процессов и прогнозирования производственных показателей; формирование стандартной отчетности на основе консолидированных данных; предоставление средств стандартной и расширенной аналитики; формирование единого информационно-технологического пространства, обеспечивающего согласованность данных всех уровней и решение проблемы фрагментации данных в различных системах.

Программный модуль реализован на языке программирования Java [2] в среде разработки IntelliJ IDEA и имеет интерфейс, показанный на рисунке. Перспективой развития работы является расширение функциональности за счёт увеличения количества интеграций с корпоративными информационными системами и системами уровня АСУ ТП.

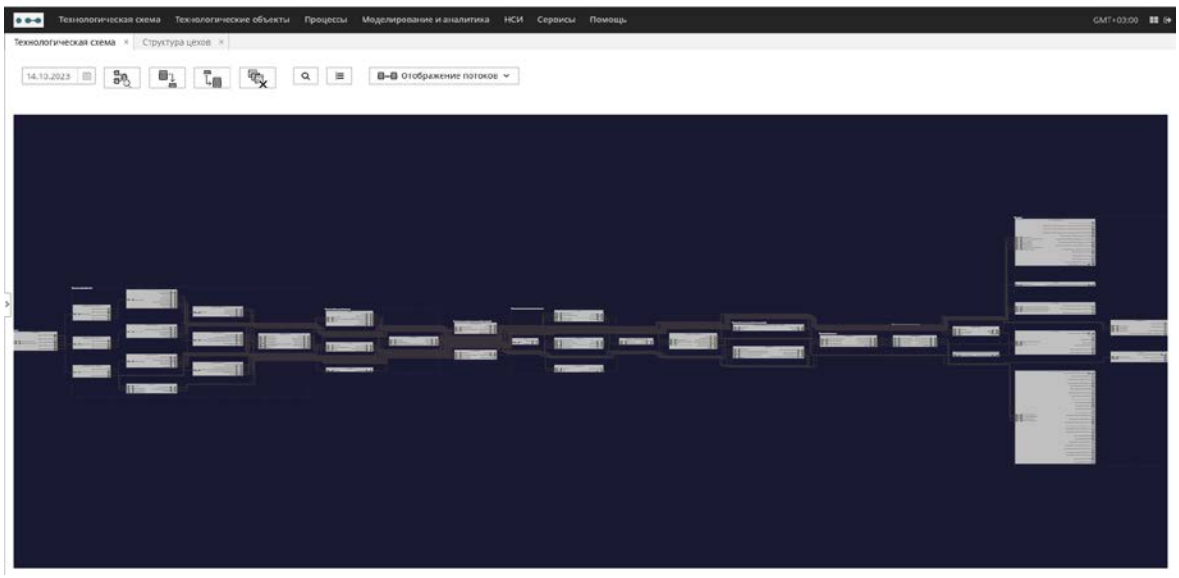


Рисунок – Пример интерфейса программы

Литература:

1. Лейнсоо А.А., Дробинцев П.Д. Разработка корпоративных приложений с использованием платформы быстрой разработки JMIX. / конференция «Современные технологии в теории и практике программирования»- СПб.: СПбПУ, 2023.- С. 208-209.

2. Прохоренок Н.А. Основы Java. / СПб.: БХВ, 2019.- 768 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕССОВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ПЛАВЛЕНИЯ В КАУЧУКЕ СКД-Nd

***Маслацова А.А.*[1,2], *Плешков А.В.*[1,2], *Михайлова М.К.*[2], *Стольников В.И.*[2], *Булкина А.К.*[1]**

[1]*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров*

e-mail: aa.maslatsova@fgupniisk.ru

EFFECT OF PRESSING TEMPERATURE ON CRYSTALLIZATION AND MELTING PROCESSES IN RUBBER BR-Nd

***Maslatsova A.A.*[1,2], *Pleshkov A.V.*[1,2], *Mikhailova M.K.*[2], *Stolnikov V.I.*[2], *Bulkina A.K.*[1]**

[1]*Federal State Budgetary Institution «S.V. Lebedev Institute of Synthetic Rubber»,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Известно, что температурная предыстория полимера влияет на его кристаллизацию и плавление [1].

В качестве образцов использован бутадиеновый каучук, полученный на неодимовой каталитической системе (СКД-Nd), а также плёнки на его основе. Плёнки толщиной 0,4 мм изготавливались методом прессования при температурах 50±3 °С и 115±3 °С. Температуры переходов определялись методом ДСК по ГОСТ Р 56724-2015. Скорость охлаждения и нагрева составляла 5 °С/мин.

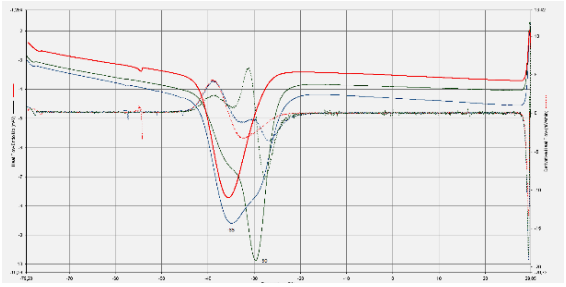


Рисунок 1 – Кривые ДСК, полученные при охлаждении исходного СКД-Nd (красный) и плёнок, отпрессованных при температурах 50 °С (синий) и 115 °С (зеленый).

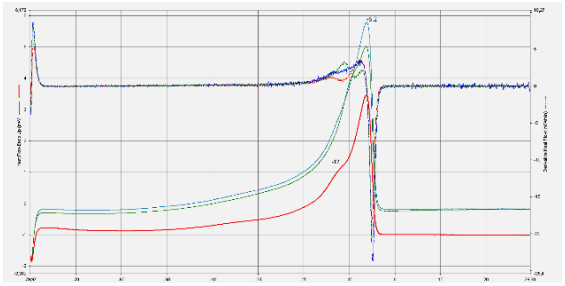


Рисунок 2 – Кривые ДСК, полученные при нагревании исходного СКД-Nd (красный) и плёнок, отпрессованных при температурах 50 °С (синий) и 115 °С (зеленый).

На рисунке 1 представлены кривые ДСК, полученные при охлаждении. Из графиков видно, что для прессованных образцов характерно проявление двух экзотермических пиков, соответствующих кристаллизации. При этом при увеличении температуры прессования существенно изменяется соотношение площадей низкотемпературного и высокотемпературного пиков. Температуры пиков кристаллизации T_{pc} практически не изменяются. На кривых ДСК, полученных при нагревании (рисунок 2), также наблюдается двойной пик плавления, характерный для всех исследованных образцов. Это может свидетельствовать об образовании в каучуке СКД-Nd двух типов кристаллических структур, соотношение которых зависит от температуры прессования.

Литература:

1. Тагер, А.А. Физикохимия полимеров / А.А. Тагер. - 4-е изд. - Москва: Научный мир, 2007. - 576 с.

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ С РАСКРЫТИЕМ ЦИКЛА D,L-ЛАКТИДА, КАТАЛИЗИРУЕМАЯ КОМПЛЕКСАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С N,O-ДОНОРНЫМИ ЛИГАНДАМИ

***Матвиенко В.Д.*[1,2], *Никифоров А.А.*[2], *Панина Н.С.*[1], *Еремин А.В.*[2], *Коржикова-Влах Е.Г.*[2], *Степанова М.А.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров,
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук
e-mail: vdmatvienko@gmail.com

RING-OPENING POLYMERIZATION OF D,L-LACTIDE CATALYZED BY TRANSITION METAL COMPLEXES WITH N,O-DONOR LIGANDS

***Matvienko V.D.*[1,2], *Nikiforov A.A.*[2], *Panina N.S.*[1], *Eremin A.V.*[2], *Korzhikova-Vlakh E.G.*[2], *Stepanova M.A.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*Institute of Macromolecular Compounds of Russian Academy of Sciences*

Поли-D,L-лактид (ПЛА) – это биосовместимый и биоразлагаемый полиэфир который широко применяется в медицинской индустрии. В настоящее время основным методом получения ПЛА является полимеризация с раскрытием цикла (ПРЦ) D,L-лактида (ЛА) с использованием катализатора октоата олова(II). Однако данный метод имеет недостатки, такие как токсичность катализатора, сложность контроля молекулярных масс и дисперсности получаемого ПЛА. Перспективными с точки зрения разработки эффективных, малотоксичных и стабильных при хранении катализаторов для полимеризации ЛА являются карбоксилатные и β-дикетонатные комплексы переходных металлов с N-донорными лигандами.

В настоящей работе исследована каталитическая активность ряда новых смешаннолигандных N,O-донорных моноядерных комплексов никеля(II) и цинка(II) в реакции ПРЦ D,L-лактида в расплаве и растворе мономера с добавлением и без инициатора (бензилового спирта). Полученные образцы ПЛА были проанализированы методами гель-проникающей хроматографии, масс-спектрометрии (ESI-MS), ^{1}H ЯМР-спектроскопии.

Все комплексы продемонстрировали наличие каталитической активности в ПРЦ ЛА при полимеризации в расплаве вне зависимости от присутствия или отсутствия в системе инициатора. В отличие от комплексов цинка, комплексы никеля также проявляли каталитические свойства при ПРЦ ЛА в толуоле. С помощью ESI-MS и ^{1}H ЯМР-спектроскопии было установлено, что для всех комплексов в случае добавления бензилового спирта, именно он инициировал реакцию полимеризации, тогда как без добавления бензилового спирта с использованием координационных соединений никеля в образцах ПЛА присутствовала группа, представляющая собой N,N'-диалкиллактамидный фрагмент, образованный из уходящего из внутренней сферы комплексов лиганда N,N'-дибензилэтилендиамина, который действовал как инициатор. В свою очередь при полимеризации в присутствии комплексов цинка образовывалась концевая группа в виде енола ЛА, что свидетельствует об инициировании полимеризации посредством активации ЛА.

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии были установлены остаточные концентрации металлов в ПЛА, которые не превышали 1 мкг/мг ПЛА, что позволяет сделать вывод о потенциально низкой токсичности данных образцов ПЛА.

РАЗДЕЛ II.
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

СЕКЦИЯ 5
ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, ОСНОВНОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ



ПРОБЛЕМАТИКА ПРОИЗВОДСТВА ИГОЛЬЧАТОГО КОКСА В РОССИИ

Лаврова А.С., Бессонов В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: vladbessonov99@gmail.com

PROBLEMS OF NEEDLE COKE PRODUCTION IN RUSSIA

Lavrova A.S., Bessonov V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Игольчатый кокс является стратегически важным углеродным продуктом. Данный продукт является единственным сырьем для производства графитированных электродов большой мощности для электродуговых печей выплавки стали. Это обуславливается его уникальными свойствами – низким удельным электросопротивлением (4,0-6,0 мкОм*м), низким коэффициентом температурного расширения (1,4-1,8 * 10^{-7} град$^{-1}$), малой зольностью (до 0,2 %), содержанием серы до 0,5 %. Игольчатый кокс является практически полностью импортируемым продуктом. В связи с этим существует проблема в разработке отечественных технологий производства игольчатого кокса и поиска его сырьевых источников. Основным сырьем игольчатого кокса является тяжелый газойль каталитического крекинга, однако объем выпуска игольчатого кокса из него не удовлетворяет потребности РФ в данном продукте.

Вариантом решения данной проблемы является вовлечение альтернативного вида сырья в процесс получения игольчатого кокса. В статье [1] для получения анизотропного кокса рассматриваются дистиллятный крекинг-остаток и смола пиролиза. В работе [2] с этой целью исследуется процесс коксования асфальта, полученного пропановой деасфальтизацией гудрона.

К основным требованиям, выдвигаемым к сырью производства анизотропного кокса, относятся содержание серы до 0,2 %, высокое содержание полициклоароматических веществ (от 50 %), высокая плотность (1,01-1,05 г/см^3), тяжелый фракционный состав (50 % выкипает до 350-450 °С), коксуемость 3-10 %, содержание асфальтенов до 10 %. Следовательно, возможным альтернативным сырьем игольчатого кокса будет являться различное углеводородное сырье, обладающее вышеприведенными характеристиками. Поэтому возможным объектом исследований, направленных на поиск сырьевых источников анизотропного кокса, может являться тяжелое высокоароматичное остаточное или дистиллятное сырье с низким содержанием серы.

Литература:

1. Перспектива расширения сырьевой базы для получения игольчатого кокса / И.Р. Хайрудинов, А.А. Тихонов, М.М. Ахметов // Башкирский химический журнал. – 2011. – №3. – С. 103 – 110.

2. Влияние параметров процесса замедленного коксования асфальта на выход и качество жидких и твердофазных продуктов / Н.К. Кондрашева [и др.] // Записки Горного института. – 2020. - №241. – С. 97 – 104.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПУТЕЙ УТИЛИЗАЦИИ СИВУШНЫХ МАСЕЛ

Денисов Ю.С.*, *Бабич К.И.*, *Субботин Д.И.*, *Касимов И.Т.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии
e-mail: yra-denisov2001@yandex.ru

UTILIZATION TECHNOLOGY OF HIGH TEMPERATURE ALCOHOL DISTILLATES

Denisov Yu.S.*, *Babich K.I.*, *Subbotin D.I.*, *Kasimov I.T.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство этанола является важной отраслью народного хозяйства. Основными побочными продуктами ректификации этанол-содержащего сырья являются сивушные масла. В качестве метода их утилизации была предложена этерификация совместно с уксусной кислотой с целью получения эфиров, которые могут при смешении с исходным сырьем (сивушными маслами) применяться в хозяйственной деятельности, например, как жидкость для розжига.

Ведутся разработки промышленной технологии утилизации сивушных масел. Проведены пробные синтезы при массовом соотношении сивушных масел к ледяной уксусной кислоте 1.4-1.9, в качестве катализатора применялась концентрированная серная кислота. На рисунке представлены кривые разгонки исходного сырья и продуктов этерификации, выполненные по ГОСТ 2177-99 [1].

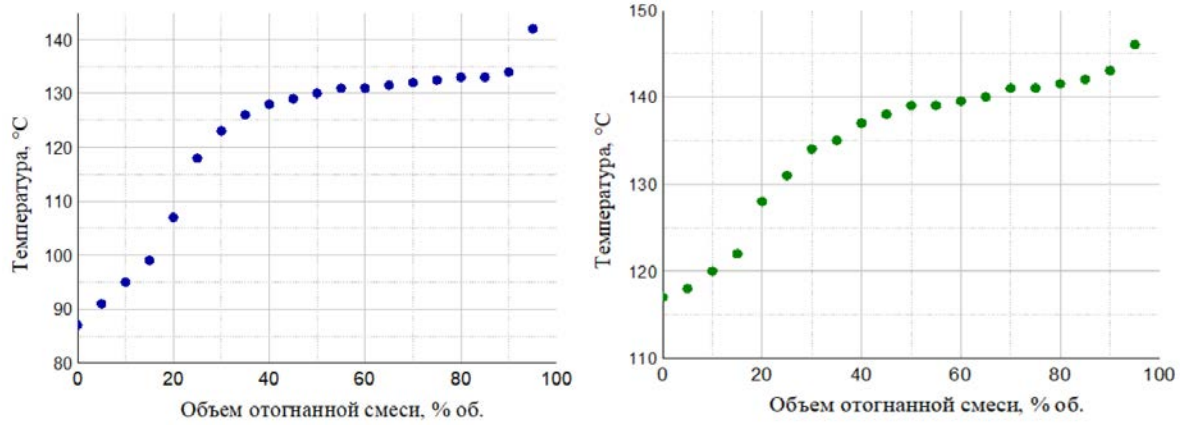


Рисунок - Кривые разгонки исходного сырья (слева) и продуктов реакции (справа)

По ГОСТ 4333-2021 [2] определены температуры вспышки в открытом тигле для сырья и продуктов реакции: 34 и 27 °C.

Таким образом, можно сделать вывод о безопасности использования полученного продукта в качестве жидкости для розжига (рисунок). В дальнейшем планируется подбор ароматических композиций, оптимального загустителя и исследование других катализаторов этерификации.

Литература:

1. ГОСТ Р 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. Национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: взамен ГОСТ 2177-82 : дата введения 2001-01-01. - Москва: Стандартинформ, 1999. -26 с.

2. ГОСТ Р 4333-2021. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. Национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: взамен ГОСТ 4333-2014: дата введения 2022-01-07. - Москва: Стандартинформ, 2021. -24 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА ПОЛУЧЕНИЯ ИГОЛЬЧАТОГО КОКСА

Дорошенко К.С., Гурко Н.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: konstantindoroshenko57@yandex.ru, gourko_n_s@mail.ru

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE RELATED COKING PROCESS ON THE PRODUCTION OF NEEDLE COKE

Doroshenko K.S., Gourko N.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Игольчатый кокс – дорогостоящий высокоструктурированный углеродный продукт – основное сырье для изготовления стратегически важной для государства продукции – высококачественных, в том числе высоконагруженных, графитовых электродов, обеспечивающих производство качественных сталей, специальных сплавов, ферросплавов. По сравнению с обычным электродным коксом игольчатый обладает более высокой термостойкостью, ярко выраженной текстурированностью и существенно снижает расход электродов на тонну выплавляемой стали. Равноценной замены игольчатому коксу в настоящее время не существует [1].

В России в настоящий момент действующее производство игольчатого кокса отсутствует. На этапе строительно-монтажных работ промышленного оборудования находится производство в г. Омск, с плановым завершением работ в 2024 г. Наряду с этим научными коллективами проводятся исследования влияния технологических параметров, состава и качества сырья на эффективность процесса замедленного коксования с целью получения высококачественного игольчатого кокса.

В рамках проведения исследований на лабораторном многофункциональном стенде, включающем камеру коксования, печь, горячий и холодный сепараторы, РДС, баллон инертного газа изучается процесс замедленного коксования нескольких типов сырья: в частности, тяжелого газойля каталитического крекинга и гидроочищенного тяжелого газойля каталитического крекинга (рисунок).

Исследования кокса и конденсата анализируется с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра «Shimadzu EDX – 8000». Бальность кокса определяется по ГОСТ 26132 – 84 «Метод оценки микроструктуры» методом сопоставления структуры, видимой в электронном микроскопе, с изображениями по контрольным шкалам.

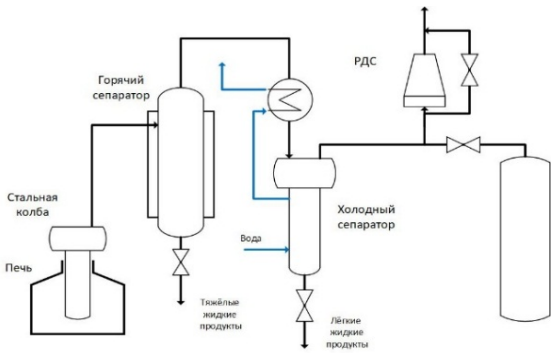


Рисунок – Схема установки коксования

В ходе проведенных исследований показано, что подготовка сырья процесса коксования со снижением серосодержащих соединений (тяжелая гидроочищенная фракция (450 + °C)) приводит к снижению показателей серы и получению кокса с микроструктурой, соответствующей требованиям к игольчатому коксу. В настоящее время проводятся исследования по влиянию технологических параметров на эффективность процесса замедленного коксования с целью получения высококачественного игольчатого кокса.

Литература:

1. Р.А. Мейерс (ред.) Основные процессы нефтепереработки Справочник: пер. с англ. 3-го изд./ {Мейерс Р. А и др}; под ред. О.Ф. Глаголевой, О.П. Лыкова. – СПб, ЦОП «Профессия», 2011. – с. 281 - 304

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ МЕТАНОЛА

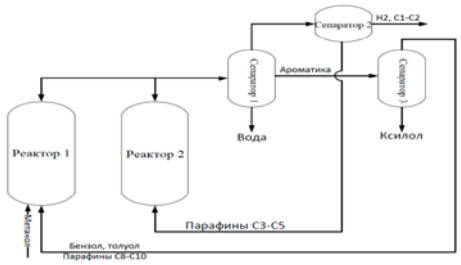
Евстигнеева Е.С.*, *Смирнова Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий
e-mail: evstigneeva76@mail.ru, daria.a.smirnova@gmail.ru

PRODUCTION TECHNOLOGY OF AROMATIC HYDROCARBONS FROM METHANOL

Evstigneeva E.C.*, *Smirnova D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Углеводороды ароматического ряда, такие как бензол, толуол, ксилолы, являются важными продуктами массового производства в нефтехимической промышленности. В настоящее время их синтезируют в основном при помощи процесса каталитического риформинга.

Процесс производства ароматических углеводородов из метанола (МТА) – это технология, которая превращает метанол в смесь бензола, толуола, ксилолов, этилбензола и других углеводородов. Этот процесс становится все более актуальным в связи с истощением нефтяных ресурсов.



Рисунок

На рисунке представлена схема установки МТА [1], где метанол проходит через первый реактор при температуре 450-500 °С и превращается в смесь ароматических углеводородов и парафинов. Для увеличения выхода ксилола, парафины С6-С10 вместе с бензолом и толуолом возвращается в первый реактор. Во втором реакторе при более высоких температурах (520-550 °С) парафины С3-С5 возвращаются в ароматику.

В целом, производство ароматических углеводородов из метанола имеет большой потенциал для развития и применения в различных отраслях промышленности. Постоянные исследования и разработки новых катализаторов и процессов помогут улучшить эффективность и экономическую целесообразность данного процесса, что в свою очередь приведет к увеличению его применения и значимости в химической промышленности.

Производство ароматических углеводородов из метанола имеет несколько преимуществ. Во-первых, метанол является доступным и дешевым сырьем, которое может быть получено из различных источников, включая природный газ, уголь и биомассу. Во-вторых, процесс производства ароматических углеводородов из метанола является более экологически чистым по сравнению с традиционными методами производства, такими как нефтепереработка.

Однако производство ароматических углеводородов из метанола также имеет свои недостатки. Например, процесс требует высоких температур и давлений, что может потребовать значительных энергетических затрат. Кроме того, селективность процесса может быть проблемой, поскольку возможно образование побочных продуктов или нежелательных реакций.

Литература:

1. Мискина Д. Производство ароматических углеводородов из метана. – Сборник трудов XII научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 194-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), в рамках мероприятий 2022 года по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2022 – С.105.

К ВОПРОСУ О КИНЕТИКЕ ГОМОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА ДО КИСЛОТ В ПРИСУТСТВИИ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ВАЛЕНТНОСТИ

Клементьев В.Н., Куклина К.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: kvn@technolog.edu.ru

ON THE QUESTION OF THE KINETICS OF HOMOGENEOUS-CATALYTIC OXIDATION OF PARAFFIN HYDROCARBONS WITH AIR OXYGEN TO ACIDS IN THE PRESENCE OF METAL SALTS OF VARIABLE VALENCE

Klementyev V.N., Kuklina K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях объективной реальности наблюдается существенное возрастание потребности в целом ряде важных продуктов органического синтеза, в том числе кислородсодержащих соединений, таких как, спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и их сложные эфиры.

В настоящее время для получения кислородсодержащих соединений, упомянутых выше, в основном, применяется реакция оксосинтеза, проводимая в жестких условиях. Альтернативным направлением производства может выступать реакция окисления, которая проводится в существенно более мягких условиях.

Известно, что образование продуктов окисления парафинов в основных чертах укладывается в рамки общепринятой схемы окисления углеводородов и в целом зависит от катализаторов, применяемых в процессе.

Реакция окисления парафинового углеводорода кислородом воздуха с образованием кислот может быть описана уравнением следующего вида:

$$R\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}R' + 2.5\ O_2 \rightarrow R\text{-}COOH + R'\text{-}COOH + H_2O$$

Целью данной работы является определение частных порядков реакции. В общем случае скорость реакции может быть записана в виде уравнения формальной кинетики:

$$r = k \cdot \prod C_i^n,$$

где: k – наблюдаемая константа скорости реакции;

C – концентрация реагентов, моль·л$^{-1}$;

n – порядок реакции.

При этом показатель «n» указывает на общее влияние концентрации каждого реагента на скорость. Порядок реакции определяли методом начальных скоростей. В результате экспериментального определения было установлено, что частный прядок по углеводородам близок к 1, а для кислорода значение составило 0.

Таким образом, скорость реакции гомогенно-каталитического окисления парафиновых углеводородов кислородом воздуха до кислот в присутствии солей металлов переменной валентности не зависит от концентрации кислорода.

СПОСОБ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО И НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Ковалёв И.Ю.*, *Мик И.И.

Санкт-петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: ilya-kovalev-1999@list.ru, mikskreg11@gmail.com

METHOD FOR HYDROGENATION PROCESSING OF PLANT AND PETROLEUM RAW MATERIALS

Kovalev I.Y.*, *Mik I.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Неблагоприятные прогнозы сокращения запасов природных невозобновляемых источников углеводородных топлив и высокие цены на нефть привели к интенсивным поискам и исследованиям новых источников топлив, ориентированных главным образом на возобновляемое сырье растительного происхождения: биомассу, масличные культуры, отходы сельскохозяйственного производства и т.д. Наибольшие перспективы в решении этих задач имеет применение биодизельного топлива.

Биодизельное топливо может быть получено из растительных масел любого происхождения (рапсового, пальмового, подсолнечного) путем переэтерификации их метанолом или этанолом.

Биотопливо — топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов.

Целью является разработка способа совместной гидрогенизационной переработки продуктов гидрокрекинга непищевых растительных масел и нефтяных фракций с получением в качестве целевого продукта реактивного топлива, соответствующего требованиям стандартов на топливо РТ и Jet A-1.

Для решения поставленной задачи предлагается способ гидрогенизационной переработки растительного и нефтяного сырья. Первая стадия - гидродезоксигенирование с получением гидрогенизата и последующим отделением воды, на второй стадии - гидрокрекинг с получением гидрогенизата гидрокрекинга. В качестве нефтяного сырья используют малосернистые керосино-газойлевые дистилляты с остаточным содержанием серы и азота не более 10 мг/кг, выкипающие в интервале температур 150-350 °С.

Стадию гидродезоксигенирования растительного масла осуществляют при давлении 5-8 МПа, температуре 360-420 °С.

Стадию гидрокрекинга дезоксигенированного растительного масла осуществляют при давлении 10-14 МПа, температуре 380-430 °С.

Достоинством способа является возможность вовлечения в переработку непищевого растительного масла и нефтяных фракций, выкипающих в интервале температур 150-350 °С, что существенно расширяет сырьевую базу для производства реактивного топлива [1].

Литература:

1.Гуляева Л.А., Виноградова Н.Я., Хавкин В.А. Способ гидрогенизационной переработки растительного и нефтяного сырья.

СИНТЕЗ ЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ТЯЖЕЛОГО ГАЗОЙЛЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ

Косенкова А.А., Семикин К.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий.

e-mail: kosenkova1123@mail.ru; kirse@mail.ru

SYNTHESIS OF EFFECTIVE CATALYSTS FOR HYDROTREATING HEAVY GAS OIL FOR THE PREPARATION OF RAW MATERIALS FOR THE COKING PROCESS

Kosenkova A.A., Semikin K.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Традиционно в качестве сырья для получения нефтяного игольчатого кокса используются дистиллятные крекинг-остатки, тяжелые смолы пиролиза, тяжелые газойли каталитического крекинга с обязательной предварительной гидроочисткой сырья [1]. Тяжелые газойли каталитического крекинга являются наиболее предпочтительным видом сырья для получения высокоанизотропного игольчатого кокса. Такое сырье характеризуется высокой плотностью, низкой вязкостью, высоким содержанием ароматических углеводородов, но при этом высоким выходом кокса и низким содержанием серы в случае предварительной гидроочистки сырья установки.

Классическими катализаторами гидроочистки нефтяных фракций являются алюмокобальтмолибденовый (АКМ) и алюмоникельмолибденовый (АНМ) катализаторы. Стандартные реакции гидроочистки приведены на рисунке. При этом, согласно приведенным реакциям, в процессе происходят нежелательные реакции гидрирования ароматических соединений, что снижает количество ароматических соединений, благоприятно влияющих на получение игольчатого кокса.

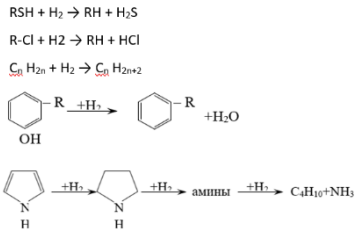


Рисунок – Химизм процесса гидроочистки

В настоящее время значительное внимание уделено использованию наночастиц на основе Mo в качестве селективных катализаторов процесса гидроочистки [2]. Результаты, приведенные в источниках, показывают, что гидроочистка малым количеством наночастиц на основе Mo_2C и MoS_2 позволяет селективно удалять олефины и серу без перегидрирования полиароматических соединений [2], что является целевой задачей для получения сырья требуемого качества для процесса коксования.

Лабораторные опыты заключаются в определении оптимального соотношения компонентов при изготовлении катализаторов гидроочистки, обеспечивающих максимальное содержание ароматических соединений в продуктовых фракциях процесса.

Литература:

1. Запорин В.П. Способ получения нефтяного игольчатого кокса // Акционерное общество «Газпромнефть - Омский НПЗ» (АО «Газпромнефть-ОНПЗ» (RU) – 2019.

2. He Liu. Molybdenum Carbide and Sulfide Nanoparticles as Selective Hydrotreating Catalysts for FCC Slurry Oil to Remove Olefins and Sulfur // *Nanomaterials.* – 2021.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ АСФАЛЬТИТОВ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Кузнецова В.М., Флисюк О.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов

e-mail: vik_kuz@inbox.ru

THE USE OF SYNTHETIC ASPHALTITES IN ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Kuznetsova V.M., Flisyuk O.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Качество дорожных покрытий напрямую влияет на скорость движения, износ шин автомобилей, а также на качество жизни населения. Поэтому необходимо постоянно обеспечивать высокое качество дорожных покрытий, которое будет соответствовать современным требованиям безопасности и комфорта [1].

Одним из вариантов обеспечения качества дорожных покрытий предлагается использование синтетических асфальтитов. Для их получения был использован процесс окисления тяжелых нефтяных остатков при высокой температуре и непрерывной подаче воздуха. Полученные образцы синтетических асфальтитов были отправлены на следующие этапы исследований.

Первый этап исследований заключался в модифицировании битумного вяжущего синтетическими асфальтитами. Добавка данного продукта (от 2 до 5 % мас.) в битум существенно изменяет его реологические свойства, а именно: происходит увеличение динамической вязкости, увеличивается термоокислительная стабильность, улучшается когезия и адгезия. При установлении таких закономерностей была сформирована гипотеза: асфальтобетонная смесь, приготовленная на модифицированном битумном вяжущем, будет лучше противостоять пластическим деформациям, выносу минеральных материалов под воздействием автомобильного транспорта, тем самым срок службы дорожного покрытия будет увеличен.

Второй этап исследований заключался в установлении дальнейшего влияния синтетических асфальтитов в составе асфальтобетонной смеси. В лабораторных условиях были приготовлены образцы асфальтобетонных смесей с целью определения их физико-механических свойств. При добавлении битумного вяжущего с синтетическим асфальтитом в асфальтобетонную смесь было выявлено положительное влияние на смесь: отмечается увеличение прочности и плотности материала, снижается средняя глубина колеи.

Проведенные лабораторные исследования позволяют сделать вывод о том, что добавка синтетического асфальтита позволяет повысить эффективность транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог. Благодаря использованию синтетических асфальтитов можно создавать качественные дорожные покрытия, что является важным фактором для развития городской инфраструктуры [2].

Литература:

1. Аверьянов, Н.С. Управление качеством строительства автомобильных дорог // Молодой ученый. - 2021. - № 50 (392). - С. 41-43.

2. Майданова Н.В., Колесов В.В., Васильев В.В., Саламатова Е.В., Романенко Ю.Н. Использование природных и синтетических асфальтов как один из путей увеличения межремонтного срока службы автомобильных дорог // Дороги России XXI века. 2019. №3 (111). С. 28-41.

ДИМЕРИЗАЦИЯ МЕТАНА В СРЕДЕ ПЛАЗМЫ ПОД ДЕЙСТИВЕМ КАТАЛИЗАТОРА

Кульков М.М.*, *Мик И.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: janflemming@yandex.ru, mikskreg11@gmail.com

DIMERIZATION OF METHANE IN A PLASMA MEDIUM UNDER THE ACTION OF A CATALYST

Kulkov M.M.*, *Mik I.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На сегодняшний день основным способом получения различных углеводородов является пиролиз, в котором используются температуры свыше 800 °С и давление около 30 Мпа. В виду больших энергетических затрат на поддержание таких условий, в наше время активно ведется поиск и создание новых способов. Одним их таких способов является димеризация метана. А для создания мягких условий можно использовать плазму и катализатор.

Целью данной работы является исследования изменения каталитической активности алюмосиликатного цеолита ZSM5 в среде плазмы.

Катализатор помещается в среду плазмы. В реактор подается метан с объемной скоростью 100 мл/мин. Газовая смесь на выходе из реактора анализируется при помощи хроматографа. Зависимость выхода этана и водорода от времени обработки представлена на рисунке.

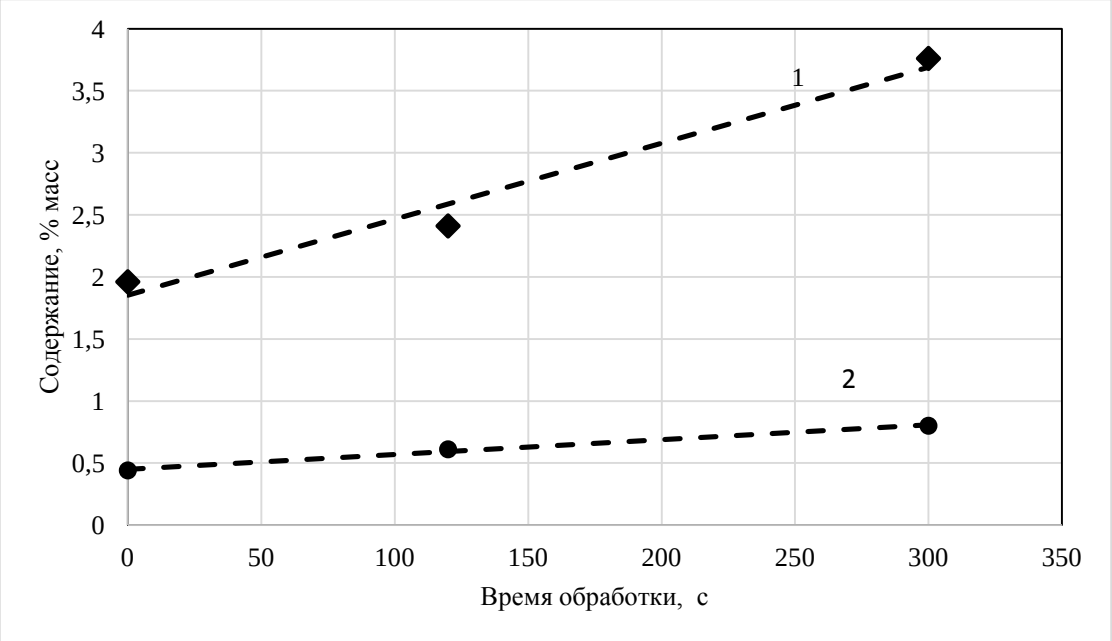


Рисунок – Выход этана и водорода.
1 – водород, 2 – этан

Таким образом, можно сделать вывод, что выход продуктов димеризации метана прямо пропорционально времени обработки в плазме под действием катализатора.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кульков М.М.*, *Мискина Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий.

e-mail: janflemming@yandex.ru, dmiskina9@gmail.com

APPLICATION OF PLASMA TECHNOLOGY FOR REGENERATION OF CATALYTIC SYSTEMS

Kulkov M.M.*, *Miskina D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На сегодняшний день современную промышленность невозможно представить без использования катализаторов. Только в химической промышленности каталитические процессы обеспечивают более 80 % продукции. Не менее 95 % промышленных реакций – это каталитические процессы в химических и нефтехимических производствах. Со временем любой катализатор теряет свои каталитические свойства. Стоимость некоторых каталитических систем очень высока, из-за чего их регенерации уделяется большое внимание в химической промышленности.

Целью данной работы является разработка методики регенерации катализатора с помощью плазмы.

Закоксованный цеолитсодержащий катализатор ZSM-5 помещается в среду плазмы. Дополнительно подается метан для создания среды плазмы. Зависимость содержания кокса от времени пребывания в плазме представлена на рисунке.

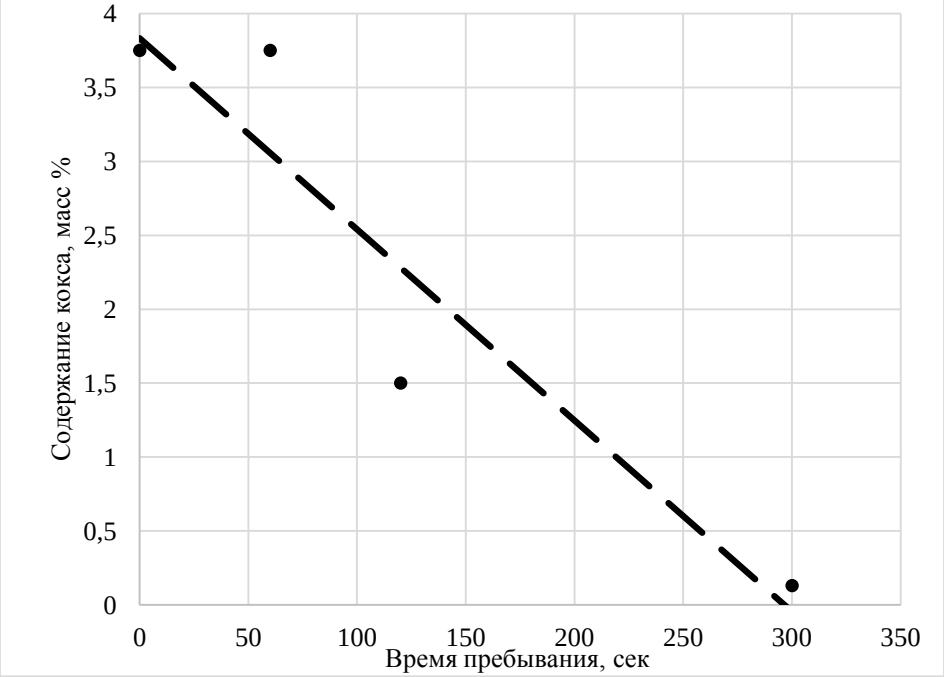


Рисунок – Содержание кокса на катализаторе от времени пребывания в плазме.

Таким образом, можно сделать вывод, что содержание кокса на поверхности катализатора обратно пропорционально времени пребывания катализатора в плазме.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА

Мельшина Е.М.*, *Осипенко У.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий
e-mail: melshina.evgenia@yandex.ru, osipenko.u@gmail.com

MODELING OF LOW-TONNAGE METHANOL PRODUCTION PROCESS

Melshina E.M.*, *Osipenko U.Y.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Создание малотоннажных производств метанола (до 20 000 тонн/год) является актуальной проблемой для газодобывающей промышленности. В районы крайнего Севера и другие удаленные газодобывающие комплексы не выгодно привозить метанол с крупных производств, так как из-за дороговизны транспортировки стоимость может увеличиваться в 2–3 раза. Альтернативным решением данной проблемы является строительство малотоннажного производства метанола в районе добычи газа.

Основные реакции образования метанола на малотоннажном производстве остаются неизменными – взаимодействие оксида и диоксида углерода с водородом, а также взаимодействие монооксида углерода с водой.

$$CO + 2H_2 \leftrightarrow CH_3OH + Q_1$$
$$CO_2 + 3H_2 \leftrightarrow CH_3OH + H_2O + Q_2$$
$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2 + Q_3$$

Малотоннажный синтез метанола проводится при повышенных температурах и давлениях, как и крупнотоннажное производство. В качестве сырья для производства можно использовать природный газ, добываемый непосредственно в районе месторождения. Для малотоннажного производства наибольший интерес представляют максимально упрощенные технологии, не требующие габаритных реакторов и больших объемов сырья. Такими вариантами могут являться:

1. Термическое окисление метана до метанола кислородом воздуха при повышенных температурах (400-450 °С) и повышенном содержании кислорода в воздухе [1]. Данный способ получения метанола может быть эффективным, поскольку увеличивается производительность окисления по метану.
2. Классический вариант установки, в которой сначала происходит получение синтез газа паровым каталитическим риформингом, а уже затем происходит конверсия СГ и получение метанола [2]. Процесс происходит при температурах 200-260 °С и давлениях 4,5 – 10 МПа.
3. Процесс «Тандем» [3]. Он основан на использовании двух реакторов, в каждом из них происходит получение синтез газа по технологии риформинга «Тандем», после чего происходит синтез метанола.

В рамках исследовательских задач проводится моделирование процесса производства метанола малого тоннажа по представленным вариантам, модельная оптимизация условий ведения процесса. Выбор оптимального варианта технологической схемы будет проводиться на основе сопоставление экономической эффективности производства продукции по предложенным схемам.

Литература:

1. Кородон М.Я. Способ термического окисления метана до метанола / Кордон М.Я., Ананьев В.М., Гравшенкова Е.О., Вершинин Н.Н., 2011
2. Загашвили Ю.В. Малотоннажная установка получения метанола / Загашвили Ю.В., Ефремов В.Н., Кузьмин А.М., Лищинер И.И., Вяткин Ю.Л., 2017
3. Юнусов Р.Р. Способ получения метанола из газа газовых и газоконденсатных месторождений / Юнусов Р.Р., 2004

ОКИСЛЕНИЕ ГЕКСАДЕКАНА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА В ПРИСУТСТВИИ Co-Mn КАТАЛИЗАТОРА

Моисеев Т.Н.*, *Терещенко К.В.*, *Куклина К.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: tmx.202a@gmail.com

OXIDATION OF HEXADECANE WITH AIR OXYGEN IN THE PRESENCE OF A Co-Mn CATALYST

Moiseev T.N.*, *Tereshchenko K.V.*, *Kuklina K.A.

Saint- Petersburg State Institute of Technology

Жидкофазное окисление парафинов является одним из важных направлений в области современного нефтехимического синтеза. Среди продуктов синтеза наибольший интерес представляют карбоновые кислоты C_5-C_9 нормального строения, получаемые из парафинов C_{10}-C_{18}.

В ходе опыта гексадекан окислялся кислородом воздуха в лабораторном реакторе, объем которого составляет 50 см^3. Катализатором является смесь стеаратов кобальта и марганца массой 0,4 г. Окисление проводилось в течение 6 часов при температуре
130 °С. Схема основной реакции процесса окисления представлена ниже:

$$C_{16}H_{34} + 2{,}5O_2 = 2C_8H_{16}O_2 + H_2O$$

В ходе опыта каждые 2 часа проводились измерения кислотного числа оксидата. Ниже на рисунке представлена зависимость значения кислотного числа от времени процесса.

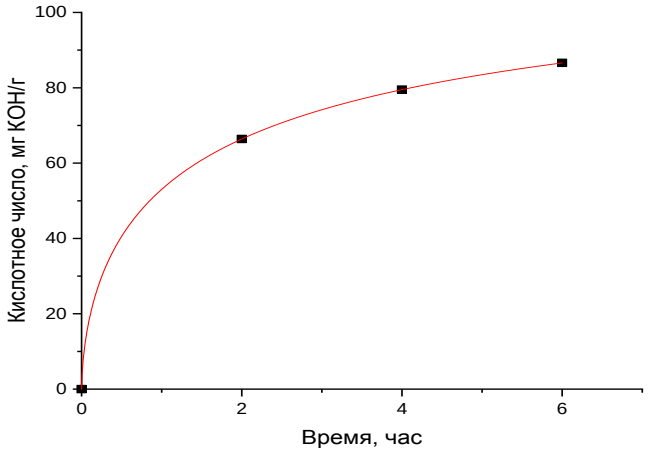


Рисунок – Зависимость кислотного числа от времени процесса

В конце эксперимента был составлен материальный баланс процесса окисления. Потери составили 3 % (9,825 г). Полученный результат представлен в таблице.

Таблица – Материальный баланс процесса окисления гексадекана

Компонент	C_{16}, г	O_2, г	N_2, г	оксидат, г	H_2O, г	cat, г	итог, г
До реакции	38,5	63	225,6	0	0	0,4	327,5
После реакции	8,435	46,2	225,6	31,07	5,97	0,4	317,675

МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО БИТУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЛИКВИДНОЙ ДОБАВКИ

Нечаев В.А.*, *Соколов В.Ю.*, *Кузнецова В.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов

e-mail: nechaev_vladislav95@mail.ru

METHOD OF INTENSIFYING THE PROCESS OF PRODUCING CONSTRUCTION BITUMEN USING LOW-LIQUID ADDITIVE

Nechaev V.A.*, *Sokolov V.Yu.*, *Kuznetsova V.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство битума можно считать маржинальным, за счет дешевого сырья. Однако, энергозатраты до сих пор остаются довольно высокими, а время производства сократить становится затруднительно.

Было предложено решение для сокращения времени окисления за счет добавления в гудрон неликвидной добавки, представляющей из себя отходы установки по сернокислой очистке масел – кислый гудрон. В ходе эксперимента было произведено несколько опытов, связанных с получением окисленных битумов строительных марок по нормативным требованиям. За основу был взят гудрон производства Омского нефтеперерабатывающего завода. Кислый гудрон был взят с Ярославского хранилища. За целевой продукт был взят строительный битум марки БН 70/30. Для получения целевого продукта было решено взять 5 % кислого гудрона, окисление проводилось при расходе воздуха в 10 л/мин и температуре 250 ℃.

По результатам эксперимента (таблица), чтобы достичь данных показаний при окислении только Омского гудрона по расчётам понадобилось бы порядка 18 часов. При добавлении же кислого гудрона в состав в размере 5 %, время сокращается до 12 часов. Что говорит нам о уменьшении времени окисления на 33,3 %.

Таблица – Сравнение результатов опыта с нормативными показателями

Наименование показателя	Метод испытаний	Норма для БН 70/30	Фактический результат
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	ГОСТ 11501	21 - 40	26
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	ГОСТ 11506	70 - 80	74
Растяжимость при 25 °С, см	ГОСТ 11505	Не менее 3,0	4,1
Изменение массы битума после прогрева, %	ГОСТ 18180	Не более 0,5	-0,01
Температура вспышки в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	Не ниже 240	Более 300
Массовая доля воды, %	ГОСТ 2477	Следы	Следы

Полученный окисленный битум с добавкой кислого гудрона полностью соответствовал всем требования ГОСТ строительного битума марки БН 70/30, что говорит о целесообразности получения строительного окисленного битума с добавлением кислого гудрона.

ПОИСК ПУТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СТЕКЛОТАРЫ В ВОСТРЕБОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Николаева А.Д.*, *Федченко П.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ

e-mail: chestervint@gmail.com

SEARCHING FOR WAYS TO RECYCLE WASTE GLASS CONTAINERS INTO DEMANDED MATERIALS

Nikolaeva A.D.*, *Fedchenko P.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

По данным статистики в России в 2022 году было произведено около 6 миллионов тонн стекла, при этом производство стеклянных изделий составило свыше 13,5 млрд стеклоизделий. Стекло пригодно для вторичного использования на 100 %, в России уровень рециклинга отходов стеклобоя составляет 23 %. Отходы стекла в окружающей среде вызывают загрязнение почв, поверхностных и подземных вод продуктами выщелачивания и выводят земли из хозяйственного оборота, стекло может фокусировать солнечные лучи и быть инициатором пожаров на территории РФ. Помимо использования стеклобоя в качестве сырья для повторного производства стеклянных изделий, потенциально возможно получать из него жидкое стекло, широко востребованный материал, используемый в чёрной металлургии, машиностроении, химической промышленности, промышленности строительных материалов и т.д., а также, например, пеностекло.

Для экспериментов отобран стеклобой усредненного состава, раздроблен в щековой дробилке, измельчен в шаровой мельнице, отобрана фракция размером <0,2 мм. Смесь порошка стекла с сухой щелочью KOH при различных соотношениях прокаливалась в муфельной печи без доступа кислорода воздуха при температуре 900 ºС в течение 0,5 часа. При соотношении KOH к стеклу 1:1 получился продукт, близкий по свойствам и внешнему виду к традиционной силикатной глыбе, сырью для производства жидкого стекла выщелачиванием. Результаты рентгенофазового анализа полученного образца и контрольного образца силикатной глыбы оказались идентичны. Предполагаемая схема синтезов описывается уравнением:

$$CaO{\bullet}2SiO_2 + KOH \rightarrow Ca(OH)_2 + K_2O{\bullet}2SiO_2$$

Дальнейшая работа направлена на поиск оптимального соотношения компонентов и условий для наработки опытных партий жидкого стекла выщелачиванием, а также на разработку способов получения пеностекла из стеклобоя с использованием в качестве потенциального порообразователя отхода растительного происхождения, кофейной шелухи.

Авторы выражают благодарность руководителю, доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за актуализацию, материальное и методическое обеспечение исследований.

Литература:

1. Бондаренко Д.О. Энергосберегающая технология получения силикат-глыбы для производства жидкого стекла / Д.О. Бондаренко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017 – С. 111–115.

2. Пшинько А.Н. Анализ технологий производства пеностекла / А.Н. Пшинько // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2010

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА МОДЕЛИ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Гурко Н.С., Норкина А.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: norkinaania@yandex.ru, gourko_n_s@mail.ru

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF PRIMARY OIL REFINING PROCESSES ON A MODEL INCLOUDING ENVIRONMENTAL FACTORS

Gourko N.S., Norkina A.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Энергетическая эффективность является важным приоритетом в политике многих стран мира. Признано, что повышение энергоэффективности производств это наиболее экономичное и доступное средство решения многих проблем энергообеспечения, включая энергетическую безопасность, социально-экономические последствия высоких цен на энергию и влияние на изменение климата [1].

Для оценки энергоэффективности важно разработать и сопровождать универсальные показатели деятельности предприятий. При этом показатели, основанные на экономических величинах, обладают значительным недостатком, так как они подвержены влиянию целого ряда ценовых эффектов. Альтернативным подходом является расчет показателей энергопотребления и выбросов CO_2 на основе физических соотношений. Их преимуществом является неподверженность влиянию изменений цен.

Формирование оценочной модели проводится для установок первичной переработки нефти и рассматривается в двух аспектах анализа:

1. Аналитика исторических данных по фактическим выбросам CO_2 в окружающую среду в разрезе сопоставления с возможными выбросами CO_2 при оптимальных режимах потребления энергетических ресурсов для каждого технологического объекта. Построение временных трендов по DELTA. Оценка возможных путей повышения энергоэффективности (рисунок 1).

2. Построение оптимальных моделей планирования работы технологических установок с целевой функцией min_R_CO_2 (минимизации выбросов CO_2) с построением системы ограничений на тоннаж получаемых продуктовых фракций и регламентные ограничения по загрузке действующих технологических объектов (рисунок 2).

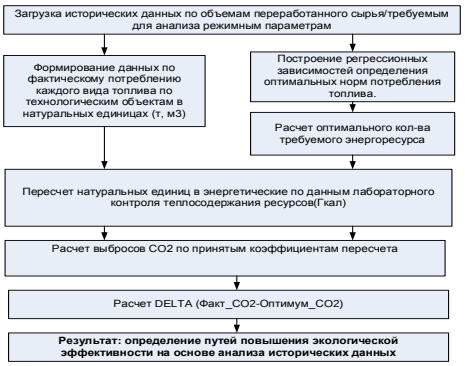


Рисунок 1 – Блок схема 1

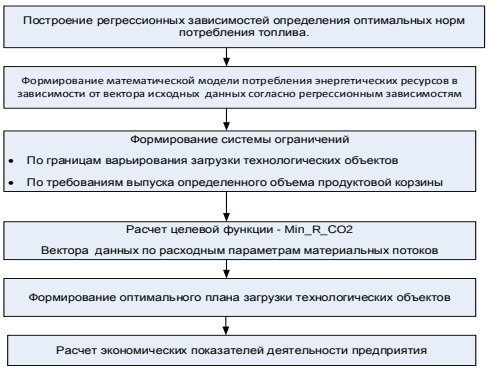


Рисунок 2 – Блок схема 2

Литература:

1. Международное энергетическое агентство (МЭА). «Показатели энергоэффективности: основы формирования политики» Изд. МЭА, 2014 г.

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ОКСИАЛКИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИПЕРАЗИНА И ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Пластинина Е.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: eplastinina21@yandex.ru

CORROSION INHIBITORS BASED ON OXYALKYL PIPERAZINE DERIVATIVES AND OLEIC ACID

Plastinina E.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На предприятиях нефтедобычи и нефтепереработки борьба с коррозией осуществляется с помощь ингибиторов, препятствующих разрушению металла в агрессивных рабочих средах. Для эффективной защиты оборудования используют азотсодержащие органические поверхностно-активные вещества.

В работе [1] было сделано предположение, что наибольший защитный эффект наблюдается у систем, содержащих продукты реакции этерификации по одной гидроксильной группе оксиэтилированных производных пиперазина (N,N’-бис(2-гидроксиэтил)пиперазин, ВНЕР). В данной работе были получены и охарактеризованы продукты взаимодействия метилолеата с N-(2-гидроксиэтил)пиперазином (амид и амидоэфир) и ВНЕР (моно- и диэфир), также определены их защитные эффекты в солевой среде, имитирующей состав подтоварной воды. Результаты приведены в таблице ниже.

Таблица – Защитный эффект полученных соединений в солевой среде

Соединения	Защитный эффект, %
Диэфир	64
Моноэфир	**79**
Амид	59
Амидоэфир	36

Таким образом, проведенное исследование подтвердило, что наибольшим защитным эффектом обладает моноэфир оксиэтилированных производных пиперазина.

В настоящее время проводятся исследования по определению защитного эффекта соединений в сероводородной среде.

Литература:

1. Леонтьева, М.Е. Ингибиторы сероводородной коррозии на основе оксиэтильных производных пиперазина / Леонтьева М.Е., Демидова Ю.В., Демидов П.А., Дронов С.В. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2023. – № 65 (91). – С. 23–27.

СЕНСОРНЫЕ ДАТЧИКИ АВАРИЙНОГО КОНТРОЛЯ ПАРОВ АМИЛА

Сатина М.М.*, *Волкова Е.Н.*, *Захарова Н.В.*, *Наумов Е.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов
e-mail: satinamargo@mail.ru

SENSORS FOR EMERGENSY CONTROL OF AMIL VAPOR

Satina M.M.*, *Volkova E.N.*, *Zakharova N.V.*, *Naumov E.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

С развитием высокотехнологического производства и различных сфер жизнедеятельности человека в рамках экологической безопасности повысились требования к концентрации промышленных выбросов вредных и опасных веществ в окружающую среду. Амил и иные компоненты ракетного топлива относят к опасным и токсичным веществам. Точное детектирование наличия утечек данных веществ является актуальной задачей [1]. Для этого разработаны датчики аварийного контроля, предназначенных для фиксации серьезных утечек, которые могут произойти на трех потенциально опасных объектах, связанных с производством, транспортировкой и долгосрочным хранением больших объемов топлива. Активными элементами датчика являются керамические трубки с серебряным покрытием. [1]. Под действием паров компонентов ракетного топлива (N_2O_4) слой проводника (Ag) разрушается, вследствие чего изменяется сопротивление слоя и по достижению определенного значения происходит сигнализация о срабатывании датчика. Серебро является относительно слабо реакционноспособным металлом. Существует мало веществ, способных за короткий промежуток времени полностью разрушить слой чистого серебра, что может свидетельствовать о высокой селективности данного способа индикации. В данной работе газочувствительные покрытия получали методом магнетронного напыления на установке «НИКА–2012–158». Процесс проводился при давлении 0,005 Па и скорости вращения 20 об/мин. Часть готовых элементов испытываются самостоятельно, и при получении положительного результата, остальная партия устанавливается на датчики для прохождения дальнейших испытаний. Ключевым испытанием проверки работоспособности датчика является время срабатывания. Испытания по измерению времени срабатывания датчиков марки ОД-4А проводили на базе «Базовой испытательно-метрологической лаборатории» на газодинамической установке гЯ.3604.00.00.000 в АО «ГосНИИхиманалит», результаты приведены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний датчиков на время срабатывания

Вид испытаний и контроля (наименование параметров)	Ед. изм.	Требования к параметру (не более)	Данные испытаний	
			Номер изделия	Время срабатывания
Время срабатывания при концентрации (5,0±0,3) мг/л, не более	мин	120	ОД-4А 00015/ОС	19,2
			ОД-4А 00016/ОС	20,8
			ОД-4А 00017/ОС	18,9
			ОД-4А 00018/ОС	21,5

Показано, что детектирование наличия паров амила происходит в 6 раз быстрее максимально допустимого значения для датчиков данного типа. Предполагается, что это достигается за счет высокой реакционной способности покрытий чувствительных элементов, которая обеспечивается высокой чистотой и однородностью покрытия на развитой неоднородной поверхности.

Литература:

1. Фам, В.Х. Приборостроение. 2018. №4. – С. 336-341.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ЭТОКСИЛИРОВАНИЯ БУТИЛАМИНА

Скорлупкина П.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: pskorlupkina@gmail.com

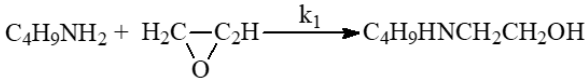
DISCOVERY OF KINETIC REGULARITIES OF BUTYLAMINE ETHOXYLATION PROCESS

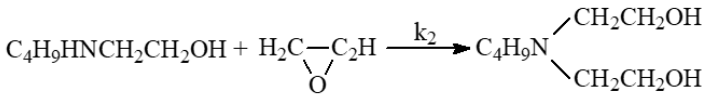
Skorlupkina P.D.

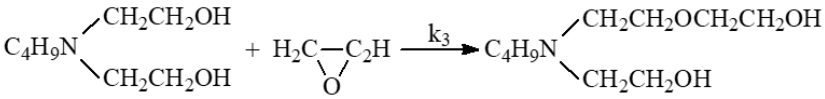
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Применение алканоламинов распространено при абсорбционной очистке природных и технологических газов. Также их используют в качестве модификаторов эпоксидных композиций, отвердителей изоцианатсодержащих композиций. Кроме того, при производстве органических покрытий на водной основе преимущественно используются алкилдиалканоламины нормального строения, содержащие от 4 до 8 атомов углерода. Особенно ценным соединением является N-бутилдиэтаноламин, образующийся в процессе оксиэтилирования (этоксилирования) бутиламина.

Этоксилирование бутиламина описывается двумя последовательно-параллельными реакциями с образованием монозамещенного (БМЭА) и целевого (БДЭА) продуктов. Кроме реакций по аминогруппе, протекает реакция оксида этилена с образовавшимися оксиэтилированными продуктами по гидроксильной группе с образованием побочного продукта:







По результатам была проведена серия экспериментов оксиэтилирования бутиламина в температурном интервале 50-110 °С в присутствии растворителя – воды. Мольное соотношение реагентов варьировалось в диапазоне значений 0,4-1,6. Методом лабораторной ректификации выделены продукты бутилмоноэтаноламин и бутилдиэтаноламин. Методами ИК- и ^{1}Н ЯМР-спектроскопии изучено и установлено строение компонентов в составе реакционной смеси. Количественный состав реакционной смеси методом газожидкостной хроматографии.

На основании полученных результатов было определено соотношение констант скоростей реакций. В температурном интервале 50-110 °С парциальные константы скорости оксиэтилирования бутиламина и БМЭА по аминогруппе равны друг другу, а значения констант скорости k_1 и k_2 отличаются в два раза. Соотношение констант скоростей реакций не зависит от температуры, так как энергии активаций для каждой из реакций двухстадийного процесса имеют равные значения. В диапазоне концентраций воды 1-50 % мас. соотношение констант скоростей является постоянным.

ПРОВЕРКА РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ НАНОАЛМАЗОВ

Ковалёв И.Ю., Степанчук А.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: ilya-kovalev-1999@list.ru, stepanchuc2002@gmail.com

CHECKING THE REACTIVITY OF THE CATALYST

Kovalev I.Y., Stepanchuk A.P.

Saint-Petersburg state Institute of Technology

В настоящее время в рамках разработки и исследования новых типов катализаторов исследователей привлекают углеродные материалы нового поколения – детонационные наноалмазы (НА), углеродные нанотрубки (УНТ), нановолокна и др. Сочетание исключительно прочной регулярной структуры и наличия поверхностных функциональных групп дает все основания к применению их в катализе. [1]

Имеющиеся в литературе данные о каталитических свойствах наноалмаза касаются, главным образом, использования его в качестве носителя металлической фазы. Сам наноалмаз, углеродные нанотрубки и другие углеродные наноматериалы являются катализаторами таких процессов, как окислительная дегидрогенизация (ОДГ) ароматических углеводородов и алканов.

Целью данной работы является анализ химической активности наноалмазов для последующего использования как основы каталитической системы.

В рамках проведения лабораторных экспериментов изучался процесс крекинга гексана на трех образцах катализатора.

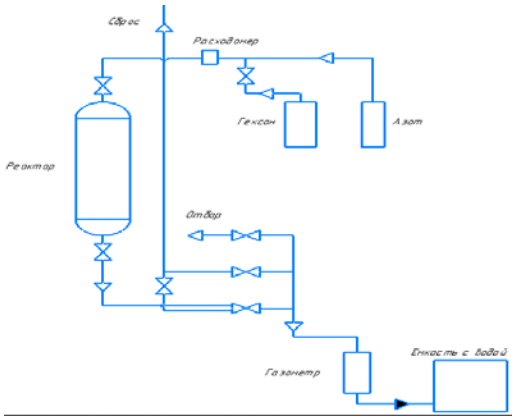


Рисунок 1 – Схема установки

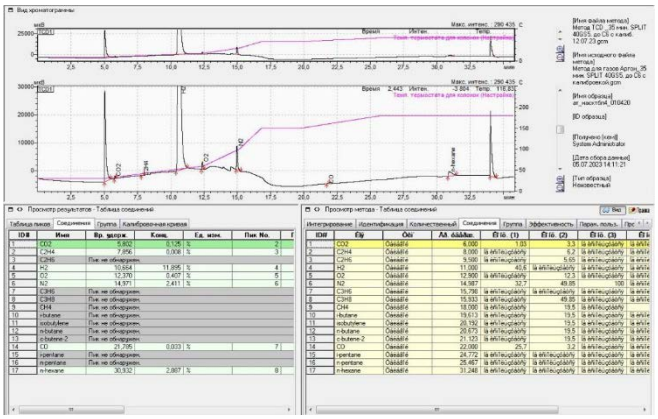


Рисунок 2 – Хроматограмма

Схема лабораторного стенда приведена на рисунке 1. Процесс при 500 ^{o}C проводился в токе азота (расход азота - 50 мл/час) в течение 30 минут. Полученные пробы проанализированы на хроматографе (рисунок 2).

Согласно результатам лабораторных исследований 3-й образец катализатора показал максимальную каталитическую активность по хроматографическим данным соотношения концентраций водорода к гексану. Дальнейшие исследования сосредоточены на анализе активности данного типа образца катализатора.

Литература:

1. Тверитинова Е.А., Житнев Ю.Н., Кулакова И.И. Влияние структуры и свойств поверхности на каталитическую активность наноалмаза в конверсии 1,2-дихлорэтана.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОЦИАНАТОВ СЕЛЕКТИВНЫМ КАРБОНИЛИРОВАНИЕМ НИТРОБЕНЗОЛА

Мискина Д., Степанчук А.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: dmiskina9@gmail.com, stepanchuc2002@gmail.com

RECEIVING OF ISOCYANATES BY SELECTIVE CARBONYLATION OF NITROBENZENE

Miskina D., Stepanchuk A.P.

Saint-Petersburg state Institute of Technology

Изоцианаты являются важным компонентом в получении полиуретанов, которые обладают широким спектром применения во множестве промышленных отраслей. В виду повышенного спроса на полиуретаны, необходимо принять меры по снижению зависимости производства изоцианатов от фосгенирования аминов.

Карбонилирование нитросоединений (уравнение) может стать альтернативным путем в получении изоцианатов [1]. Однако до сих пор не выявлена наилучшая каталитическая система, а сам процесс ведется в жестких условиях [2].

$$Ar\text{-}NO_2+3CO=Ar\text{-}NCO+2CO_2$$

Целью данной работы является повышение селективности толуилендиизоцианата и дифенилметандиизоцианата в процессе карбонилирования нитробензола, благодаря разработке методики синтеза катализатора с нанесенными металлами.

В исследовании планируется проведение синтезов в лабораторных условиях, а также приготовление катализаторов на оксиде алюминия с нанесением палладия и молибдена в разных соотношениях методом пропитки.

Ожидаемые результаты некоторых катализаторов представлены в таблице [3].

Таблица - Селективность изоцианатов на различных катализаторах

Катализатор	Конверсия нитробензола, %	Селективность изоцианатов, %
Pd/Al_2O_3	100,0	19,0
MoO_3/Al_2O_3	100,0	49,3
Pd:Mo=1:1,04	100,0	62,1
Pd:Mo=1:1	100,0	67,5

Литература:

1. В.И. Манов-Ювенский, Б.К. Нефедов. - Синтез азот содержащих соединений взаимодействием нитросоединений с окисью углерода. // Успехи химии. 1981. No 5. С. 889-908.

2. A.M. Tafesh, J. Weiguny. - A review of the selective catalytic reduction of aromatic nitrocompounds into aromatic amines, isocyanates, carbamates, and ureas using CO. // Chem. Rev. 1996. Т. 96. С. 2035-2052.

3. Pierre Braunstein, Selective carbonylation of nitrobenzene over a mixed palladium-molybdenum cluster-derived catalyst/ Pierre Braunstein, Robert Bender, Jacques Kervennal // Organometallics – 1982 - №1 – P. 1236–1238

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЖИДКОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ ГЕКСАДЕКАНА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

Терещенко К.В.*, *Моисеев Т.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: xenia.v-31@yandex.ru

JUSTIFICATION FOR SELECTION OF CATALYST SYSTEM FOR LIQUID-PHASE OXIDATION OF HEXADECANE WITH AIR OXYGEN

Tereshchenko K.V.*, *Moiseev T.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно широкое использование в промышленности процесса жидкофазного каталитического окисления парафиновых углеводородов кислородом воздуха в синтетические жирные кислоты (СЖК). Этим методом получают такие продукты, как фенол, ацетон, фталевые кислоты и фталевый ангидрид, монокарбоновые и дикарбоновые кислоты, высшие жирные спирты. В настоящее время это одно из важнейших направлений современного нефтехимического синтеза.

Термическое (безкатализаторное) окисление протекает при высоких температурах (150-170 °С) и характеризуется образованием большого количества побочных продуктов, поэтому не представляет практического интереса. Направленное окисление н-парафиновых углеводородов до высших карбоновых кислот достигается в присутствии комплексных катализаторов, содержащих марганец и калий (или натрий) в виде солей карбоновых кислот.

Ранее проводилось окисление н-декана в присутствии различных катализаторов. Оказалось, что кислотное число в реакции со стеаратом кобальта выше, чем с остальными катализаторами [1].

Окисление парафина воздухом кислорода проводилось в течение 6 часов. Исследовался гексадекан в присутствии различных катализаторов: смеси стеарата марганца и карбоната калия; стеарата кобальта; смеси стеаратов марганца и кобальта; карбоната калия; смеси стеаратов марганца и кобальта с добавлением карбоната калия. Были определены кислотные числа оксидатов, представленные в таблице.

Таблица – Сравнение катализаторов и кислотных чисел

Катализатор	Кислотное число, мг КОН/г
$MgSt_2 + K_2CO_3$	5,8
$CoSt_2$	7,3
$MgSt_2 + CoSt_2$	86,6
K_2CO_3	16,3
$MgSt_2 + CoSt_2 + K_2CO_3$	57,0

По окончанию опытов было выяснено, что кислотное число при катализаторе из смеси стеаратов марганца и кобальта при температуре реакции 130 °С выше, чем с остальными. Соответственно, в ходе реакции образовалось большее число кислот.

Литература:

1. Куклина, К.А. Производство синтетических жирных кислот из нефтяного и альтернативного видов сырья / К.А. Куклина, В.Н. Клементьев // Материалы XIII научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 194-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет), 2022.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ ПОРИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ СИСТЕМЫ ZnO-MgO, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕДЬЮ И МАРГАНЦЕМ

***Шелеманов А.А.*[1], Караваева А.В.[2], Евстропьев С.К.[1,3,4], Багров И.В.[4], Тинку А.[1], Гаврилова М.А.[1,3], Гаврилова Д.А.[1,3], Никоноров Н.В.[1]**

[1]*Университет ИТМО,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,*

[3]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[4]*АО НПО «ГОИ им. С.И. Вавилова»*

e-mail: shelemanov@mail.ru, ann-karavaeva@yandex.ru, amonrud@yandex.ru, i.bagrov2@gmail.ru

PHOTOCATALYTIC AND BACTERICIDAL POROUS COMPOSITES OF THE SYSTEM ZnO-MgO MODYFIED BY COPPER AND MANGANESE

***Shelemanov A.A.*[1], Karavaeva A.V.[2], Evstropiev S.K.[1,3,4], Bagrov I.V.[4], Tincu A.[1], Gavrilova M.A.[1,3], Gavrilova D.A.[1,3], Nikonorov N.V.[1]**

[1]*ITMO University,*

[2]*Saint-Petersburg state Chemical-Pharmaceutical University,*

[3]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[4]*JVC RPA «Vavilov State Optical Institute»*

В настоящей работе жидкостным полимерно-солевым методом [1] синтезированы композиты системы ZnO-MgO, модифицированные Cu и Mn. В качестве исходных материалов были использованы водные растворы нитратов металлов и поливинилпирролидона (ПВП). После сушки при 70 °C полимерно-солевые композиты подвергались термообработке на воздухе при температуре 550 °C в течение 2 часов.

Кристаллическая структура порошков была изучена методом РФА на дифрактометре Rigaku SmartLAB 3 (CuKα, 40 kV, 44 mA). На основании полученных данных проводились расчеты среднего размера частиц. Было установлено, что модифицирующие ионы Cu^{2+} и Mn^{2+} встраиваются в процессе термообработки в формирующиеся кристаллы ZnO, вызывая деформацию их кристаллической решетки. Данные электронно-микроскопического анализа, полученные с помощью микроскопа TescanVega3 SBH, показали, что композиты имеют пористую структуру, что обусловлено выделением газов при разложении солей металлов и ПВП в процессе термообработки. Фотокаталитическая активность композитов была изучена при разложении диазокрасителя Chicago Sky Blue. Была изучена антибактериальная активность материалов против грамположительных и грамотрицательных бактерий.

В работе показано, что композиты системы ZnO-MgO, модифицированные Cu и Mn, обладают высокими фотокаталитическими свойствами и антибактериальной активностью против как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий.

Настоящая работа поддержана грантом РНФ No. 20-19-00559.

Литература:

1. Дукельский К.В., Евстропьев С.К. Формирование защитных наноразмерных покрытий на основе Al_2O_3 (Al_2O_3-AlF_3) на поверхности стекла - Оптический журнал, 2011, т.78, №2, с. 71-81.

СЕКЦИЯ 6
ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ



ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ Ni-АЛМАЗ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИОННО-СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ СУСПЕНЗИИ

***Александров Р.Ю.*[1], *Красиков А.В.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии электрохимических производств,*

[2]*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» - Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей»*

e-mail: alexandro.roma2002@gmail.com

OBTAINING OF Ni-DIAMOND COMPOSITE ELECTROCHEMICAL COATINGS UNDER VIBRATION-STABILIZED SUSPENSION CONDITIONS

***Aleksandrov R.Y.*[1], *Krasikov A.V.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*NRC «Kurchatov Institute» - CRISM «Prometey»*

Никелевые покрытия активно используются в различных отраслях промышленности, таких как приборостроение, машиностроение, военная отрасль. К данному типу покрытий предъявляются следующие основные требования: повышенная микротвёрдость и износостойкость, а также коррозионная устойчивость.

Для повышения эксплуатационных характеристик никелевых покрытий в современной гальванотехнике чаще прибегают к использованию композиционных электрохимических покрытий (КЭП). В большинстве работ посвященных исследованию никелевых КЭП особое внимание уделяется использованию ультрадисперсных алмазов, введение которых способствует увеличению микротвёрдости и износостойкости в 1,5–2,5 раза и уменьшение пористости по сравнению с обычным гальваническим никелевым покрытием [1].

Дисперсные частицы могут доставляться к катоду за счёт перемешивания (искусственного или естественного), электрофоретического переноса, естественной или искусственной седиментации частиц. В особенности одним из лучших методов осаждения никелевых покрытий с алмазным порошком является получение КЭП в условиях вибрационно-стабилизированной суспензии [2].

Целью работы было получение КЭП на основе никеля с добавлением алмазного порошка марки АСМ разной дисперсности на специальном вибростенде. По результатам исследований было установлено, что наблюдается существенное снижение катодного выхода по току по сравнению с получением гальванического никелевого покрытия без армирующих добавок. Также выявлено, что микротвёрдость исследуемых покрытий увеличилась в среднем в 1,5–3 раза. Помимо вышеперечисленных характеристик было проанализировано влияние увеличения плотности тока на качество покрытий и катодный выход по току. Соответствующая зависимость проходит через максимум при плотности тока 3 А/дм^2.

Литература:

1. Zhang, Y. Effects of glycine on mechanical properties and microstructure of diamond-reinforced Ni nanocomposite coatings / Y. Zhang, L. Feng, W. Qiu // J Mater Sci. – 2019. – V. 54. – P. 9507–9522.

2. Козенков, О.Д. Исследование устойчивости суспензий ультрадисперсных алмазов и углеродных нанотрубок в воде и водных растворах электролитов для создания электрохимических композиционных покрытий / О.Д. Козенков, Т.В. Пташкина, А.Т. Косилов // Неорганические материалы. – 2015. – т. 51. – №3. – С. 277–283.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ФОСФОГИПСА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бахарев И.О.*, *Репищная В.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: bakharev.0244@gmail.com

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DISPOSAL OF PHOSPHOGYPSUM IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Bakharev I.O.*, *Repischnaya V.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фосфогипс, бросовый продукт производства экстракционной фосфорной кислоты из апатитов, квалифицируется как отход 5 класса опасности, представляет собой загрязненный примесями полугидрат либо дигидрат сульфата кальция с массовым содержанием основного вещества не менее 80 %, может содержать примеси фосфора оксида, остатки минеральных кислот (серная, фосфорная) и также редкоземельные элементы. По природе своей фосфогипс может выступать в качестве вяжущего материала, его можно использовать для производства различных строительных материалов [1], в том числе, цемента (гипсовая добавка к цементному клинкеру), и строительных изделий, например, перегородочных блоков, плит, кирпичей, гипсокартонных листов, а также - в дорожном строительстве в качестве основания под дорожное покрытие. Использование фосфогипса в этих целях вместо традиционного гипса может быть рентабельным, если применяется в схемах с малым транспортным плечом от места производства до места потребления. По аналитическим данным фосфогипс в строительных материалах не выделяет токсичные газы и прочие опасные для окружающей среды вещества.

Ранее сотрудниками кафедры зафиксированы результаты по увеличению прочности бетонного камня на 15 % путем замены в традиционной композиции 10 % цемента порошком измельченного тарного стекла. В развитие темы нами проведены опыты по наработке образцов бетонного камня по двум рецептурам, вторая с использованием фосфогипса:

1. Вода, цемент, щебень, строительный песок в соотношении 0.5:1:2,7:1,2 (образцы сравнения).

2. Вода, цемент, порошок отходов тарного стекла (стеклобоя), фосфогипс, щебень, строительный песок в соотношении 0.45:0.9:0.1 :0.05:2.7:1.2 (опытные образцы).

Также ведутся работы по формовке гипсокартона из фосфогипса с предварительной отмывкой его от примесей и с введением упрочняющих добавок.

Авторы выражают благодарность руководителю, доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за актуализацию, материальное и методическое обеспечение исследований.

Литература:

1. Иваницкий, В.В. Фосфогипс и его применение / В.В. Иваницкий, А.В. Классен. – Москва: Химия, 1990. – 224 с. – ISBN 5-7245-0078-4.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРОСТОЙКИХ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ КАРБИДОКРЕМНИЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ РАБОТЫ В ГТД

Беляков А.Н.*, *Быкова А.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: bykova.ad@gmail.com

TECHNOLOGY FOR PRODUCING HEAT-RESISTANT COMPLEX-PROFILE SILICON CARBIDE PARTS FOR WORK IN GTE

Belyakov A.N.*, *Bykova A.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Газотурбинные двигатели (ГТД) и иные системы преобразования энергии обеспечивают прогресс в авиации, судостроении, энергетической и оборонной отраслях. Однако в последнее время развитие ГТД свелось к незначительной модернизации отдельных узлов при слабом росте КПД и рабочих параметров ГТД. Главной причиной такого положения является необходимость смены поколения конструкций ГТД из жаропрочных металлических сплавов на новые неохлаждаемые высокотемпературные ГТД из легких керамических материалов, способных долговременно эксплуатироваться при температурах до 1400°С. Развитие этого направления сдерживается сложностью механической обработки керамик. Для решения этой задачи разработан новый комплексный подход получения сложнопрофильных деталей из композиционной керамики на основе карбида кремния методом горячего шликерного литья (ГШЛ) композиционных керамических порошков под давлением с дальнейшим реакционным спеканием (пропиткой жидким кремнием). Главным преимуществом реакционно-спеченных материалов на основе SiC, по сравнению с тугоплавкими металлами, является сочетание таких свойств, как длительная прочность (отсутствие пластичности) и существенно более низкая плотность, что позволяет использовать керамику в высокотемпературных элементах газотурбинных двигателей и иных центробежных элементах машиностроения, работающих при экстремальных температурах и нуждающихся в понижении массы конструкции. Физико-механические характеристики карбидокремниевых материалов для конкретных или заданных целей эксплуатации можно повышать в широких пределах за счет регулирования технологических параметров синтеза (формование, спекание) и модификации структуры (формирование фазового и химического состава).

Исследованы свойства материала SiSiC ГШЛ, получаемого при реализации нового комплексного подхода для получения сложнопрофильных деталей из керамики на основе SiC методом горячего шликерного литья под давлением с дальнейшим силицированием: ρ = 3,11 см^3, $E_{упр}$ = 405±10 ГПа; $\sigma_{изг}$ = 398±10 МПа; $\sigma_{сж}$ = 1880±20 МПа, HV=17,7-19 ГПа. Видно, что они близки к свойствам SiSiC, полученным классическим методом формования, что позволяет говорить о возможности получения сложнопрофильных деталей с высокими физико-механическими свойствами. Изучено влияние дисперсного состава шихты на механические свойства SiSiC ГШЛ. Для получения высокоплотного материала с максимальными механическими свойствами подобран оптимальный состав шихты, в котором содержание порошка SiC фракцией 35–45 мкм – 70 мас. %, фракцией 3–7 мкм – 30 мас. %.

Практические результаты высокотемпературных испытаний карбидокремниевых материалов показывают перспективы их использования в жаропрочных конструкционных изделиях сложной геометрии, способных работать под нагрузкой на изгиб в условиях температур до 1200 °С в защитной среде и до 1400 °С в окислительной среде.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 21-73-30019.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В МАТЕРИАЛАХ

Брюхов Р.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

email: b2roman@yandex.ru

AERODYNAMIC METHOD FOR STUDY OF MAGNETIC FIELD PROPAGATION IN MATERIALS

Bruhov R.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире повсеместно применяются устройства, включающие в свой состав магнитные контуры и цепи. Качество и надежность их работы определяются не только материалом, из которого изготовлены магнитопроводы, но и геометрическими параметрами элементов цепи. Величина магнитного потока зависит как от общего поперечного сечения, так и от локальных особенностей строения магнитопровода (полости, трещины, радиус закругления и пр.). Для демонстрации этого явления была создана модель в среде Elcut.

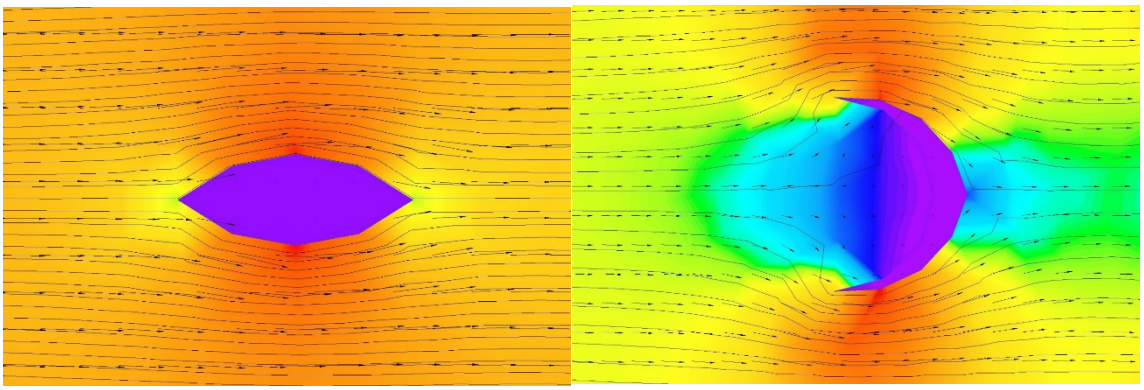


Рисунок – Обтекание магнитным полем воздушных полостей различной формы (слева — обтекаемая форма, справа - необтекаемая)

В прямоугольном бруске материала с магнитной проницаемостью равной 400 было создано однородное магнитное поле и воздушные (магнитная проницаемость = 1) полости различной формы. Для наглядности были выбраны линзо- и парашутообразные формы (рисунок).

В случае обтекаемой полости величина магнитной индукции почти постоянна в различных участках бруска, силовые линии магнитного поля не сильно искривлены.

Необтекаемая форма создает области с повышенной и пониженной магнитной индукцией, силовые линии магнитного поля значительно искажаются.

Результаты моделирования в значительной степени совпадают с полем скоростей воздуха при обтекании тел схожей формы, что и полости в материале.

Аэродинамический подход к исследованию распространения магнитных полей в материалах позволяет объяснить и предсказать снижение эффективности передачи магнитного потока через магнитопровод при возникновении в нем трещин (аналог непреодолимого препятствия) и грубой поверхности (аналог шероховатости стенки «трубы»). Также применяя этот подход возможно проектировать участки, где магнитный поток меняет свое направление, разделяется на несколько потоков или несколько соединяются в один.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МДО-ПОКРЫТИЙ

Быкова А.Д.*, *Марков М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: bykova.ad@gmail.com

EFFECT OF ELECTROLYTE COMPOSITIONS ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF CERAMIC COATINGS PRODUCED BY MICROARC OXIDATION

Bykova A.D.*, *Markov M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Изнашивание рабочих поверхностей пар трения приводит к нарушению эксплуатационных свойств машин и механизмов, а также является одной из главных причин наступления критического состояния узлов трения. Одной из перспективных технологий упрочнения рабочих поверхностей является процесс микродугового оксидирования (МДО), который позволяет формировать покрытия с очень высокой твердостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью [1]. Тем не менее, до сих пор существует недостаток исследований, касающихся сравнительной оценки свойств покрытий, получаемых методом МДО в различных электролитах. Исходя из этого, целью данной работы являлась оценка влияния различных составов электролитов на триботехнические характеристики покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования в катодно-анодном режиме в силикатно-щелочных, боратных и силикатно-фосфатно-щелочных электролитах.

Сравнительную износостойкость образцов определяли на МТУ-01 (схема трения «кольцо-палец», где кольцо - сплав АМГ с МДО-покрытием).

На основании исследования структурных и прочностных свойств керамических покрытий, сформированных МДО в силикатно-щелочных, боратных и силикатно-фосфатно-щелочных электролитах из экспериментальной выборки составов выявлено:

- наилучшие характеристики и параметры износостойкости в паре трения со сталью демонстрируют керамические покрытия, сформированные в боратном электролите – определено упрочнение алюминиевой поверхности в 3,1 раза;
- в силикатно-щелочных электролитах происходит активное внедрение компонентов электролита в формируемое покрытие, что приводит к формированию покрытий с рельефной структурой, при этом повышение содержания метасиликата натрия приводит к ухудшению прочностных свойств покрытий. Определено упрочнение алюминиевой поверхности в 1,5-2,0 раз;
- в силикатно-фосфатно-щелочных электролитах процесс МДО протекает нестабильно, в результате чего покрытия характеризуются наименьшей и износостойкостью. Определено упрочнение алюминиевой поверхности в 1,1-1,4 раз.

Как показывают результаты представленных исследований, технология МДО алюминиевых сплавов перспективна для использования на ремонтно-технических предприятиях. Прогнозируемое увеличение ресурса восстановленных и упрочненных деталей может составлять около 150-200 % по отношению к новым деталям.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (Соглашение № 22-29-00800).

Литература:

1. Investigation of the characteristics of ceramic coatings obtained by microarc oxidation on direct and alternating currents in an alkaline silicate electrolyte / M.A. Markov, A.V. Krasikov, A.D. Bykova [et al.] // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49, No. 8. – P. 672-679. – DOI 10.3103/S1052618820080063

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НОСИТЕЛЯ НА ТЕКСТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАНАДИЕВЫХ СЕРНОКИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Вагнер А.Э., Копылова О.И., Лаврищева С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: df2001@mail.ru

THE EFFECT OF SILICA GEL DISPERSION ON THE TEXTURAL CHARACTERISTICS OF VANADIUM CATALYSTS

Wagner A.E., Kopylova O.I., Lavrisheva S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наиболее простым и безотходным способом получения катализаторов является метод механического смешения, реализуемый в технологии промышленного ванадиевого катализатора окисления SO_2 марки СВД (сульфованадат на диатомите). Дисперсность компонентов играет важную роль в формировании таких характеристик как прочность (Р), удельная поверхность ($S_{уд}$), суммарный объем ($V_{сумм}$) и размер пор, насыпная плотность (Δ).

В данной работе исследовалась зависимость дисперсности носителя (силикагеля марки КСКГ) от времени помола на планетарной мельнице с целью оценки влияния на основные характеристики контактной массы состава, мас. %: SiO_2-70, V_2O_5-8, K_2O-12, SO_3-10, полученной аналогично СВД. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Характеристики полученных катализаторов

№	Носитель		Катализатор				
	Время помола, мин	Средний размер частиц, мкм	Р, МПа		$S_{уд}$, $м^2/г$	$V_{сумм}$ $см^3/г$	Δ, $г/см^3$
			по торцу	по образующей			
1	5	29	4,2	1,6	93,6	0,62	0,87
2	15	20	3,3	1,5	48,0	0,44	1,10
3	30	15	5,0	2,5	16,2	0,36	1,17
4	60	12	8,1	3,9	4,6	0,25	1,30
СВД(КД)			-	1,6	3,0	0,51	-

При увеличении времени помола, вследствие уменьшения размера частиц, закономерно возрастают прочность и насыпная плотность, при этом существенно снижаются удельная поверхность и суммарный объем пор. Прочность полученных образцов выше или сопоставима с промышленным катализатором, однако удельная поверхность у образцов 1-2 гораздо выше за счет соотношения первичной пористости, обусловленной характеристиками самого силикагеля и вторичной, зависящей от размера его частиц.

Для образцов 1 и 4 по стандартной методике была определена степень превращения SO_2 при температурах 420 и 485 °С, которая составила, соответственно, 45 % и 72 %; 35 % и 65 %. Увеличение времени помола носителя приводит к снижению активности катализаторов, следовательно, рекомендуемый размер частиц силикагеля 20-29 мкм.

Литература:

1. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов / Н. А. Пахомов. - Новосибирск: Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2011. - 262 с.- ISBN 978-5-7692-1185-0.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ПЛАТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКОВОГО ЭЛЕКТРОДА

***Венкова Е.О.*[1], *Кузнецова А.Р.*[1], *Норзерн М.В.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра технологии электрохимических производств, [2]межкафедральная лаборатория трансферта химических технологий «Кристалл»

e-mail: 79116257236@ yandex.ru

INVESTIGATION OF KINETIC FEATURES OF ELECTRODEPOSITION OF PLATINUM USING A DISK ELECTRODE

Venkova E.O., Kuznetsova A.R., Norzern M.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кинетика электроосаждения платины имеет ряд особенностей, так, например, при электроосаждении платины из хлоридных растворов наблюдается два предельных тока. Согласно литературе [1], первый из них обусловлен протеканием химической реакции, а второй диффузионными ограничениями. Также известно, что платина может присутствовать в таких растворах в виде различных комплексных соединений, вид которых зависит от количества соляной кислоты [2]. Однако в литературе широко не описано как ведут себя комплексные соединения при поляризации, а значит исследование кинетических зависимостей электроосаждения платины в хлоридных электролитах требует более подробного изучения. Существует несколько способов определения природы предельного тока. Одним из самых распространенных является метод получения зависимости предельного тока от концентрации. Если данная зависимость имеет прямолинейный вид и аппроксимируется из начала координат, то предельный ток имеет диффузионную природу. Однако данный метод невозможно применить для полного изучения природы первого предельного тока платины.

Для более подробного изучения кинетических особенностей электроосаждения используют вращающийся дисковый электрод (ВДЭ). Рабочий электрод встроен в корпус из изолирующей оболочки и соединён через токоотвод с внешним источником тока. Диск с оболочкой приводится во вращение вокруг своей оси при поддержке электромотора, при этом рабочий раствор поступает непрерывно снизу к центру диска и отбрасывается к его краям. При ламинарном течении рабочего раствора вблизи диска образуется диффузионный слой равномерной толщины, обусловливающий важное свойство ВДЭ – возможность расчёта толщины диффузионного слоя. Также, ВДЭ позволяет рассчитывать кинетические и гидродинамические параметры электрохимических реакций и систем, проводить количественный анализ, определять природу лимитирующей стадии электрохимических реакций [4]. Таким образом, чтобы установить вид комплексов платины в хлоридных растворах и уточнить природу предельных токов наиболее подходящим методом исследования является ВДЭ.

Литература:

1. Хотянович, С.И. Электроосаждение металлов платиновой группы / С.И. Хотянович. – Вильнюс: Мокслас, 1976. – 147 с.

2. Гинзбург, С.И. Аналитическая химия платиновых металлов / С.И. Гинзбург, Н.А. Езерская, И.В. Прокофьева, Н.В. Федоренко, В.И. Шленская, Н.К. Вельский. – Москва: Наука, 1972 – 616 с.

3. Ротинян, А.Л. Теоретическая электрохимия: учебник / А.Л. Ротинян, И.А. Шошина, А.М. Тимонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Студент, 2013 – 496 с.

4. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия: учебное пособие для хим.-технолог. спец. вузов / Л.И. Антропов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1984 – 519 с.

БЕСЦЕМЕНТНЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ БЕТОНЫ В СИСТЕМЕ Al_2O_3-SiO_2-SiC-C

Дякин П.В.

ООО Научно-Внедренческая Фирма «Керамбет-Огнеупор»

e-mail: ceramika-1@mail.ru

CEMENT - FREE REFRACTORY CONCRETES IN THE SYSTEM Al_2O_3-SiO_2-SiC-C

Diakin P.V.

Scientific research and development company «Kerambet – Refractory» LLC

Бесцементные керамобетоны оксидно-карбидно-углеродистого состава в системе Al_2O_3-SiO_2-SiC-C нашли широкое применение в футеровках желобов доменных печей. В настоящей работе с целью повышения эксплуатационных характеристик керамобетонных желобных масс проведены исследования обогащения ВКВС по содержанию Al_2O_3. В качестве материала использована неликвидная фракция корунда (менее 0,25 мм), как отсев при получении абразивного шлифзерна, производимого в ОАО «Динур».

Методом одностадийного мокрого измельчения получены ВКВС композиционного состава на основе боксита, электрокорунда и ВДКС с объемной концентрацией твердой фазы 70 % (влажность 11 %). Изучено влияние температуры термообработки и обжига в интервале 100 – 1640 °С на некоторые свойства образцов с исходной пористостью около 15 %. Установлены три характерных интервала температур, различающихся тем, что в первом (900 – 1250 °С) преобладает процесс спекания и усадки, во втором (1250 – 1400 °С) — процесс муллитизации, сопровождающийся ростом, в третьем (1400 – 1640 °С) протекает процесс спекания замуллитизированного материала, сопровождаемый усадкой. Максимальные значения предела прочности при изгибе (140–150 МПа) соответствуют $T_{обж}$ = 1250 ÷ 1400 °С, а $\sigma_{сж}$ (750 МПа) — 1640 °С.

Изучено влияние температуры обжига образцов на основе ВКВС композиционного состава (боксит, электрокорунд, ВДКС) на фазовый состав, структуру и некоторые их свойства. Образцы, характеризующиеся исходным содержанием Al_2O_3 81 %, SiO_2 14 % (остальное примеси TiO_2, CaO, MgO, Fe_2O_3 и др.), после обжига в интервале 1400-1640 °С характеризуются общим содержанием муллита 38 – 42 % и корунда 50–55 % (остальное — соединения титана и стеклофаза). В процессе высокотемпературного обжига отмечается рекристаллизация материала, сопровождаемая ростом кристаллов муллита примерно в 10 раз.

Изучены свойства образцов керамобетонов композиционного состава в системе Al_2O_3–SiO_2–SiC–C, полученных способом пневмотрамбования. Охарактеризованы состав и свойства исходных ВКВС как матричной системы бетонов и приведена характеристика состава огнеупорных заполнителей. Изучено влияние температуры обжига в интервале 1000 – 1400 °С и продолжительности (50 – 100 ч) термообработки образцов в интервале 1300 – 1390 °С на показатели их линейных изменений, пористости и прочности. Охарактеризован фазовый состав материалов после длительной термообработки: обнаружен существенный прирост их массы, обусловленный процессом высокотемпературного окисления SiC. Охарактеризовано зональное строение керамобетонов изученного состава в процессе их продолжительной эксплуатации в монолитных футеровках желобов доменных печей.

ВЯЖУЩЕЕ ФОСФАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОСА РЕФТИНСКОЙ ГРЭС

Зяблова М.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: 090302marina@mail.ru

PHOSPHATE BINDER ON THE BASE OF FLY ASH OF REFTINSKAYA POWER PLANT

Zyablova M.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Способность зол-уноса ТЭС взаимодействовать с ортофосфорной кислотой с образованием, в зависимости от состава материалов и условий твердения, достаточно прочного и устойчивого к высоким температурам искусственного камня может найти применение в новых технологиях высокотемпературных теплоизоляционных материалов. Твердение обусловлено частичным расщеплением алюмосиликатной стеклофазы золы ортофосфорной кислотой и образованием новой полимерной аморфной фазы (со связями Si-O-P-O-Al), цементирующей основную массу частиц золы.

В данной работе выполнено исследование особенностей твердения кислой (низкокальциевой) золы-уноса Рефтинской ГРЭС, основной химический состав которой представлен оксидами, масс %: Al_2O_3 26.8, SiO_2 63.8, CaO 1.8, Fe_2O_3 3.9. Удельная поверхность золы по Блейну составляет 5400 $см^2/г$. В сравнительных целях была изучена зола ГУП «Водоканал», образующаяся при сжигании осадков сточных вод во взвешенном слое, химический состав которой представлен оксидами, масс %: Al_2O_3 15.5, SiO_2 40.8, CaO 9.3, Fe_2O_3 11.0. Удельная поверхность золы по Блейну составляет 6300 $см^2/г$.

Установлено, что при обычной температуре смеси 40 %-го раствора H_3PO_4 с Рефтинской золой-уноса (при массовом соотношении кислота/зола 0.4) не твердеют в течение 3 и более суток; дополнительное введение в состав смеси соединений, являющихся источником ионов кальция, обеспечивает достижение в возрасте 3 сут лишь самой минимальной прочности: 1.5 МПа. Эффективным способом ускорить твердение образцов является термическая обработка: при 80 °С в течение 5 и 24 ч двухкомпонентные смеси достигают прочности при сжатии соответственно порядка 5 и 10 МПа. Однако смеси золы ГУП «Водоканал» и 40 %-го раствора H_3PO_4 (при массовом соотношении кислота/зола 0.5) способны твердеть без нагревания. Прочность на сжатие на 28 сут составляет порядка 16 МПа.

Плотность образцов на Рефтинской золе-уноса и золе “Водоканал” после высушивания до постоянной массы (105-110 °С) составляет порядка 1.5 $г/см^3$, а водопоглощение (показатель «открытой» пористости) порядка 20 %. Камень выдерживает длительное хранение в воде, не разрушаясь и не теряя первоначальной прочности. После обжига при 900 °С в течение 1 ч прочность образцов на Рефтинской золе-уноса достигает более 20 МПа при плотности 1.2 $г/см^3$; образцы сохраняют свою целостность после 3 теплосмен (900 °С – вода).

Из-за высокой удельной поверхности данных зол, их смеси с H_3PO_4 характеризуются низкой удобоукладываемостью и недостаточной пластичностью. В ходе исследования образцов на основе Рефтинской золы-уноса установлено, что воздухововлекающие добавки анионогенного типа при дозировках 0.05-0.1 % оказывают, с одной стороны, пластифицирующее действие на смеси, облегчающее формование образцов, с другой стороны – снижают плотность образцов (до 1.1 $г/см^3$) за счет создания системы замкнутых воздушных пор, что может иметь значение при разработке новых видов теплоизоляционных материалов на основе золы.

ИК-СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОФЕЙНЫХ ОТХОДОВ

Исмагилова Д.Э.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ

e-mail: ism4gilovadarya@yandex.ru

IR ABSORPTION SPECTRA OF PYROLYSIS PRODUCTS OBTAINED FROM COFFEE WASTES

Ismagilova D.E.

Saint- Petersburg State Institute of Technology

Кофе – модный тонизирующий напиток, его ежедневное потребление составляет более 2,25 миллиардов чашек (по статистике за 2021 год). Рост потребления кофе приводит к увеличению объемов образования отходов, что требует применения новых высокотехнологичных и безопасных способов их утилизации. Отходы кофейного производства – побочные продукты, в том числе, с нумерацией к рисунку: 1,5) образующиеся в результате первичной сортировки зерна в цехе приемки; 2,6) отсев, получающийся в результате обжарки, 4) кек с декантера очистных сооружений; жмых от линии сублимации и др. ИК-спектры поглощения полученных в результате низкотемпературного пиролиза черней, а также активированного азотсодержащего угля, полученного из кокосовой косточки (Индия), показаны на рисунке.

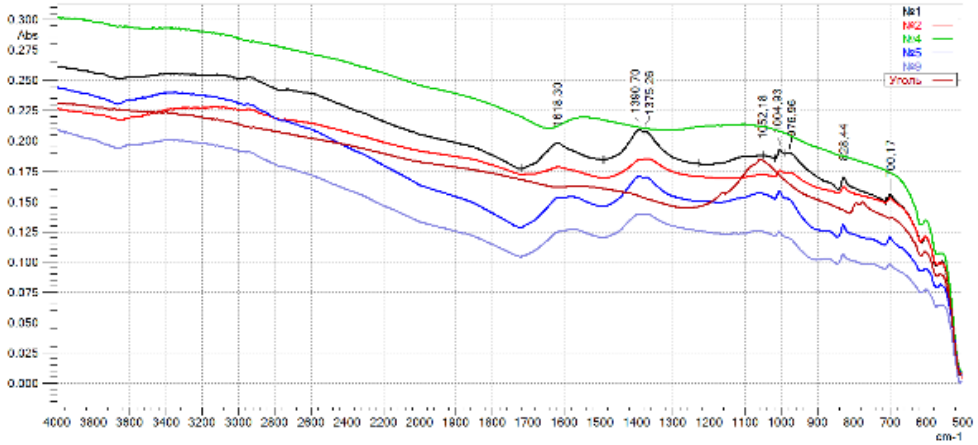


Рисунок - ИК-спектры поглощения полученных черней

Для образцов характерны полосы поглощения, $см^{-1}$: 828.44, 976.96, 1004.93, 1375.62, 1390.70, 1618.30, отвечающие главным образом за валентные колебания С-Р, деформационные колебания свободных от водородных связей ОН-групп, за валентные колебания С=С в бензольном кольце. Они различаются по степени поглощения изучения: чем выше левая часть спектра, тем сильнее поглощение.

Маслоемкость полученных черней [1] определялась в льняном масле дозированием в навеску измельченной в ступке черни порции масла по каплям до насыщения при отсутствии растекания масла на подложке и обеспечения подвижности пасты, значение показателя находится в диапазоне 104-135 г/100 г пигмента для образцов 6 и 1 соответственно.

Автор признательна руководителю доценту кафедры технологии неорганических веществ Логинову С.В. за всемерную поддержку в работе и окончательную редакцию тезисов.

Литература:

1. Л.Ф. Корсунский, Т.В. Калинская, Е.В. Семенова // Пигменты для художественных красок. - 1984. - Часть 2., 144 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОДНОЙ МАССЫ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

***Киреев К.Э.*[1], *Полякова Л.С.*[1], *Суровикин Ю.В.*[2], *Агафонов Д.В.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии электрохимических производств*

[2]*Центр новых химических технологий ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН*

e-mail: sadakozvonok@gmail.com

THE INFLUENCE OF THE ELECTRODE MASS COMPOSITION ON THE LIB ANODE MATERIALS ELECTROCHEMICAL PROPERTIES

***Kireev K.E.*[1], *Polyakova L.S.*[1], *Surovikin Y.V.*[2], *Agafonov D.V.*[1]**

[1]*Saint Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Center of New Chemical Technologies BIC*

Проблема увеличения удельной мощности и плотности энергии литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) является одной из приоритетных задач улучшения данного типа батарей. Немаловажную роль играет регулирование состава электродных масс.

В современных аккумуляторах содержание активного материала может быть увеличено до 90 % за счет использования новых классов связующих и токопроводящих добавок.

Интерес для исследований в данном направлении представляют нанокомпозиты на основе технического углерода (ТУ), которые имеют относительно высокую собственную электропроводностью, обладают удельной емкостью порядка 400 мАч/г, а также склонны к образованию плотных агломератов, что в условиях отказа от использования токопроводящей добавки можно превратить в преимущество такого типа материалов.

Целью данной работы является изучение влияния сажи как токопроводящей добавки на электрохимические характеристики анодных материалов на основе нанокомпозитов, состоящих из различных марок ТУ.

В исследовании использовались три нанокомпозита, синтезированные из разных марок ТУ, отличающихся диаметром частиц ($D_ч$ ТУ1≈ $D_ч$ ТУ2≫ $D_ч$ ТУ5), а также максимально возможного количества слоев пиролитического углерода (ПМ) для каждого наименования ТУ. Для изучения электрохимических характеристик материалов было изготовлено два типа электродов с разным соотношением компонентов: (I) 87:5:8 (нанокомпозит: сажа Super P: PVDF); (II) 92:8 (нанокомпозит: PVDF). Гальваностатическое циклирование проводилось постоянным током 200 мкА в диапазоне потенциалов 0.01-3 (В).

Таблица – Характеристики исследуемых материалов

	Тип макета	ТУ1+ПМ300%	ТУ2+ПМ130%	ТУ5+ПМ930%
Удельная емкость, мА·ч/г	I	364	245	162
	II	186	207	161

Можно заключить, что влияние токопроводящей добавки на нанокомпозиты различно в зависимости от их характеристик. ТУ5 относится к суперэлектропроводящим углеродным материалам, способным образовывать длинные разветвленные цепи агломератов, хорошо проводящих электрический ток. Очевидно, даже после нанесения слоев ПМ нанокомпозит сохраняет высокую электропроводность исходного ТУ, но обладает относительно небольшой удельной емкостью, что может ограничивать его применение.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ ПУТЕМ СТАРЕНИЯ ОСАЖДЕННОГО ГЕЛЯ И РЕГИДРАТАЦИИ ПРОДУКТА ТЕРМОАКТИВАЦИИ ГИББСИТА

Колесник Е.А., Торлопов И.И., Пахомов Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: npakhomov@mail.ru

COMPARISON OF METHODS FOR ALUMINUM HYDROXIDES PRODUCTION THROUGH AGING OF PRECIPITATED GEL AND REHYDRATION OF GIBBSITE THERMAL ACTIVATION PRODUCT

Kolesnik E.A., Torlopov I.I., Pakhomov N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время с точки зрения экологии из всех известных промышленных методов получения гидроксидов и оксидов алюминия для каталитических приложений наиболее привлекательной является технология, основанная на быстрой термической обработке (термохимической активации – ТХА) гиббсита – $Al(OH)_3$ [1, 2]. Физико-химические и технологические аспекты метода термоактивации и примеры его применения в синтезе ряда промышленно важных катализаторов и носителей подробно рассмотрены в обзорах [1, 2]. В настоящей работе предпринята попытка ответить на вопрос, может ли метод термоактивации стать полной альтернативой методу переосаждения при получении гидроксидов алюминия. Для ответа на данный вопрос комплексом физических методов исследования были детально изучены характеристики промышленных партий продуктов ТХА, производимые на ряде отечественных предприятий и доступные на рынке, и изучена их способность к регидратации. Рассмотрены закономерности синтеза гидроксида алюминия псевдобемитной и байеритной структуры путем регидратации продуктов активации в «мягких условиях» при pH 9 – 10.5 и температурах от комнатной до 85-90 °C при атмосферном давлении. Режимы регидратации были выбраны из установленных в работе условий получения практически количественного выхода псевдобемита или байерита при старении переосажденного аморфного гидроксида алюминия. Оказалось, что ни одна промышленная партия не обеспечивает выход соответствующего гидроксида больше 50-60 масс. %, и в полученных осадках наблюдаются примеси гиббсита, бемита или χ-Al_2O_3. Эти результаты указывают на то, что регидратация аморфной фазы протекает по механизму «твердое – жидкость», и не происходит перерастворения кристаллических гидроксидных и оксидных фаз. Более высокие выходы псевдобемита удается получить только при проведении процесса регидратации в жестких гидротермальных условиях при температурах 120-160 °C и кислой среде за счет перерастворения и перехода в кристаллический псевдобемит всех примесей, не подвергающихся регидратации в мягких условиях.

Таким образом, можно заключить, что, хотя метод термоактивации и нашел свою нишу в синтезе ряда важных алюмооксидных носителей и катализаторов, в целом этот метод характеризуется наличием большого количества стадий, использованием кислотных добавок и наличием сточных вод при отмывке от катионов натрия, и на современном этапе не может быть полной альтернативой методу переосаждения без существенного улучшения качества продукта на стадии термоактивации.

Литература:

1. Исупова Л.А., Коваленко О.Н., Андреева А.В., Ведерников О.С. и др. // Катализ в промышленности. – 2021. – Т.21, №6. – С. 368-381.

2. Пахомов Н.А., Золотовский Б.П. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2022. – Т.30, № 1. – С. 68-82.

РАСЧЕТ МНОГОСЛОЙНОЙ КЕРАМИЧЕСКОЙ ФУТЕРОВКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Лобанова Ю.С., Кузьмин А.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра механики
e-mail: icecream.mail@mail.ru

CALCULATION OF MULTILAYER CERAMIC LINING FINITE ELEMENT METHOD

Lobanova J.S., Kuzmin A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Реакторы различного назначения, печи, барабанные сушилки находят широкое применение в химической и других отраслях промышленности. Корпуса этих агрегатов испытывают значительную тепловую нагрузку, которая воспринимается футеровкой. Последняя и получает эту нагрузку, определяя, таким образом, работоспособность перечисленных агрегатов. Задача решается применением многослойной футеровки, представляющей собой несколько коаксиальных керамических цилиндров. Материал каждого слоя выбирается с учетом конкретных условий эксплуатации, в ходе которой возникают значительные термические напряжения, приводящие к выходу аппаратов из строя. Таким образом, задача расчета термических напряжений, разработка мер по их снижению представляется актуальной.

По сути, проблема сводится к решению двух задач: тепловой, которая позволяет оценить распределение температур по толщине стенки в произвольный момент времени, и механической, позволяющей рассчитать возникающие в процессе эксплуатации термические напряжения. Первая задача эффективно решается методом конечных разностей, который по ряду причин не получил распространения при решении механических задач. При расчете напряженно-деформированного состояния широко применяется метод конечных элементов, позволяющий также решать задачи дисперсии [1]. Тепловая задача сводится к одномерной нестационарной задаче с граничными условиями 3-его рода. Решение этой задачи позволяет определить температуру в каждом конечном элементе в произвольный момент времени и, следовательно, свойства материала как теплофизические, так и механические. Механическая задача является осесимметричной, и для ее решения можно использовать ту же разбивку, что и при решении тепловой задачи. При этом конечный элемент тепловой задачи будет осевым сечением механической. Предлагаемый подход планируется опробовать на реакторе для получения технического углерода.

Литература:

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Изд-во «Мир», 1979. – 392 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МАРГАНЦА MNO_X, СИНТЕЗИРОВАННОГО С ПОМОЩЬЮ МИКРОАППАРАТОВ С ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

Малаховская А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов

malahovskaya.alina@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MANGANESE OXIDE MNO_X NANOPARTICLES SYNTHESIZED USING MICROREACTORS WITH SWIRLING FLOWS

Malakhovskaya A.Yu.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время невозможно представить себе жизнь без телефонов, планшетов, бытовой техники и других приборов, в которые встроен аккумулятор. Для новых поколений аккумуляторов перспективным направлением будет использование суперконденсаторов на основе оксидов марганца из-за их высокой окислительной способности.

Для получения наночастиц оксида марганца используют разные методы, например, EAFSP метод, гальваностатическое электроосаждение и другие. Для синтеза частиц нами использован микрореактор с встречными интенсивно закрученными потоками (микро-ВСА-ВЗП) [1].

По своей сущности микрореакторный синтез наноразмерных частиц является разновидностью совместного осаждения, т.е. относится к золь-гель технологиям. Данная методика позволяет существенно повысить качество микросмешения, а значит, и добиться получения наночастиц с размерами, не превышающими 50 нм, с однородными составом, структурой и свойствами [1].

В данной работе исследовано влияние расхода растворов реагентов (1,5 л/мин, 2,2 л/мин, 3,0 л/мин) на пористую структуру материала. Схема синтеза изображена на рисунке 1, а результаты исследований представлены на рисунке 2.

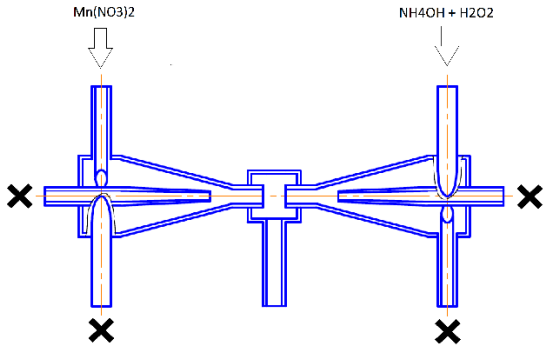


Рисунок 1– схема синтеза MnO_x

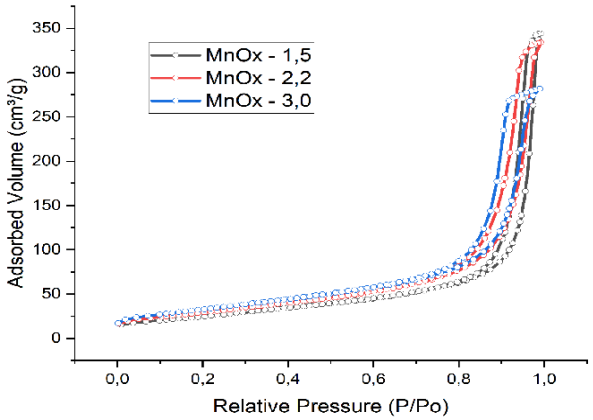


Рисунок 2– анализ пористой структуры

Работа выполнена на кафедре ОХБА под руководством проф. Р.Ш. Абиева, при участии доц. В.И. Попкова

Литература:

1. Abiev, R.S.; Kudryashova, Y.S.; Zdravkov, A.V.; Fedorenko, N.Y. Micromixing and Co-Precipitation in Continuous Microreactors with Swirled Flows and Microreactors with Impinging Swirled Flows // Inorganics 2023, 11, 49.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ ЛЕГКОВЕСНЫЙ ОГНЕУПОРНЫЙ БЕТОН АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СОСТАВА

Назарова С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: sofiya.nazarova.3007@gmail.com

HEAT-INSULATING LIGHTWEIGHT REFRACTORY CONCRETE OF ALUMINOSILICATE COMPOSITION

Nazarova S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Основной проблемой в производстве теплоизоляционных легковесных огнеупорных бетонов алюмосиликатного состава является повышенная водопотребность, в результате чего увеличивается время сушки монолитной футеровки. В связи с увеличением количества влаги в бетоне уменьшается его механическая прочность.

На кафедре ХТТНиСМ СПбГТИ(ТУ) предложен метод получения легковесных бетонов, где в качестве легковесного пористого заполнителя применяется предварительно обожженный материал, полученный методом химического вспучивания шликера. Для получения пористой структуры огнеупорного заполнителя использован органический порообразователь и стабилизатор вспученного шликера, выгорающий в процессе сушки и не загрязняющий огнеупорный материал [1].

Был разработан состав шликера:

Таблица - Состав шликера

Компонент	Состав, %
Тонкомолотый шамот	66,7
Магний уксуснокислый	14,2
Вода	14,2
Реактивный глинозем	14,9

Вспучивание массы происходит в результате реакции газообразования при температуре 130 °С. Вспучивание сопровождается увеличением объема шликера в 2,5 раза, при этом происходит его отвердевание и стабилизация. Полученный пористый материал измельчался и использовался в качестве заполнителя (таблица).

Таким образом, использование данного метода получения легковесных бетонов позволяет получить материал с прочностью при сжатии 4 МПа, открытой пористостью ~ 50 %, кажущейся плотностью 2 г/см^3.

Литература:

1. Суворов С.А. Пористая огнеупорная керамика на основе Al_2O_3, полученная методом химического вспучивания / С.А. Суворов, А.П. Шевчик, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова // Новые огнеупоры. – 2019. - №10. – С. 14-17.

ПАТРОНИРОВАННЫЕ БЛОЧНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГАЗООЧИСТКИ, СОДЕРЖАЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ

Никитин И.Д., Жуйкова Е.К., Хвостиков И.В., Вишневская Т.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа
e-mail: kuzmolovo2011@gmail.com

PATRONIZED GAS PURIFICATION CATALYTIC UNIT CONTAINING TECHNOLOGICAL WASTE

Nikitin I.D., Zhuikova E.K, Hvostikov I.V, Vishnevskaya T.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В данной работе рассматривается технологическая возможность применения отработанных катализаторов и отходов металлообработки при изготовлении патронированных блочных систем окисления CO. Применение технологических отходов при изготовлении патронированных блочных катализаторов позволит вторично использовать ценные соединения (металлические отходы, оксиды переходных и редкоземельных металлов) без их извлечения. Использование отходов металлообработки при изготовлении таких изделий даёт возможность увеличить поверхность контакта катализатора с реакционной средой за счёт создания системы искривлённых каналов в блоке. Для оценки эффективности такого подхода необходимо определить основные характеристики изготовленных патронированных блоков: площадь поверхности запрессованной в блоки стружки, газодинамическое сопротивление, активность и производительность в реакции окисления CO.

Было изготовлено 2 патронированных блока диаметром 1 см, заполненных металлической стружкой. В качестве исходного сырья использовались: №1 - нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т и №2 – Al (чистый). Площадь поверхности запрессованной стружки составила: $S_{\text{пов}}(\text{№1}) = 66{,}31\ \text{см}^2$ и $S_{\text{пов}}(\text{№2}) = 71{,}11\ \text{см}^2$

Затем на полученный первичный носитель наносились слои суспензии (ρ = $1{,}28\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, pH = 3,95), содержащей в качестве дисперсной фазы активный компонент состава (в % масс.): Al_2O_3 – 86,25, CeO_2 – 3,5, ZrO_2 – 5,0, CuO – 3,6, Co_3O_4– 1,65 (по твёрдым остаткам). Площадь поверхности образуемого ею пористого оксидного слоя составляет: $S_{\text{уд}} = 118\,\frac{\text{м}^2}{\text{г}}$. После нанесения каждого слоя производилась термообработка (300 °C). Прирост массы активного компонента после нанесения 4-х слоев и завершающего прокаливания (600°C) составил: $m_{\text{слоя}}(\text{№1}) = 71{,}88$ мг и $m_{\text{слоя}}(\text{№2}) = 162{,}25$ мг.

Для всех блочных носителей было определено газодинамическое сопротивление до нанесения активного компонента и после (с использованием дифференциального микроманометра) при расходе воздуха: $V_{\text{гвп}} = 5\,\frac{\text{л}}{\text{мин}}$.

Каталитическая активность изделий определялась в реакции окисления CO методом реакционной газовой хроматографии и составила при 450 °C: $X(\text{№1}) = 93\ \%$ и $X(\text{№2}) = 97\ \%$. Производительность по массе при температуре 450 °C составила:

$$\Pi_{\text{CO}}(\text{№1}) = 0{,}055\ \frac{\text{мг(CO)}}{\text{сек·г(кат)}} \text{ и } \Pi_{\text{CO}}(\text{№2}) = 0{,}117\ \frac{\text{мг(CO)}}{\text{сек·г(кат)}}.$$

На данном этапе работы показано, что изделия, патронированные алюминиевой стружкой, имеют более высокую производительность в реакции окисления CO за счёт более плотной упаковки стружки в блоке. В данный момент проводится изготовление патронированных блоков с использованием гидравлического пресса, что, в перспективе, может повысить плотность упаковки стружки, контактную поверхность блока и его производительность.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

ВОЛЛАСТОНИТ КАК ЛЕГИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ В КЕРАМИКЕ

Николаева А.Д.*, *Логинов С.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа, кафедра технологии неорганических веществ
e-mail: nkvitova@list.ru

WOLLASTONITE AS AN ALLOYING MATERIAL IN CERAMICS

Nikolaeva A.D.*, *Loginov S.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Волластонит – уникальный материал, потребность в котором возрастает. Его получают как из природного горного сырья, так и синтетическим путем из солей или оксидов кальция и кремния. Получение волластонита всегда связано с высокими температурами и давлением, либо с проблемой чистоты получаемого продукта. Волластонит имеет игольчатую структуру, отличается особой прочностью (по шкале Мооса 4,5 ~ 5,5) и высокой температурой плавления (1540 ℃). Особые свойства этого материала связаны с его структурой: повторяющимися, переплетенными тройными четырехгранниками кварца. Цепочки, формируемые этими кварцевыми четырехгранниками соединены по сторонам через кальций, таким образом формируются восьмигранники и игольчатая структура кристалла, рисунок.

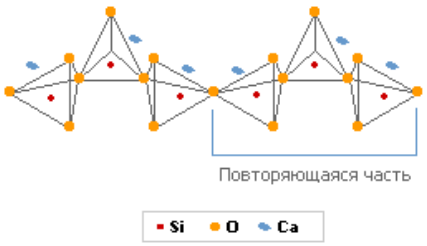


Рисунок – Структура волластонита

Особые свойства волластонита делают его хорошим наполнителем для компаундов и легирующим компонентом для различных материалов. Так, его используют для устранения нескольких видов брака, проявляющихся при охлаждении изделий после обжига в производстве керамики [1]. В настоящее время нами в условиях лаборатории проводится работа по формованию, двухстадийному обжигу и сравнению свойств керамической плитки, получаемой по промышленной технологии без волластонита в шихте черепка, с использованием промышленной марки волластонита и с волластонитом, синтезированным по разработанной нами ранее авторской технологии из отходов содового производства. При выполнении работ применяются фритта и шликерная масса, полученные от ОАО «НЕФРИТ-КЕРАМИКА». Введение волластонита в состав пресс-порошка при изготовлении облицовочной плитки должно привести к устранению такого брака, как холодный треск.

Литература:

1. Абдрахимова, Е.С. Использование волластонита в производстве керамических изделий / Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Материаловедение. – 2004. – № 10. – С. 47-52.

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ОТ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА. ПУТИ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Парих К.А.*, *Мещерякова С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: ksusha.parikh@gmail.com

RECYCLING CARBON DIOXIDE FROM AMMONIA PRODUCTION. SOLUTIONS AND PROSPECTS

Parikh K.A.*, *Meshcheryakova S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На примере группы компаний «Еврохим Северо-Запад», выпускающей 1 млн. тонн в год аммиака для производства минеральных удобрений на площадке г. Кингисепп, актуально и востребовано решение вопросов по утилизации углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу от синтеза аммиака. Первоначально смешиваются природный газ и водяной пар, смесь компримируется до давления в 35 атмосфер, пропускается через Ni-катализатор трубчатого типа при 900 °С (первичная конверсия). Реагирующие при этом вещества образуют термический газ, в аппарате вторичной конверсии термический газ совмещается с воздухом и при этом окисляется остаточный метан, затем термический газ, свободный от метана, направляется в СО-конвертер, где СО и H_2O-пар реагируют между собой на катализаторе:

$$CH_4 + H_2O\ (900\ °C,\ Ni) \rightarrow CO + 3H_2;\ \Delta H = +\ 205{,}2\ кДж$$

$$2CH_4 + O_2 + 4N_2\ (900\ °C, 35bar)\ Ni \rightarrow 2CO + 4H_2 + 4N_2;\ \Delta H = -\ 71{,}5\ кДж$$

$$CO + H_2O\ (_{250\ °C,\ Cu\ Zn}) \rightarrow CO_2 + H_2;\ \Delta H = -\ 40{,}9\ кДж$$

Термический газ содержит на выходе H_2, N_2 и CO_2. После абсорбера водно-аминной промывки от CO_2 газовая смесь содержит H_2 и N_2 в необходимом объемном соотношении 3:1 и отправляется далее в качестве синтез-газа на стадию синтеза аммиака. CO_2 десорбируется и сбрасывается в атмосферу, раствор абсорбента работает в цикле абсорбция-десорбция.

Из брутто-схемы очевидно, что материальный поток получающегося при этом углекислого газа составляет около 1 млн. тонн в год. Эмиссия такого количества побочного продукта, квалифицируемого как «парниковый газ», в атмосферу представляется экологически и экономически нерациональной. Наиболее привлекательным путем утилизации CO_2 с учетом специфики химического кластера Кингисеппа может быть конверсия техногенного фосфогипса, отхода производства экстракционной фосфорной кислоты, складируемого в отвалах, в химически осажденный мел, востребованный белый пигмент, и сульфат аммония, востребованное минеральное удобрение:

$$CO_2 + 2NH_3 + CaSO_4 * nH_2O \rightarrow CaCO_3\downarrow + (NH_4)_2SO_4 + (n-1)H_2O$$

Так, по укрупненным данным утилизация 440 тысяч тонн в год углекислого газа позволит переработать около 1500 тысяч тонн фосфогипса, получить около 1 млн. тонн химически осажденного мела и 1,32 млн. тонн сульфата аммония. При этом потребуется около 340 тысяч тонн аммиака. Такая диверсификация потребления аммиака в кластере повысит рентабельность производства и экологическую привлекательность за счет уменьшения накопленных отходов прошлых лет (фософогипса) и эмиссии углекислого газа в атмосферу.

Авторы выражают благодарность доценту кафедры ТНВ к.т.н. Логинову С.В. – за идею и советы по нахождению решений экологических проблем на предприятии «Еврохим».

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДВОЙНОСЛОЙНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Потапов К.А.*, *Хромин Д.*, *Кутлимуратов Р.М.*, *Кузнецова А.Р.*, *Агафонов Д.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии электрохимических производств
e-mail: kkostyapotapov@gmail.com

A NEW APPROACH TO ESTIMATING THE SPECIFIC SURFACE AREA FOR CARBON-BASED EDLCs MATERIALS

Potapov K.A.*, *Khromin D.*, *Kutlimuratov R.M.*, *Kuznetsova A.R.*, *Agafonov D.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире к вопросу расчета удельной поверхности твердых веществ есть два принципиальных подхода: расчетный и экспериментальный. В расчетном методе используется геометрическое представление о конфигурации и размере частиц, однако он не дает точной оценки. На практике чаще всего пользуются экспериментальными методами [1].

Наиболее распространенным экспериментальным методом является метод БЭТ - основанный на низкотемпературной адсорбции азота. Он базируется на теории полимолекулярной адсорбции. Эта теория подразумевает, что молекулы каждого предыдущего адсорбированного слоя служат активными центрами для образования последующих слоев. Основной величиной, позволяющей произвести расчеты удельной поверхности материалов, является емкость монослоя, которая равна числу молекул адсорбата в полностью заполненном монослое на поверхности адсорбента [2].

Таким образом, получают набор точек, аппроксимируя которые можно получить значение наклона прямой, а также точку ее пересечения с осью координат. Благодаря значениям которых можно определить вес монослоя адсорбата на один грамм адсорбента, по которому можно рассчитать удельную поверхность образца [1].

Однако при низких температурах и установленном времени эксперимента азот зачастую не достигает микропор, что затрудняет адекватную оценку, как пористости, так и общей площади поверхности материала [3].

Авторами работы [1] был предложен метод, который позволяет получить достаточно точные значения удельных площадей поверхности для углеродных материалов двойнослойных конденсаторов (ДСК). Он заключается в оценке площади поверхности по измеренной емкости материалов ДСК, полученных при различных токах заряда. Значения удельных площадей поверхностей материалов были рассчитаны, используя закон эквивалентов и, зная, что количество вещества пропорционально числу частиц. Предлагаемый в данной работе метод является упрощенным представлением о процессе, приводящем, к образованию заряженной поверхности электрода за счёт сорбирующихся на ней ионов.

Таким образом, предложенный подход к определению площади поверхности является актуальным поскольку позволяет разработать экспресс метод оценки удельной площади поверхности, не прибегая к таким трудозатратным подходам, как метод БЭТ.

Литература:

1. Есарев И.В. Оценка поверхности углеродного материала путем емкостных измерений двойнослойного суперконденсатора / И.В. Есарев, Ю.В. Суровикин, Д.В. Агафонов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2022. – Т.63. – С.23-27

2. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. 306 с

3. Lobato, B. Capacitance and surface of carbons in supercapacitors / B. Lobato, L. Suárez, L. Guardia and T.A. Centeno // Carbon. - 2017. - Vol. 122. - P. 434-445

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ, СОРБЕНТОВ И КАТАЛИЗАТОРОВ

Рустамова Н.Р.*, *Логинов С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа, кафедра технологии неорганических веществ

e-mail: leavenatashaalone@gmail.com

THE USE OF PRODUCTION WASTE IN THE TECHNOLOGY OF ALUMINOSILICATE CARRIERS, SORBENTS AND CATALYSTS

Rustamova N.R.*, *Loginov S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время алюмосиликаты широко применяются в качестве носителей/катализаторов для таких процессов, как, например, каталитический крекинг тяжелых углеводородов. В то же время, остро стоит проблема утилизации отходов химических производств, которые могут стать не источником загрязнения окружающей среды, а выступать вторичным сырьем, что является весьма актуальным.

Нами ранее получены образцы на основе бентонитовой глины с добавками тонкоизмельченного тарного стекла и продуктов пиролиза рисовой шелухи [1]. Они отличались характерной пористой структурой и прочностью, по результатам экспериментов на пилотной установке были рекомендованы в качестве катализаторов крекинга тяжелых фракций в производстве синтетического каучука.

Сегодня ведется работа по приготовлению и исследованию образцов, состоящих из глины каолинитового типа, тонкоизмельченного тарного стекла и отходов кофейного производства в качестве компонента, генерирующего при сгорании пористую структуру. Варьируя составы образцов и режимы температурного воздействия, планируется создать такую структуру, которая обеспечит достаточную прочность и при этом сохранит развитую поверхность. Представляют интерес также кислотно-основные и ионообменные свойства поверхности получаемых образцов для целей адсорбции различных загрязнителей из водных растворов, в частности, тяжелых металлов, редких элементов и экстрагентов. Например, на ранее полученных алюмосиликатах степень очистки от трибутилфосфата на первых 10 объемах раствора, эквивалентных 1 объему насадки, составила около 80 % при исходной концентрации его в растворе в следовых количествах. На рисунке представлена иллюстрация образца, полученного при температуре 850 ºС (2 часа) и массовом соотношении компонентов глина: стекло: кофейный жмых = 2:1:0,2.

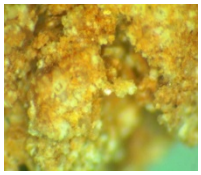


Рисунок – Изображение фрагмента черенка образца (50-кратное увеличение под микроскопом)

Литература:

1. Логинов, С.В. Получение носителей и катализаторов с использованием порошкообразного стекла / С.В. Логинов, А.С. Ильинская // Молодежь в науке: Новые аргументы: Сборник научных работ IX Международного молодежного конкурса. Часть I / Отв. ред. А.В. Горбенко. - Липецк: Научное партнерство «Аргумент», 2018. — С. 150-155.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ОТХОДОВ КОФЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И КОСТНОЙ МУКИ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ

Соколов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ

e-mail: alexander-sockolov-2003mail@list.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF PYROLYSIS PRODUCTS OF COFFEE PRODUCTION WASTE AND BONE MEAL AS SORBENTS

Sokolov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство кофе сопровождается образованием значительного количества отходов: например, из 1 т кофейных зёрен обычно получается 0,33…0,37 т порошка растворимого кофе и порядка 0,5 т отходов, требующих переработки [1]. Уголь костяной крупки используется в качестве адсорбента при очистке сахарных сиропов.

Удельная поверхность образцов, полученных нами после пиролиза отходов производства кофе и костной муки, определялась по тепловой десорбции азота без предварительного измельчения. Для получения пиролизатов сырьё помещалось в шамотный тигель. Крышка шамотная, шов между крышкой и тиглем перекрывался пастой кембрийской глины. Первые три образца выдерживались при 450 °С 12 часов. Сырьё четвёртого, пятого, шестого и седьмого образцов обрабатывалось по схеме: проводилась разгонка с 30 °С до 254 °С в течение 1,5 часов, затем выдержка при 400 °С: для образцов №4 и №7 – 6 часов, для образцов №5 и №6 – 4 часа. Данные о сырье и удельной поверхности полученных продуктов пиролиза сведены в таблицу.

Таблица – Реестр образцов сырья и свойства продуктов пиролиза

№	Описание сырья	Удельная поверхность, $м^2/г$
1	Отходы цеха приёмки кофейного зерна	1,8
2	Отходы после обжарки кофейного зерна	0,65
3	Отходы кека с декантера процесса производства кофе	164,7
4	Отходы цеха приёмки кофейного зерна	1,1
5	Отходы после обжарки кофейного зерна	0,8
6	Костная мука	106,8
7	Костная мука	131,3

Для сравнения, измеренная тем же способом удельная поверхность активированного азотсодержащего угля, полученного из кокосовой косточки (Индия), составляет 259 $м^2/г$. Низкая удельная поверхность образцов №1, №2, №4 и №5 может объясняться большим размером исследованных частиц, фактически обожженных осколков зёрен кофе. Для карбонизатов образцов №3, №6 и №7 характерна высокая удельная поверхность, что свидетельствует о их развитой пористой структуре: данные образцы могут рассматриваться как полупродукты для производства адсорбентов.

Литература:

1. Ковальченко, Н.А. Конверсионный подход комплексной переработки отходов кофейного производства для решения экологических проблем / Н.А. Ковальченко, Т.С. Коршик, В.В. Калатози // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 4. – С. 172-175.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДНОГО КОМПОНЕНТА НА СВОЙСТВА РЕАКЦИОННО-СПЕЧЕННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

Сулим Ю.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: iuliasulim@yandex.ru

INFLUENCE OF THE CARBON COMPONENT CONTENT ON THE PROPERTIES OF REACTION-SINTERED SILICON CARBIDE

Sulim J.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Возрастающий интерес к карбидокремниевой керамике обусловлен уникальными физико-химическими свойствами этого материала. Высокие прочность, твердость, сопротивление истиранию, низкий температурный коэффициент линейного расширения, способность переносить большие силовые и тепловые нагрузки в условиях агрессивных сред – вот наиболее интересные свойства карбида кремния.

В ходе данной работы изучалось влияние процентного содержания углерода в исходном пресс-порошке на свойства карбидокремниевого материала, полученного холодным одноосным прессованием с последующим реакционным спеканием.

Для прессования заготовок в данной работе применялись смеси порошка SiC двух фракций (70 масс. % крупная фракция 35-45 мкм, 30 масс. % мелкая фракция 3-5 мкм) с добавлением разного количества углерода (5, 10 и 15 масс. % сверх массы шихты). В качестве органического связующего использовали 2 % водный раствор полиэтиленгликоля.

Карбидокремниевые керамические материалы получали путем реакционного спекания. Спрессованные заготовки обсыпали чистым кусковым кремнием и спекали (силицировали) при температуре 1600 ºС в течение 10 минут в вакууме. В ходе данного процесса происходит взаимодействия расплава кремния с углеродом (процесс силицирования) с образованием вторичного карбида кремния. Процесс реакционного спекания обеспечивает формирование контактов между зернами первичного SiC, заполнение пор и образование непрерывного поликристаллического каркаса из карбида кремния.

В таблице приведены результаты исследования физико-механических свойств спеченных образцов.

Таблица – Физико-механические свойства реакционно-спеченных материалов

Технический углерод (сажа), масс. %	(ρ±0,02), г/см^3	(П±0,1),%	($V_{зв}$±100), м/с	($E_{упр}$±20), ГПа	($\sigma_{изг}$±20), МПа	(HV±1), ГПа
5	2,92	<0,4	9050	239	250	21
10	2,98	<0,4	9450	264	280	21
15	3,03	<0,4	9550	276	320	22

С увеличением количества вводимого углерода в шихту увеличивается плотность конечного спеченного материала, пористость уменьшается и соответственно растет прочность при изгибе.

Путем подбора оптимального состава шихты были получены высокоплотные карбидокремниевые материалы. Максимальными механическими свойствами обладает материал, содержащий 15 % углерода.

СВОЙСТВА РЕАКЦИОННО-СПЕЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ B_4C-SiC

Сулим Ю.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: iuliasulim@yandex.ru

PROPERTIES OF REACTION-SINTERED MATERIALS B4C-SiC

Sulim. J.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Целью данной работы является получение материалов на основе карбида бора с добавлением карбида кремния методами горячего шликерного литья и холодного одноосного прессования с последующим реакционным спеканием (силицированием) полученных заготовок.

При прессовании использовался пластификатор в виде водного раствора полиэтиленгликоля (10 мл на 100 гр). Из шихты прессовали образцы в форме балок высотой 10 мм, шириной 5 мм, длиной 70 мм при давлении 100 МПа.

Для литья шликер изготавливали из исходного порошка с добавлением временной технической связки (ВТС) на основе парафина с добавлением воска и олеиновой кислоты. Образцы в форме балок высотой 10 мм, шириной 4 мм, длиной 70 мм отливались под давлением 5,5 бар при температуре 80 ºС.

Карбидокремниевые керамические материалы получали путем реакционного спекания. Спрессованные заготовки обсыпали чистым кусковым кремнием и спекали (силицировали) при температуре 1600 ºС в течение 10 минут в вакууме. В ходе данного процесса происходит взаимодействия расплава кремния с углеродом с образованием вторичного карбида кремния. Процесс реакционного спекания обеспечивает формирование контактов между зернами первичного SiC, заполнение пор и образование непрерывного поликристаллического каркаса из карбида кремния.

Полученные образцы обозначим соответственно таблице 1.

Таблица 1 – Составы полученных образцов

Обозначение	Состав	Метод формования
ЛБ50	B_4C 60 мкм 50%+ SiC М5 50% +15% С	Литье
ЛБ100	B_4C 60 мкм 100% + С 15%	Литье
ПБ50	B_4C 60 мкм 50%+ SiC М5 50% +15% С	Прессование
ПБ100	B_4C 60 мкм 100% + С 15%	Прессование

В таблице 2 приведены результаты исследования физико-механических свойств спеченных образцов.

Таблица 2 – Физико-механические свойства реакционно-спеченных материалов

Образец	(ρ±0,02), г/см^3	(П±0,1),%	($V_{зв}$±100), м/с	($E_{упр}$±20), ГПа	($\sigma_{изг}$±20), МПа	(HV±1), ГПа
ЛБ50	2,65	0,4	9924	261	220	30
ЛБ100	2,38	0,4	9916	234	214	32
ПБ50	2,84	0,4	9894	278	270	30
ПБ100	2,49	0,2	10044	251	248	34

При анализе физико-механических свойств полученных образцов установлено, что наибольшими свойствами обладает материал состава ПБ50. Добавление к B4C SiC позволяет повысить прочность и плотность конечного спеченного материала. Плотность образцов возрастает, что приводит к увеличению прочности при изгибе.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПРИ СПЕКАНИИ ПРЕСС-МАСС НА ОСНОВЕ ПЛАКИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

Туманов П.А.[1,2]***, Руденок Л.П.***[2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[2]*ООО «Вириал»*

e-mail: TumanovPA@virial.ru

INFLUENCE OF PRESSING CONDITIONS ON THE DENSITY OF CUTTING PLATES DURING SINTERING OF PRESS MASSES BASED ON CLAD POWDERS OF CUBIC BORON NITRIDE

Tumanov P.A.[1,2]***, Rudenok L.P.***[2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Virial LTD*

Плотность – одна из важнейших характеристик, определяющих физико-механические свойства режущих пластин на основе кубического нитрида бора (КНБ). Целью работы является определение количества пластификатора пресс-массы и напряжения нагрева при ее спекании, позволяющих получать пластины с максимально возможной плотностью.

Ранее было показано, что использование раствора каучука в бензине в количестве не менее 2 масс. % для пластификации пресс-масс на основе плакированного титаном мелкозернистого порошка КНБ позволяет получать бездефектные заготовки с удовлетворительной плотностью [1].

Опыты по спеканию пресс-масс с содержанием пластификатора от 2 до 4,2 масс. %. проводили на аппарате высокого давления методом high pressure – high temperature (HP-HT) с варьированием напряжения нагрева в диапазоне от 3,2 до 3,8 В (рисунок).

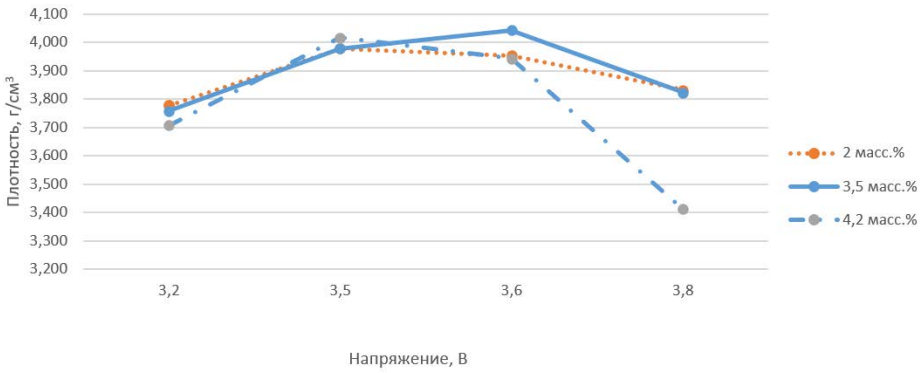


Рисунок – Зависимость плотности спеченных режущих пластин от содержания пластификатора в пресс-массе и напряжения нагрева

Как видно из графика, максимальная плотность достигается при содержании пластификатора 3,5 масс. % и напряжении нагрева 3,6 В.

Работа выполнена в ходе плановых НИР ООО «Вириал» при участии Санкт-Петербургского технологического института (технический университет).

Литература:

1. Туманов, П. Пластификация пресс-масс на основе плакированных порошков кубического нитрида бора/ Туманов П. // XIII Научно-техническая конференция с международным участием: Неделя Науки – 2023. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 186.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕОЛИТЫ ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА МЕТИЛАМИНОВ

Чабанова М.М., Тетерина Е.В., Слабченко М.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: mslabchenko02@gmail.com

MODIFIED ZEOLITES FOR METHYLAMINE SYNTHESIS CATALYSTS

Chabanova M.M., Teterina E.V., Slabchenko M.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Реакция аминирования метанола занимает важное место в современном промышленном синтезе моно-, ди- и триметиламинов [1]. Обширные исследования в области производства катализаторов, обеспечивающих максимальную выработку диметиламинов (за счет высокой селективности по диметиламину и низкой по триметиламину), показали, что лучше использовать строго селективные цеолиты.

Благодаря наличию очень большой внутренней поверхности, молекулярно-ситовым свойствам, а также возможности модификации каталитических свойств цеолиты показали высокую каталитическую активность. Среди синтетических модифицированных цеолитов наибольшая активность проявляется у Н-морденита и высококремнистого цеолита HZSM-5.

В процессе работы были приготовлены гранулированные образцы на основе цеолитов NaM, ZSM-5, CaX и ZSM-5, модифицированных посредством:

– декатионирования растворами нитрата и ацетата аммония при варьировании их концентрации (от1,0 Н до 2,0 Н);

– кислотной обработки 1,5 Н раствором азотной кислоты;

– катионного обмена 0,75 Н растворами азотнокислых лантана и церия.

Все гранулированные образцы, полученные на основе модифицированных NaM, ZSM-5, обладают большей удельной поверхностью по сравнению с образцом, полученным на основе CaX (359 м2/г у НМ (Зп), 390 м2/г у CeHZSM-5, 374 м2/г у НМ (Зп-1к), а у CeHCaX – 192 м2/г).

Было выявлено, что предварительное декатионирование, кислотная обработка и внедрение РЗЭ не оказывают сильного влияния на величины прочности, суммарного объема пор, плотности и кислотно-основных свойств гранулированных образцов.

Согласна полученным кинетическим кривым сорбции паров воды при p/ps = 0,99 образцы CeHZSM-5, CeHCaX и НМ быстрее выходят на равновесное значение сорбции, чем НМ(Зп-1к). Катионный обмен на Ce^{3+} увеличивает величину предельной сорбции. При этом CeHZSM-5 и CeHCaX имеют равные значения предельной величины сорбции (33,2 % у первого и 33,7 % у второго).

Литература:

1. Водолажский, С.В. Гетерогенно-каталитический синтез метиламинов: специальность 05.17.04 «Технология продуктов тяжелого (или основного) органического синтеза»: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Водолажский Сергей Васильевич; Всероссийский научно-исследовательский институт нефтехимических процессов «ВНИИНефтехим». – Санкт-Петербург, 2000. – 20 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМОГИДРОКСИДНЫХ СУСПЕНЗИЙ ДЛЯ УГЛЕВОДОРОДНО-АММИАЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

Яковлев А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: avyakovlev96@yandex.ru

STUDY OF REOLOGICAL PROPERTIES OF ALUMINUM HYDROXIDE SUSPENSIONS FOR HYDROCARBON-AMMONIUM MOLDING

Yakovlev A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В области производства алюмооксидных носителей и катализаторов шариковой формы широко известен метод углеводородно-аммиачного формования. В соответствии с ним синтез сферических гранул γ-Al_2O_3 проводится путём приготовления высокодисперсной суспензии при пептизации гидроксида алюминия, формовании данной суспензии в углеводородной жидкости в виде шариков под действием сил поверхностного натяжения, их коагуляции в растворе аммиака и термической обработки [1]. Эффективность жидкостного формования определяется свойствами исходного сырья, составом и условиями приготовления суспензии, конструкционными и эксплуатационными характеристиками установки синтеза. Особое значение для формуемости суспензии в данном процессе приобретают её реологические свойства.

В рамках выполненной работы была получена серия алюмогидроксидных суспензий на основе промышленного псевдобемита непрерывного холодного осаждения производства ЗАО «Промышленные катализаторы». При его пептизации использовались водные растворы азотной кислоты с различной величиной пептизационного эквивалента. В соответствии с методикой [2] в качестве порообразующей добавки и для повышения устойчивости суспензий в них вносили до 5 % масс. карбамида.

Для исследуемых суспензий были построены полные реологические кривые на ротационном вискозиметре Rheotest-2, определены их плотность и величина pH. После анализа в соответствии с методикой углеводородно-аммиачного формования на их основе были получены шариковые гранулы носителя (d=1,5±0,1 мм). По виду кривых вязкости и течения установлено, что данные суспензии проявляют свойства псевдопластичных жидкостей. После достижения необходимой для разрушения их структуры нагрузки и снижении скорости сдвига они ведут себя подобно ньютоновским жидкостям. При $\alpha_к$ = 0,09 г-экв HNO_3/г-моль Al_2O_3 пептизированная суспензия наиболее близка по своим свойствам к ньютоновской жидкости и имеет наименьшую площадь петли гистерезиса, являющейся мерой прочности тиксотропных структур. Дальнейшее увеличение модуля кислотности с 0,09 до 0,15 приводит к упрочнению структуры и росту эффективной вязкости. Установлено, что суспензия полученная при $\alpha_к$ = 0,09 г-экв HNO_3/г-моль Al_2O_3 является наиболее пригодной к формованию, позволяя получать механически прочные сферические гранулы с высокой удельной поверхностью (до 320 $м^2$/г).

Литература:

1. Катализаторы в нефтепереработке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ect-center.com/blog/katalizatory-v-neftepererabotke / (дата обращения: 15.03.2023).

2. Пат. 2472583C1 РФ, СПК B01J 21/04. Шариковый катализатор для гидроочистки нефтяных фракций и способ его приготовления. Красий Б.В., Кустова Т.С., Пукшанский Л. И., Сорокин И.И.; заявитель и патентообладатель ООО «НПФ «ОЛКАТ». - № 2011123611/04, заявл. 09.06.11; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. - 9 с.

СЕКЦИЯ 7
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕРОВ И МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ



ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОАКРИЛИМИДОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОГЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Бурмистров Н.Д., Родин А.С., Дворко И.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: burmkolia@yandex.ru

PRODUCTION OF ACRYLIMIDES BASED ON HYDROHELIUM POLYACRYLAMIDE COMPOSITIONS

Burmistrov N.D., Rodin A.S., Dvorko I.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На основе экспериментальных данных, представленных в публикации [1], воспроизведена методика получения пеноакрилимидов на основе гидрогелевых композиций полиакриламида.

Газонаполненные материалы получали путем совмещения порошкообразного полиакриламида марки АК-642 АП 9405 (100 м.ч.), дистиллированной воды (120 м.ч.), выступающей в качестве пластификатора и щавелевой кислоты (15 м.ч.), выполняющей роль химического газообразователя. Сушку гидрогелевых композиций производили в течение 3 часов при температуре 80 °С. Вспенивание и отверждение композиций производили в металлической форме (275х204х68,5 мм) в течение 7 часов при 230 °С.

Кажущаяся плотность (ρ, кг/м3) полученных пенополимеров была определена по ГОСТ 409–77. Разрушающее напряжение при сжатии (σ, МПа) было изучено согласно ГОСТ 23206–78 на универсальной разрывной машине Shimadzu AG-X Plus 50 kN.

Полученный пеноматериал имеет высокие физико-механические характеристики: разрушающие напряжение при сжатии – 1,9 МПа при кажущейся плотности - 224 кг/м3. Теплостойкость пенопласта оценивали по деформации под нагрузкой 10 Н при нагревании. Полученные результаты показывают, что при 200 °С относительная деформация составляет 5,3 %, а при 210 °С - 6,2 %, что позволяет рекомендовать их использование в композиционных материалах, работающих в условиях повышенных температур.

Образцы пеноакрилимида, полученные по данной рецептуре, имеют высокие показатели водопоглощения (таблица), что обусловлено открытоячейстой структурой, а также наличием гидрофильных групп (-NH2, -NH-C(O)), которые не полностью переходят в имидные циклы в процессе термообработки.

Таблица – Водопоглощение полученных пенополиимидов (ГОСТ 20869–2017)

Продолжительность выдержки образцов	Водопоглощение, %
за 1 час	27-28
за 1 сутки	100-112,5
за 7 суток	197-205
за 14 суток	232-237
за 30 суток	274-276

Литература:

1. Литосов, Г.Э. Исследование влияния газообразователей на физико-механические характеристики композиций на основе полиакриламида / Г.Э. Литосов, А. С. Родин, И.М. Дворко, Д. А. Панфилов, Н.А. Лавров // Клеи. Герметики. Технологии. – 2022. – № 4. – С. 28–34.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАРАБОТКИ ФЕРМЕНТА ХОЛЕСТОРОЛОКСИДАЗЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ *STREPTOMYCES LAVENDULAE*

Гриценко М.М., Аль-Шехадат Р.И.
Национальный исследовательский университет ИТМО
e-mail: gritmash@gmail.com

STUDYING THE FEATURES OF CHOLESTOROLOXIDASE ENZYME PRODUCTION WHILE CULTIVATION *STREPTOMYCES LAVENDULAE*

Gritsenko M.M., Al-Shehadat R.I.
ITMO University

Холестеролоксидаза (COD) - фермент, содержащий флавинадениндинуклеотид и относящийся к семейству оксидоредуктаз. Он катализирует реакцию окисления холестерина с образованием холест-4-ен-3-она и H_2O_2 [1]. Холестеролоксидаза часто используется в лабораториях для анализа уровня холестерина в биологических жидкостях. Холестерин обнаруживается в сливочном масле пределах 220–350 мг/100 г [2], присутствует в сыворотке крови, а также на поверхности кожи (~5%) в составе себума. Количественная идентификация холестерина в сливочном масле может выявить недобросовестных производителей, проводящих фальсификацию своей продукции посредством замены молочного жира растительным, тем самым удешевляя конечный продукт. Кроме того, существующие методы определения типа кожи лица недостаточно точны или дороги. Необходимы быстрые и мобильные системы для своевременной диагностики состояния кожи, например, чувствительные системы, в результате ферментативной реакции которых выделяющаяся H_2O_2 свидетельствует о присутствующем холестерине.

В основе работы подобных систем может лежать реакция окисления холестерина с выделением H_2O_2, количество которой пропорционально количеству исходного холестерина в исследуемом образце.

В качестве продуцента холестеролоксидазы в работе используется штамм *Streptomyces lavendulae*, продуцирующий как внеклеточные [3], так и внутриклеточные [4] ферменты.

В качестве субстрата использовалась питательная среда на основе картофельного крахмала с добавлением агара. В дальнейшем планируется проведение работ определению активности фермента спектрофотометрическим методом путем измерения скорости окисления холестерина по увеличению оптической плотности при длине волны 240–260 нм, высаливание белка, а также гель-хроматография. Предварительные эксперименты показали хорошую адаптируемость штамма и культивирование в условиях окружающей среды.

Литература:

1. Жуковская Л.А., Судакова Е.С., Семашко Т.В. Особенности условий культивирования Paenarthrobacter aureus, синтезирующего внеклеточную холестеролоксидазу. – 2023.

2. Kolarič L., Šimko P. Determination of cholesterol content in butter by HPLC: Up-to-date optimization, and in-house validation using reference materials // Foods. – 2020. – Т. 9. – №. 10. – С. 1378.

3. LIa P. et al. Composition and properties of cholesterol oxidase from Actinomyces lavendulae //Biokhimiia (Moscow, Russia). – 1981. – Т. 46. – №. 9. – С. 1570-1575.

4. Yazdi M. T. et al. Streptomyces fradiae, a potent producer of cholesterol oxidase // Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran. – 1999. – Т. 10. – №. 3. – С. 151-157.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ $BaTiO_3$ МНОГОСТЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Мякин С.В., Гуань С., Боридько Л.Ш., Чекуряев А.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: svmjakin@technolog.edu.ru

EFFECT OF $BaTiO_3$ FILLER MODIFICATION WITH MULTIWALL CARBON NANOTUBES ON ELECTRIC PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES

Mjakin S.V., Guanxingyu, Boridko L.Sh., Chekuryaev A.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработка композитов на основе полимеров с высокой диэлектрической проницаемостью (ε) в сочетании с низкими диэлектрическими потерями является важной задачей для современной электроники, в частности для изготовления защитных диэлектрических слоев в гибких и эластичных люминесцентных панелях, дисплеях и различных устройствах накопления электроэнергии, в т.ч. специальных мощных конденсаторах. Как было показано в серии предыдущих работ [1-3], помимо высоких значений диэлектрической проницаемости компонентов, необходимым условием, обеспечивающим высокие диэлектрические характеристики таких композитов, является интенсивное взаимодействие между наполнителем и связующим, приводящее к равномерному распределению наполнителя в матрице связующего без агрегации частиц наполнителя.

В данной работе изучено влияние модифицирования поверхности сегнетоэлектрического наполнителя $BaTiO_3$ многостенными углеродными нанотрубками (МУНТ) на электрические характеристики композитов состава цианэтиловый эфир поливинилового спирта (ЦЭПС) – $BaTiO_3$. В зависимости от количества вводимой добавки МУНТ наблюдаются два диапазона увеличения диэлектрической проницаемости композитов. Первый из них при содержании МУНТ около 0,6 мг/г $BaTiO_3$ или 0.07 об.% в композите соответствует доперколяционной области, не сопровождается существенным ростом электропроводности материала и обусловлен повышением структурной однородности композита с усилением межфазных взаимодействий связующее-наполнитель с участием кислотных центров Бренстеда на поверхности $BaTiO_3$. Повышение однородности подтверждается изменением фрактальных характеристик композитов – снижением лакунарности и ростом масштабной инвариантности [3]. Увеличение диэлектрической проницаемости в данной области аппроксимируется модифицированным уравнением Лихтенеккера, включающим содержание данных активных центров в качестве структуро-чувствительного параметра. Второй участок роста ε при содержании МУНТ свыше 2,4 мг/г $BaTiO_3$ (0,27 об. %) сопровождается резким увеличением электропроводности и соответствует перколяции с образованием бесконечного проводящего кластера из нанотрубок.

Расчет фрактальных характеристик выполнен при поддержке гранта РФФИ 21-73-30019.

Литература:

1. Мякин С.В., Гарипова В.А., Сычев М.М. // Известия СПбГТИ(ТУ). 2019. № 50(76). С. 68-71.

2. Sergey Mjakin, Maxim Sychov, Andrey Chekuryaev, Nikolay Sudar // Materials Today: Proceedings. 2020. V. 30. Part 3. P. 603-605.

3. Чекуряев А.Г., Сычев М.М., Мякин С.В. // ФТТ. 2021. Т. 63. Вып. 6. С. 740-746.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕЛИЗА СУЛЬФАНИЛАМИДА ИЗ РАНЕВЫХ ПОВЯЗОК НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ, НАПОЛНЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ

Гудкин А.В., Григорьев Д.В., Сивцов Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии

e-mail: gudkinartur@gmail.com

STUDY OF THE PROCESS OF RELEASE OF SULPHANILAMIDE FROM WOUND DRESSINGS BASED ON ACRYLIC HYDROGELS FILLED WITH DETONATION NANODIAMONDS

Gudkin A.V., Grigoriev D.V., Sivtsov E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В медицине известно большое количество заболеваний, вызывающих повреждение кожных покровов (дерматиты, пиодермии, микозы и др.). Для их местного лечения в клинической практике используются традиционные лекарственные формы (мази, порошки, кремы). Их применение в сочетании с классическими бинтовыми повязками обладает существенными минусами: флуктуации концентрации лекарственного вещества (ЛВ), болевые ощущения при перевязках, короткий период терапевтического эффекта ЛВ.

На сегодняшний день создание перевязочных материалов, не обладающих перечисленными недостатками, является актуальной задачей [1]. В медицине большое внимание уделяется полимерным материалам с контролируемыми физико-химическими параметрами. Одним из таких материалов являются акриловые гидрогели. Они характеризуются высокой сорбционной емкостью и чувствительностью к внешним условиям. Однако использование акриловых гелей в медицине ограничивается низкими физико-механическими свойствами и отсутствием собственного фармакологического эффекта.

В 50-60 гг. прошлого века детонационным методом были получены наноалмазные частицы. Известно, что детонационные наноалмазы (ДНА) обладают собственной биологической активностью [2]. Немодифицированные ДНА обладают прооксидантным эффектом, нарушают жизненный цикл вирусов, рост микромицетов и продукцию белка микроорганизмов [2]. Одновременно с этим, ДНА повышают физико-механические свойства гелей за счет большого числа функциональных групп на поверхности.

Для придания композиционному материалу целевой терапевтической активности нами был выбран сульфаниламид (СФА). Данное ЛВ обладает бактериостатическим эффектом и используется при лечении воспалительных процессов на коже.

В работе была исследована кинетика релиза СФА из полимерной матрицы гидрогеля. Были рассмотрены 4 модели десорбции. Получена зависимость процента выделившегося ЛВ от времени, представляющая собой полином 2 степени. На основании экспериментальных данных (R^2 = 0,86) и с учетом допущений была выбрана модель Корсмаера-Пеппаса, наилучшим образом описывающая процесс высвобождения ЛВ.

Литература:

1. Nguyen, M.H. Biomedical materials for wound dressing: recent advances and applications / M.H. Nguyen, T.T. Ngoc Le, A.T. Nguyen, H.N. Thien Le, T.T. Pham // RSC Advances. – 2023. – Vol. 13, No. 8. – P. 5509-5528.

2. Shugalei, I.V. Biological activity of detonation nanodiamond and prospects in its medical and biological applications / I.V. Shugalei, A.P. Voznyakovskii, A.V. Garabadzhiu, I.V, Tselinskii, A.M. Sudarikov, M.A. Ilyushin // Russian Journal of General Chemistry. – 2013. – Vol. 83, No. 5. – P. 851-883.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МБС РЕЗИН В БАЗОВЫХ МАСЛАХ

Джафарли Н.Т., Рюткянен Е.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: Nidjat96@mail.ru

OPERATION OF OIL-GASOLINE-RESISTANT RUBBERS IN BASE OILS

Jafarli N.T., Ryutkyanen E.A.
Sankt-Petersburg State Institute of Technology

В процессе эксплуатации РТИ из МБС резин наблюдается вымывание разных ингредиентов (пластификаторов, противостарителей и др.), что приводит к снижению прочности, твердости и $T_{ст}$ резин, а также могут измениться показатели самого масла, такие, как кинематическая вязкость, температура застывания и т.д. [1].

В данной работе была проведена оценка изменения свойств самой рабочей среды (масла). В качестве объектов исследования использовались резины на основе БНКС-18 и БНКС-26. Резины были выдержаны при 100 °С в маслах разных классов (рисунок).

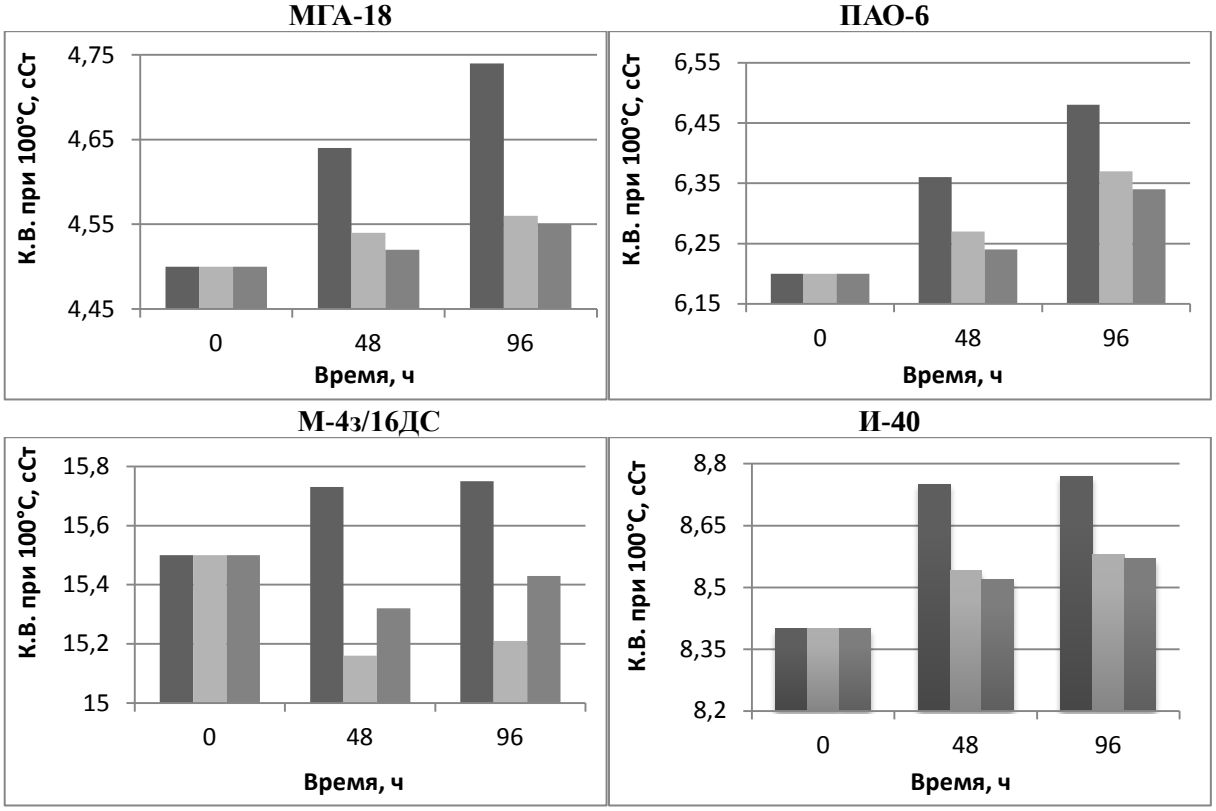


Рисунок – Изменение кинематической вязкости масел при 100 °С.
■Чистое масло ■Резина на основе смеси бутадиен-нитрильных (БНКС-18 и БНКС-26) каучуков ■Резина на основе бутадиен-нитрильного (БНКС-26) каучука

Кинематическая вязкость масла, после выдержки в них резин, почти не изменилась, но можно отметить, что вязкость у чистого масла, после искусственного окисления, стала больше, чем с резинами, это вероятнее всего связано с тем, что пластификаторы, которые имеются в составе резин, вымываются и перемешиваются с маслами, что приводит к понижению кинематической вязкости масла.

Литература:

1. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам/ А.М. Кулиев – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1985. – 312с., ил.

РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТА СОЗДАНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЛИТЬЕВЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

Дильдин А.А., Лебедева Т.М., Николаев О.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс

e-mail: milkcookw@gmail.com

DEVELOPMENT OF REGULATIONS FOR THE CREATION OF DESIGN DOCUMENTATION FOR INJECTION MOLDS FOR PLASTICS PROCESSING

Dildin A.A., Lebedeva T.M., Nikolayev O.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ведение конструкторской документации является неотъемлемой частью производства продукции из полимерных материалов. Общие правила оформления конструкторской документации определяются комплексом стандартов ЕСКД [1]. Однако применение ЕСКД не является обязательным и носит рекомендательный характер.

Введение собственных стандартов на предприятии может существенно сократить трудозатраты на создание документации, сделать ее более доступной для восприятия сотрудниками и заказчиками.

Интерес к разработке собственных стандартов становится особенно актуальным вследствие все большего внедрения в процесс создания новой продукции 3D-моделей, которые позволяют прогнозировать соответствие прототипа требованиям заказчика к изделию.

В регламенте, разработанном во время прохождения практики на предприятии ООО «МИК», представлен принцип создания конструкторской документации для выполнения заказов различных подрядчиков.

Представленный регламент основан на более широком использовании 3D-моделей, а также активном внедрении «облачных» систем в процесс разработки всех конструкторских и технологический файлов.

Система, предложенная в разрабатываемом регламенте, позволит оптимизировать процесс производства, в частности, процесс проектирования оснастки для переработки пластмасс путем разделения всего пакета конструкторской документации на несколько групп для различных видов операций и подрядчиков.

Например, на чертеже детали литьевой пресс-формы для слесарного отдела указывается следующая информация:

- Габаритные размеры;
- Требования к качеству поверхности (шлифовка или полировка);
- Указание размеров резьбовых отверстий, которые не выполняются на станке ЧПУ;
- Материал детали, а также его твердость.

Большая часть работ выполняется на станке с ЧПУ, учитывая, что у сотрудников слесарного отдела есть доступ к 3D-моделям всех деталей и сборочным моделям, они получают конкретное руководство к действиям. Подобная целевая направленность каждой группы документов позволяет сократить общий объем информации и обеспечить четкую адресацию технической документации разработчикам.

Предложенная в регламенте система может быть рекомендована для малых и средних предприятий по производству формующей оснастки и изделий из полимерных материалов.

Литература:

1. ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.

ПОЛУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОЛИГОМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕМ

Ивановский С.А.*, *Муравский А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: sdstd2012@yandex.ru

PREPARATION OF STRUCTURAL MATERIALS BASED ON MODIFIED OLIGOMERIC GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE WITH DIETHYLENE GLYCOL

Ivanovsky S.A.*, *Muravsky A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Химическая переработка ПЭТ является одним из наиболее перспективных методов утилизации. В результате гликолиза образуются олигоэфирполиолы, из которых может быть получен широкий спектр композиционных материалов, в том числе ненасыщенные полиэфиры.

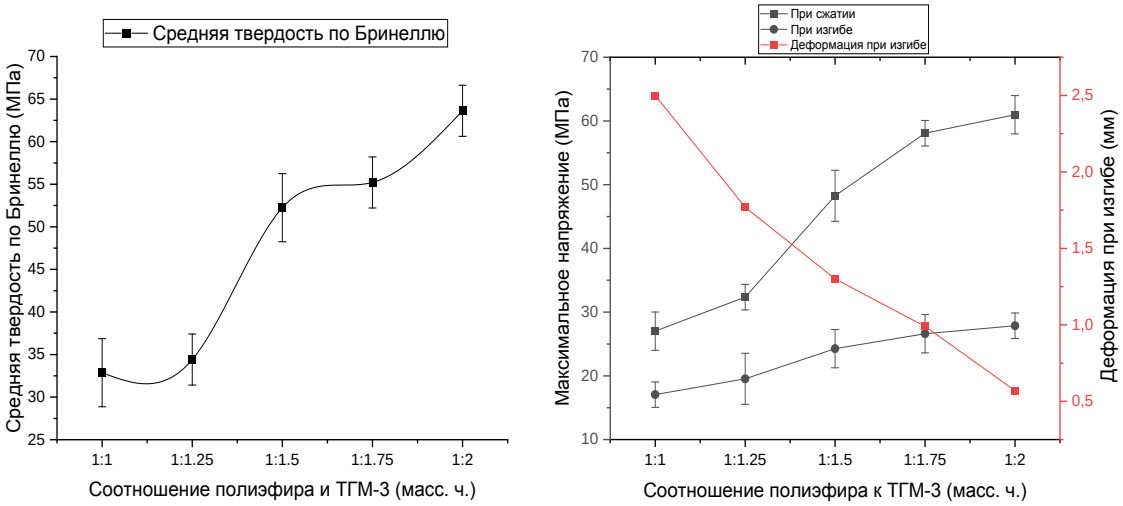


Рисунок - Графики физико-механических свойств полученных изделий

Для получения ненасыщенной полиэфирной смолы (НПС) сначала проводили гликолиз ПЭТ с Диэтиленгликолем с мольным соотношением 1:6 соответственно. Далее очищали полученный продукт от остатков полиола и проводили его модификацию малеиновым ангидридом [1]. После чего в полученный продукт загружался мономер олигоэфиракрилат (ТГМ-3) в соотношении от 1:1 до 1:2 по массе, с шагом 0,25. Для получения изделий остывшую до комнатной температуры смолу отверждали по свободнорадикальному механизму (рисунок).

Увеличение массовой доли ТГМ-3 улучшает прочностные характеристики образцов и снижает их деформацию. Это происходит благодаря более качественной трехмерной сшивке олигомерных молекул. В результате, полученный олигоэфир имеет меньшую длину межузлового сегмента и меньшую эластичность, так как длинна сегмента в ТГМ-3 меньше, чем в полученном олигоэфире.

Литература:

1. Получение ненасыщенных полиэфирных смол с использованием вторичного полиэтилентерефталата / Г.О. Сторожек, М.Б. Аликин, Д.А. Панфилов [и др.] // Пластические массы. – 2023. – № 5-6. – С. 41-43. – DOI 10.35164/0554-2901-2023-5-6-41-43. – EDN OHNOBY.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КЛЕТОЧНОЙ ПОПУЛЯЦИИ, ОБОГАЩЁННОЙ ОПУХОЛЕВЫМИ СТВОЛОВЫМИ КЛЕТКАМИ

Киндт Д.Н., Сагайдак А.В., Григорьева Т.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»

e-mail: Persondasha@mail.ru

METHOD OF OBTAINING OF CANCER STEM CELL-ENRICHED CULTURE

Kindt D.N., Sagaydak A.V., Grigoreva T.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно, что злокачественные опухоли состоят из гетерогенных субпопуляций опухолевых клеток, в том числе опухолевых стволовых клеток (CSC), способных к самообновлению и выживанию после цитотоксического лечения [1]. Считается, что такие клетки более устойчивы к химио- и лучевой терапии, а также имеют улучшенные механизмы репарации ДНК и повышенную устойчивость к апоптозу [2]. Изучение свойств и особенностей CSC открывает новые перспективы для успешной противоопухолевой терапии онкобольных.

Целью данной работы являлось выведение новой клеточной линии аденокарциномы толстой кишки человека, обогащённой CSC. Для этого было произведено несколько циклов сортировки клеток HCT116 методом проточной цитометрии с накоплением клеток «боковой популяции» (SP).

SP-клетки представляют собой субпопуляцию опухолевых клеток, проявляющих стволоподобные свойства и слабо окрашиваются красителем Rhodamine 123 [2]. Они демонстрируют особенности CSC, такие как туморогенный потенциал, экспрессия стволоподобных генов, способность вытеснять красители и химиорезистентность из-за повышенной экспрессии мембранных транспортных белков [3].

Нами было последовательно получено 8 поколений стабильных клеточных популяций, обогащённых CSC для последующей оценки транспортной активности клеток и содержания мембранных белков-транспортёров методом ПЦР с обратной транскрипцией.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №23-13-00344.

Литература:

1. Skvortsova I. Cancer stem cells: what do we know about them? // Cells. – 2021. – Т. 10. – №. 6. – С. 1528.

2. Yang Q. et al. Identification of key genes and pathways in myeloma side population cells by bioinformatics analysis // International Journal of Medical Sciences. – 2020. – Т. 17. – №. 14. – С. 2063.

3. Dammacco F. et al. Oncogenomics: From basic research to precision medicine // Academic Press. – 2019. – С. 121-137.

ВЛИЯНИЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ИЗОЦИАНАТНЫХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВОГО СОПОЛИМЕРА

Компанец А.Г.*, *Хомко Е.В.*, *Машляковский Л.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: kkimochiwaruii@gmail.com

EFFECT OF FLUORINATED ISOCYANATE HARDENERS ON PROPERTIES OF POLYURETHANE COATINGS BASED ON ACRYLIC COPOLYMER

Kompanets A.G.*, *Khomko E.V.*, *Mashlyakovsky L.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время гидрофобизация полиуретановых покрытий (Пк) с целью повышения различных эксплуатационных свойств является одним из приоритетных направлений исследований. Для этого широко используются различные фторсодержащие соединения, обладающие низкой поверхностной энергией, вследствие чего они способны мигрировать к поверхности раздела Пк/воздух в процессе формирования Пк и значительно изменять химический состав приповерхностного слоя пленки по сравнению с объемным за счет обогащения гидрофобным компонентом. Такое градиентное распределение гидрофобизатора по толщине пленки позволяет использовать достаточно небольшие его количества для получения гидрофобных Пк. Степень обогащения приповерхностного слоя гидрофобизатором определяется его химическим строением, а также скоростью формирования сетчатой структуры полимерной матрицы, препятствующей его миграции к межфазной поверхности Пк/воздух.

В рамках данного исследования нами было синтезировано два фторсодержащих изоцианатных отвердителя путем взаимодействия 1H,1H,2H,2H-перфтордекан-1-ола с большими избытками ГДИ-биурета в растворе о-ксилола (ФИО), а также гексаметилендиизоцианата (Ф-ГМДИ). Для получения композиций на основе акрилового гидроксилсодержащего сополимера с различным содержанием фтора кроме синтезированных отвердителей в них дополнительно вводили немодифицированные изоцианаты. При этом соотношение групп NCO:OH составляло 1:1. Содержание фтора в полученных Пк варьировалось от 0,13 до 3,35 % масс. (для Пк, отвержденных ФИО) и от 0,36 до 2,25 % масс. (для Пк, отвержденных Ф-ГМДИ). Композиции наносились из раствора на стальные субстраты и отверждались при 20 °С.

Гидрофобность Пк определялась путем измерения краевых углов смачивания водой. Как следует из таблицы, ФИО и Ф-ГМДИ различного химического строения практически одинаково повышают гидрофобность фторсодержащих полиуретановых Пк от Θ_{H2O} = 84° (без модификатора) до Θ_{H2O} = 115° при содержании фтора в Пк 1,0 – 1,5 % масс. При использовании ФИО Пк обладали высокими значениями основных физико-механических свойств: адгезия к стали 0 баллов; прочность при ударе 50 см; прочность при изгибе 1 мм. В случае применения более низкомолекулярного Ф-ГМДИ не удалось получить Пк удовлетворительного качества, очевидно, вследствие плохой совместимости Ф-ГМДИ с акриловым сополимером.

Таблица – Краевые углы смачивания Пк

Отвердитель	ФИО						Ф-ГМДИ				
Содержание фтора в Пк, % масс.	0	0,13	0,5	1,47	1,71	3,35	0	0,36	0,68	1,20	2,25
Краевой угол смачивания водой, °	84	106	113	112	114	116	84	105	111	115	117

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛАСТИЧНЫХ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКТАМИ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Кулешова А.Д.*, *Аликин М.Б.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: arinakuleshova15@gmail.com

PRODUCTION OF ELASTIC FOAMS BASED ON EPOXY RESIN MODIFIED BY GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Kuleshova A.D.*, *Alikin M.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эпоксидная смола совмещает в себе множество уникальных свойств, позволяющих использовать ее в качестве полимерной матрицы для создания материалов конструкционного назначения. В настоящее время эластичные эпоксидные пены вызывают все больший интерес к изучению, поскольку меняется характер деформаций при приложении к материалу какой-либо нагрузки, что позволит внести перспективы использования его в разных областях строения и изоляции.

Встраивание в структуру смолы звеньев олигоэфирполиола на основе вторичного полиэтилентерефталата приводит к увеличению межузлового пространства, что сказывается на поведении пенопласта при сжатии, материал не разрушается во время испытаний при достижении 10 % деформации. На графиках зависимости разрушающего напряжения при сжатии от деформации у модифицированных образцов проявляется плато характерное для эластичных материалов, что также указывает на увеличение гибкости макромолекулы (рисунок 1а).

На рисунке 1б видно увеличение предела прочности при статическом изгибе, это может быть обусловлено оптимальными реологическими свойствами композиций в процессе вспенивания и формования модифицированных образцов, и, соответственно, образованием минимального количества микродефектов в макроструктуре пеноматериалов, что привело к снижению внутренних напряжений в материалах, и обеспечило повышение их прочности.

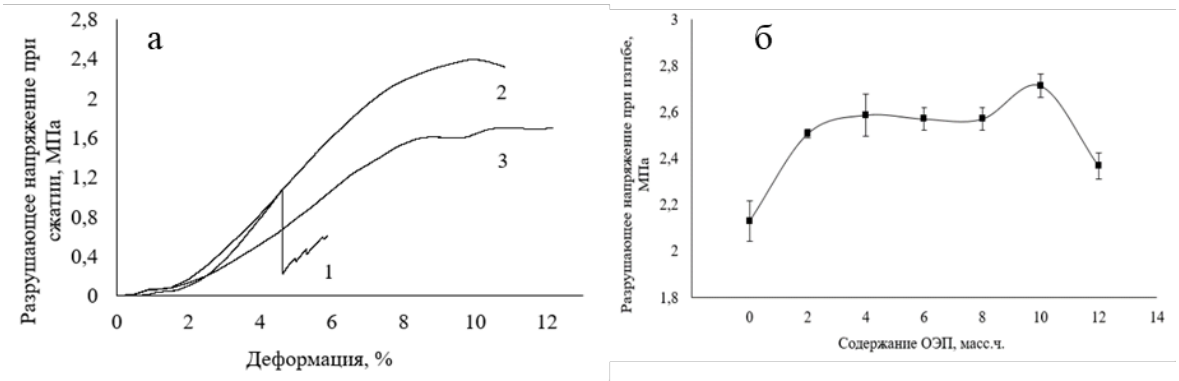


Рисунок 1 – (а) Зависимость разрушающего напряжения при сжатии от деформации пеноматериала на основе модифицированной смолы: 1 – ЭД-20; 2 – ПТ2; 3 – ПТ8; (б) зависимость разрушающего напряжения при изгибе от содержания ОЭП в смоле

Работа выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FSEN-2023-0002.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ И ПЕРЕРАБОТКУ ПВХ-ПЛЕНОК

Курдесов В.Ю.*, *Лавров Н.А.*, *Белухичев Е.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: vladimirkurdesov@gmail.com

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS OF DIFFERENT NATURES ON IMPACT STRENGTH AND PROCESSING OF PVC FILMS

Kurdesov V.Y.*, *Lavrov N.A.*, *Belukhichev E.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Объектом исследования являлись полученные на вальцах жесткие пленки из поливинилхлорида (ПВХ), наполненные карбонатом кальция $CaCO_3$ (мелом) и гидросиликатом магния $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ (тальком) в разных соотношениях.

Цель работы заключалась в определении влияния содержания минеральных наполнителей в рецептуре на ударную вязкость пленок и их переработку. Измерение ударной прочности осуществлялось на маятниковом копре, а реология системы оценивалась по изменению напряжения в одношнековом осциллирующем экструдере во время переработки расплава ПВХ. Полученные результаты представлены на рисунке.

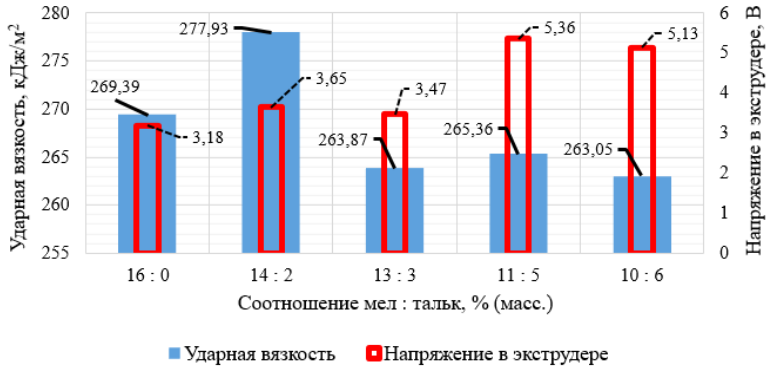


Рисунок – Показатели ударной вязкости и напряжения в экструдере при различных соотношениях мела и талька

Начальный рост ударной вязкости связан с диспергирующей функцией талька, который препятствует агломерации частиц карбоната кальция и улучшает однородность системы. Далее ключевым фактором снижения ударопрочности является форма частиц наполнителей. Сферические частицы мела частично способны действовать как модификаторы ударной прочности, отсекая растущую трещину и превращая ее в несколько радиальных микротрещин, поглощающих энергию удара, в то время как пластинчатые частицы талька вследствие острых углов и неправильной формы вызывают значительную концентрацию напряжений и способствуют росту трещин [1].

Кроме того, при содержании талька 5 и 6 % (масс.) возрастает вязкость расплава, о чем свидетельствует увеличение напряжения. Вероятно, это связано с повышенной адгезией к металлу за счет наличия гидроксильных групп у талька. Таким образом, 14 % (масс.) мела и 2 % (масс.) талька – оптимальное соотношение для получения максимально ударопрочных ПВХ-пленок с невысокой вязкостью расплава при переработке.

Литература:

1. Tuen, B.S. Mechanical properties of talc- and (calcium carbonate)-filled poly(vinyl chloride) hybrid composites / B.S. Tuen, A. Hassan, A. Abu Bakar // Journal of vinyl and additive technology. – 2012. – V.18. – P. 76-86.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЛЬЦИЙ-ЦИНКОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ И МАГНИЙ-ЦИНКОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ ПЕНТАЭРИТРИТА НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ КАЛАНДРОВАННЫХ ПВХ- ПЛЕНОК

Матвеева А.А.*, *Самсонова М.С.*, *Белухичев Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: asia.matveeva@mail.ru

COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF A CALCIUM-ZINC STABILIZER BASED ON STEARIC ACID SALTS AND A MAGNESIUM-ZINC STABILIZER BASED ON PENTAERYTHRYLTE SALTS ON THE THERMAL STABILITY OF CALENDERED PVC FILMS

Matveeva A.A.*, *Samsonova M.S.*, *Belukhichev E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При переработке поливинилхлорида (ПВХ) в его рецептуру вводят термостабилизаторы для улучшения термической стабильности материала. В данной работе было проведено сравнение эффективности двух смешанных металлических стабилизаторов:

Таблица – Рецептурный состав пленок

Образец	Дозировка компонентов смеси, м.ч.				
	ПВХ	Стеарат кальция	Стеарат цинка	Пентаэритритат цинка	Пентаэритритат магния
Образец 1	100,0	1,5	1,5	0,0	0,0
Образец 2	100,0	0,0	0,0	1,5	1,5

Полученные на вальцах пленки подвергали статическому термическому тестированию в термостате при температурах 170, 180, 190, 200 и 210 °С с извлечением одного образца из обеих серии через каждые 5 минут для каждой температуры.

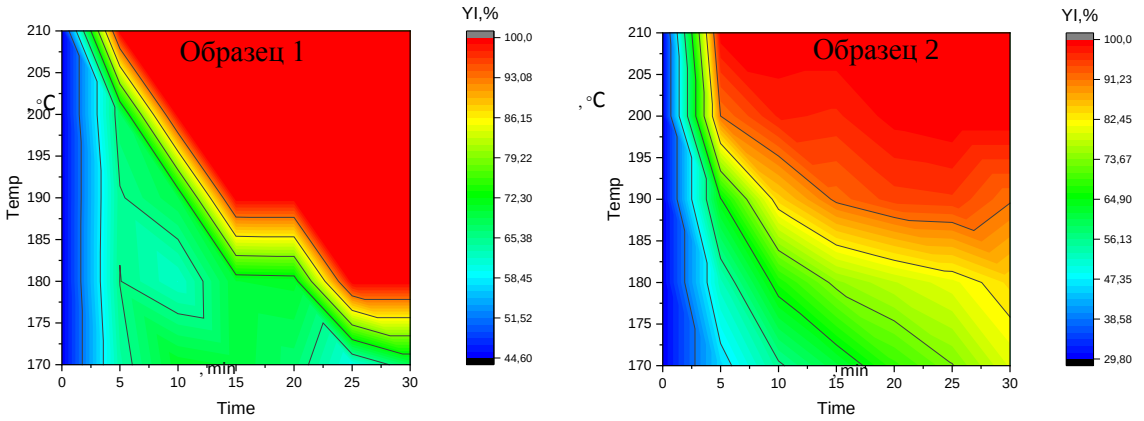


Рисунок – Внешний вид образцов 1 и 2

По результатам теста видно, что стабилизатор на основе солей пентаэритрита обеспечивает более длительную стабильность материала почти во всем диапазоне температур. Такой результат применения солей, взятых в соотношении 1:1, может говорить о синергетическом стабилизирующем эффекте при совместном применении данных солей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ АДДУКТИРОВАННОСТИ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

***Мачульскайте Т.В.*[1,2], *Спиридонова А.С.*[1,2], *Пирожников П.Б.*[1,2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров,*

[2]*Научно-исследовательский проектный институт ООО «НИПРОИНС»*

e-mail: machulskayte.t@yandex.ru

INFLUENCE OF THE ADDUCTION DEGREE OF HARDENERS ON THE PROPERTIES OF EPOXY COATINGS

***Machulskayte T.V.*[1,2], *Spiridonova A.S.*[1,2], *Pirozhnikov P.B.*[1,2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Research and Development Center LLC «NIPROINS»*

В настоящее время композиции на основе эпоксидных смол широко используются в различных сферах благодаря хорошей термостойкости и физико-механическим свойствам. Одним из способов модификация отвердителей для таких композиций является аддуктирование их глицидиловыми эфирами, что способствует улучшению механических свойств системы, снижению токсичности и улучшению совместимости с остальными компонентами [1, 2].

Для того, чтобы проследить, как меняются свойства от степени аддуктированности отвердителя, была создана серия из 5 отвердителей с AHEW 47–76 г/экв, основанная на постепенном увеличении массовой доли эпоксидной смолы в отвердителе – от 0 до 30 % масс. При этом содержание таких компонентов, как пара-третбутилфенол и бензиловый спирт было постоянным в расчете на систему. Данные отвердители смешивались с эпоксидиановой смолой типа ЭД-22 (EEW = 187 г/экв) для получения лаковых покрытий. На данных покрытиях были измерены: время высыхания, прочность при ударе, прочность при растяжении, величина адгезии методами отрыва и решетчатого надреза, температура стеклования, вязкость и время жизни систем.

При увеличении степени аддуктированности отвердителя вязкость системы увеличилась с 220 мПа*с до 73520 мПа*с, при этом время, при котором систему можно считать жизнеспособной, постепенно снизилось с 24 до 13 минут. Наблюдается, что при введении в отвердитель 15 %, 22 % ЭД-22 наблюдается увеличение прочности при растяжении, относительно не аддуктированного отвердителя, на 96 % и 165 % соответственно; аналогично наблюдается рост прочности при ударе: на 22 % и 33 % соответственно. Рост данных показателей, вероятно, связан с тем, что при использовании аддуктированных отвердителей снижается вероятность протекания побочных реакций и образования дефектов в покрытии при отверждении. Все системы показали высокое значение величины адгезии к металлической подложке: 1 балл по методу решетчатого надреза и 10-14 МПа при нормальном отрыве. Измеренная методом дифференциально-сканирующей калориметрии температура стеклования незначительно уменьшалась (с 106,25 °С до 102,42 °С) при увеличении содержания ЭД-22 в составе отвердителя. Вызванное аддуктированием нарастание вязкости может сказываться на диффузии компонентов, замедление которой снижает степень прохождения реакции. Влияние данного эффекта на свойства системы требует дальнейшего изучения.

Литература:

1. Орлова О.В. Технология лаков и красок: Учебное пособие / О.В. Орлова, Т.Н. Фомичева, А.З. Окунчиков, Г.Р. Курский. - Москва: Химия, 1980. - 392 с.

2. May C.A. Epoxy Resins Chemistry and Technology / C.A. May - New York: Marcel Dekker, Inc., 1983. – 1288 p.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАРБОКСИЛ- И ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Миронова А.П.*, *Панфилов Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: alexandra.mironova.pavl@gmail.com

PRODUCTION OF FILM COMPOSITIONS MODIFIED WITH CARBOXYL- AND HYDROXYL-CONTAINING COMPOUNDS BASED ON POLYACRYLAMIDE

Mironova A.P.*, *Panfilov D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полиакриламид (ПАА) имеет широкий спектр применения в различных областях промышленности. Он используется в качестве флокулянтов, загустителей, структурообразователей, стабилизаторов. ПАА является водорастворимым полимером, однако, из-за своей хрупкости и жесткости, пленки на его основе не подходят для упаковочных целей. Целью работы являлось повышение пластичности композиций на основе полиакриламида.

В работе исследовалось влияние карбоксил- и гидроксилсодержащих соединений на физико-механические свойства и температуру стеклования полученных пленочных композиций. В качестве модификаторов были выбраны: сорбит, триметилолпропан и ПЭГ-400.

Согласно полученным данным, при добавлении модификаторов от 2 до 5 массовых частей, температура стеклования (T_g) пленок заметно снижается: увеличение количества модификаторов, в большей степени приводит к понижению показателя (рисунок). Кроме того, во всех случаях введение сорбита, триметилолпропана и ПЭГ-400 оказывало влияние на предел прочности и относительное удлинение при разрыве. Прочность снижалась, а относительное удлинение увеличивалось. На основании полученных результатов был сделан вывод, что модифицирующие добавки выступают в роли пластификаторов.

Установлено, что лучшими пластификаторами для пленок на основе полиакриламида являются сорбит и ПЭГ-400. Пленки с сорбитом, получаются твердыми, легко отделяются от стеклянной подложки, а модификатор не выпотевает. Композиции с триметилолпропаном после сушки мутнеют, что говорит о его малой совместимости с раствором полиакриламида, и делает непригодным в качестве пластификатора. Композиции с ПЭГ-400 легко режутся, и хорошо отделяются от стеклянной подложки.

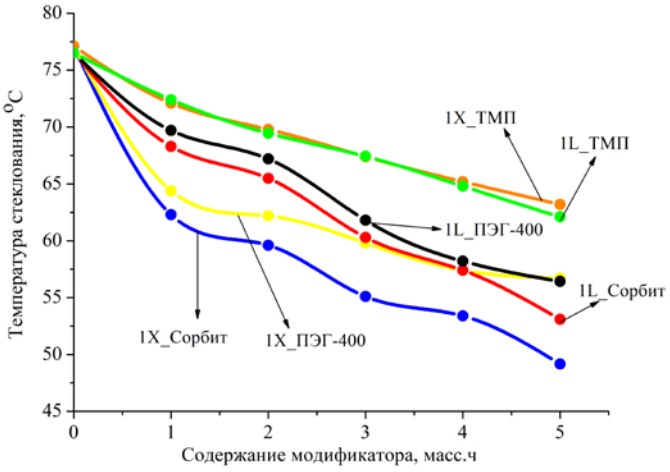


Рисунок - Зависимость температуры стеклования от содержания модификаторов

РАЗРАБОТКА ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРА НА ОСНОВЕ ШНЕКОВОЙ ПОДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСОСА РАСПЛАВА

Ольховский О.В.*, *Стебловский Г.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс
e-mail: olxovskij.oleg@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN EXTRUDER FOR A 3D-PRINTER BASED ON A SCREW FEED USING A MELT PUMP

Olkhovsky O.V.*, *Steblovsky G.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наиболее простым и распространенным методом трехмерной печати является технология послойного наплавления (FDM), основанная на продавливании термопластичных полимерных материалов через нагретое сопло. Однако, некоторые полимеры и полимерные композиты достаточно сложно использовать в этой технологии, а производство расходного материала – филамента может быть слишком трудоемким и дорогим процессом.

Одним из наиболее перспективных подходов, исключающим указанные недостатки, является технология FGF [1], которая заключается в применении гранулированного полимера и в шнековой подаче материала через сопло 3D-принтера. Данная технология успешно используется при производстве крупногабаритных изделий, однако ее применение в небольших и высокоточных принтерах ограничено следующими особенностями:

– трудности реализации быстрого отвода (ретракта) при переходе на холостой ход;

– пульсации давления, проталкивающего материал через сопло в малогабаритных экструдерах из-за малой длины шнека, и как следствие, нестабильность потока расплава при печати;

– затруднения при печати материалами с низкой вязкостью расплава, вызванные самостоятельным вытеканием расплава через сопло под действие силы тяжести.

В качестве перспективного решения этих проблем предлагается разработать экструдер для 3D-принтера с шестеренчатым насосом и шнековой пластикацией. Добавление обогреваемого шестеренчатого насоса в конструкцию экструдера позволит повысить и стабилизировать давление потока расплава, а также упростить реализацию остановки или ретракта материала при перемещении сопла вне траектории нанесения материала, что в конечном итоге повысит качество и точность получаемых изделий.

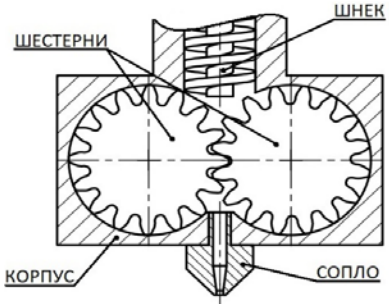


Рисунок – Гибридный экструдер на основе шнековой подачи с использованием шестеренного насоса

Литература:

1. Трубашевский, Д.С. Аддитивные зарисовки, или решения для тех, кто не хочет продолжать терять деньги / Д.С. Трубашевский – Воронеж: Умное производство, 2021. – 206 с. – ISBN 978-5-600-02999-6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА САМОРАЗМЫВАНИЯ ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВОДНОЙ АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ

Вощиков В.И.[1], Полетаев К.А.[1,2], Соколов Г.С.[1], Шилова О.А.[1,2]

[1]Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук,
[2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
e-mail: konstantinpoletaev95@gmail.com

RESEARCH OF THE SELF-EROSION EFFECT OF ANTI-FOULING COATINGS BASED ON AQUEOUS ACRYLIC DISPERSION

Voshchikov V.I.[1], Poletaev K.A.[1,2], Sokolov G.S.[1], Shilova O.A.[1,2]

1Institute of Silicates Chemistry Russian Academy of Sciences,
[2]Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проблема обрастания судов, кораблей, конструкций, различными растительными и животными микро- и макроорганизмами до настоящего времени не находит решения, которое бы полностью удовлетворяло требованиям с экологической и экономической точки зрения. Одним из решений данной проблемы является применение защитных противообрастающих покрытий. В последние годы распространенным типом покрытий являются покрытия с эффектом самополирования (саморазмывания). Принцип действия саморазмывающихся покрытий основан на постоянном поверхностном гидролизе пленкообразователей, по этой причине происходит равномерная шлифовка поверхности и равномерная скорость высвобождения биоцида.

Целью работы являлось исследование эффекта саморазмывания противообрастающих покрытий на основе водной стирол-акриловой дисперсии.

Была синтезирована акриловая композиция на основе водной дисперсии Novopol. В качестве наполнителей были взяты гидроксид алюминия, который выступает высокодисперсным носителем для биоцидов пролонгированного действия и TiO_2 в качестве пигмента, обладающего хорошей разбеливающей способностью. В качестве сравнения была выбрана коммерческая краска SeaForce 60 от норвежского производителя Jotun. Покрытия были нанесены методом пневматического распыления на разные типы подложек (стеклотекстолит и стекло).

Для полученных покрытий были исследованы краевой угол смачивания и твердость согласно ГОСТам. Для наблюдения эффекта саморазмывания была собрана лабораторная установка с аквариумным насосом (Aquael FAN-1 plus), который циркулирует воду (320 л/ч). Экспозиция образцов осуществлялась в течение 6 месяцев беспрерывной работы. Эффект саморазмывания основан на изменении массы покрытий до и после экспозиции. Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследований свойств покрытий с эффектом саморазмывания

	Угол смачивания, °	Твердость, отн.ед	Вымывание Δm, %
Jotun	75	0,28	-0,5%
Стирол-акрил	65	0,33	+0,5%

Покрытия на основе стирол-акриловой дисперсии после испытаний набухли, тем самым увеличив массу. Для того, чтобы уменьшить набухание, в композицию планируется добавить высокомодульные растворы щелочных силикатов или высокомолекулярные соединения, которые увеличат гидрофобность и будут совместимы с водными акрилатами.

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА РАСТЕНИЯ И ИХ РОСТ, А ТАКЖЕ НА РОСТ ЖИВОТНЫХ

Соколова А.В.*, *Баракова Н.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: sweetunicorn81@gmail.com

MECHANISM OF THE INFLUENCE OF HUMIC SUBSTANCES ON PLANTS AND THEIR GROWTH AS WELL AS ON THE GROWTH ANIMALS

Sokolova A.V.*, *Barakova N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гуминовые вещества – это сложные системы органических соединений природного происхождения, состоящие из высокомолекулярных структур, которые содержат алкильные цепи с разными функциональными группами. Эти структуры могут быть ароматическими, алициклическими и гетероциклическими [1]. В настоящее время гуминовые кислоты активно изучаются как комплексы молекул с переменным составом и нерегулярной структурой, которые способны самоорганизовываться в супрамолекулярные системы. [2].

В экспериментах, где томаты выращивались на питательных растворах с гуминовой кислотой или фульвокислотой, было обнаружено стимулирование потребления кислорода растениями. При использовании гуминовой кислоты потребление кислорода увеличилось на 23 %, а при использовании фульвокислоты - на 34 %. Также было установлено, что концентрация хлорофилла в листьях томатов увеличивалась на 63 % при использовании гуминовой кислоты и на 69 % при использовании фульвокислоты, что свидетельствует о стимуляции процессов фотосинтеза [3].

Гуминовые вещества за счет своей способности проявлять гепатопротекторное, метаболическое, антиоксидантное, адаптогенное и иммуностимулирующее действие. Оказывают положительное влияние на продуктивность и резистентность всех видов сельскохозяйственных животных и птиц [4].

Литература:

1. Савченко И.А. Биологическая активность гуминовых веществ: перспективы и проблемы их применения в медицине / Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукша Е.А., Пасечник К.К. // Медиаль. – 2019. № 1(23). С. 2.

2. Савченко И.А. и др. Новый подход к решению проблемы стандартизации гуминовых кислот // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3.

3. Ladky Z. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants // Biol. Plant. – 1959. № 2. P. 142–150.

4. Бузлама С.В. Фармакология препаратов гуминовых веществ и их применение для повышения резистентности и продуктивности животных: автореф. дис. д-ра. вет. наук / С.В. Бузлама // ВНИВИПФиТ. Воронеж. – 2008. С. 40.

БИОДЕГРАДИРУЕМЫЙ И БИОСОВМЕСТИМЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОСТНОЙ ТКАНИ

***Соломаха О.А.*[1], *Степанова М.А.*[1], *Гофман И.В.*[1], *Коржикова-Влах Е.Г.*[1,2]**

[1]*Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук*

[2]*Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии*

e-mail: solomanya@bk.ru

BIODEGRADABLE AND BIOCOMPATIBLE COMPOSITE POLYMER MATERIAL FOR RESTORATION OF BONE TISSUE DEFECTS

***Solomakha O.A.*[1], *Stepanova M.A.*[1], *Gofman I.V.*[1], *Korzhikova-Vlakh E.G.*[1,2]**

[1]*Institute of Macromolecular Compounds of Russian Academy of Sciences*

[2]*Saint-Petersburg State University, Institute of Chemistry*

Ежегодно миллионы людей сталкиваются с необходимостью восстановления дефектов кости, возникших вследствие травм или хирургического удаления пораженной (остеосаркома, костный туберкулез, и. т.д.) костной ткани. На сегодняшний день это достигается либо за счет пересадки аутологичной костной ткани, либо за счет имплантации специальных биоматериалов. Последние, как правило, представляют собой биосовместимые и биодеградируемые пористые матрицы (*скаффолды*), обеспечивающие поддержание физической целостности кости на начальном этапе, с последующим прорастанием собственной костной ткани по мере деградации скаффолда.

В качестве такого материала для получения костнозамещающего имплантата можно использовать поли-ε-капролактон (ПКЛ), содержащий частицы аминированного графена, модифицированного олигомерами глутаминовой кислоты (АГ-ОГлу). Благодаря невысокой температуре плавления ПКЛ и термостойкости АГ-ОГлу для получения скаффолдов различного дизайна и размера может быть использована технология 3D-печати. Применение данной технологии в сочетании с результатами цифровых методов обследования пациента (магнитно-резонансная и компьютерная томография, рентгенологическое исследование) позволит получить имплантаты индивидуального размера и геометрии.

В данной работе, АГ-ОГлу был исследован методами термогравиметрического анализа, ИК-спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния (СКР), динамического и электрофоретического рассеяния света. Количество глутаминовой кислоты на поверхности АГ определили с помощью ВЭЖХ-анализа. Изучение цитотоксичности частиц АГ-ОГлу показало отсутствие токсичности полученного наполнителя для клеток. Кроме того, композиционные матрицы обеспечивали адгезию мезенхимальных стволовых клеток и стимулировали их остеогенную дифференцировку. Значения модуля сжатия для композиционных матриц соответствовали параметрам трабекулярной кости человека [1].

Таким образом, разработанный композиционный материал ПКЛ/АГ-ОГлу продемонстрировал значительный потенциал для применения в качестве костнозамещающего скаффолда для восстановления поврежденных костных тканей.

Исследования методом СКР были проведены в РЦ ОЛМИВ СПбГУ в рамках проекта Министерства образования и науки № 075-15-2021-637.

Литература:

1. Удинцева М.Ю. и др. Исследование механических свойств костной ткани // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28. – №. 4. – С. 559-564.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ 1D-, 2D-НАНОУГЛЕРОДОВ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНЫХ КАУЧУКОВ

***Софронова В.А.*[1], *Неверовская А.Ю.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров*

[2]*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»*

e-mail: zaertlichkeit13@gmail.com

STUDY OF THE INFLUENCE OF 1D-, 2D-NANOCARBONS ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON STYRENE-BUTADIENE RUBBERS

***Sofronova V.A.*[1], *Neverovskaya A.Yu.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

[2]*Federal State Budgetary Institution «S.V. Lebedev Institute of Synthetic Rubber»*

На стыке веков в полимерном материаловедении четко обозначился переход к композиционным материалам. Для их получения широко используются различные наноуглероды. Основными полезными результатами при введении наноуглеродов становятся улучшение механических свойств, повышение твердости, термостабильности и других технологических свойств [1, 2, 3]. В данной работе применяли два вида наноуглеродов: 1D-наноуглероды – нанотрубки, предварительно очищенные по методу самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), и 2D-наноуглероды – малослойный графен, полученный методом СВС. В качестве полимерной матрицы использовали бутадиен-стирольный каучук.

Целью данной работы являлось получение и исследование композиционных материалов (КМ) на основе бутадиен-стирольного каучука и 1D-, 2D-наноуглеродов.

Показано, что морфометрические параметры наноуглеродов по-разному влияют на свойства композиционных материалов. Так введение нанотрубок привело к заметному увеличению прочностных показателей (на 25 %), при этом резко снизив эластические свойства полученных материалов (на 50 %). При таком же содержании малослойного графена прочностные показатели практически не изменились, зато заметно выросло сопротивление раздиру (на 40 %) и многократному растяжению (в 1,5 раза).

Литература:

1. Frogley M.D., Ravich D., Wagner H.D. Mechanical properties of carbon nanoparticle–reinforced elastomers // Comput. Sci. Technol. 2003. V.63. P.1647.

2. Шилов М.А., Фомин С.В., Британова А.А., Королев П.В. Исследование физико-механических свойств резин, армированных углеродными наноструктурами // Жидк. крист. и их практич. использ. 2020. Т.20. №4. С.93.

3. Гришин Б.С. Теория и практика усиления эластомеров. Состояние и направление развития. Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. 420с.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ОСНОВАНИЯ МАННИХА НА СВОЙСТВА ЛАКОВЫХ ЭПОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Спиридонова А.С. [1,2]***, Мачульскайте Т.В.*** [1,2]***, Пирожников П.Б.*** [1,2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров,*

[2]*Научно-исследовательский проектный институт ООО «НИПРОИНС»*

e-mail: unvittagame@gmail.com

ANALYSES OF COATINGS BASED ON EPOXY RESIN AND MANNICH BASES

Spiridonova A.S. [1,2]***, Machulskayte T.V.*** [1,2]***, Pirozhnikov P.B.*** [1,2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Research and Development Center LLC «NIPROINS»*

Эпоксидные олигомеры являются важным классом соединений, широко используемых в рецептурах клеев, антикоррозионных покрытий и композитах. На текущий момент широко распространены несколько марок эпоксидных олигомеров, при этом ассортимент отвердителей существенно разнообразнее. Одним из самых распространённых типов отвердителей являются модифицированные аминные отвердители, в частности основания Манниха (ОМ) – продукты взаимодействия фенола или его производных с аминами. На текущий момент, в России не ведется разработка и производство новых отвердителей, а большая часть из производимых были разработаны более 70 лет назад.

В работе осуществлен синтез и очистка ряда ОМ на основе триэтилентетрамина (ТЕТА), фенола (ПА-4) и его гомологов (паратретбутилфенола – ПА-1 и нонилфенола – ПА-7). Для синтеза ОМ ТЕТА и фенол или его производное загружали в четырехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, обратным холодильником и термометром и перемешивали при нагревании до 60 °С в токе азота, далее вводили формалин при интенсивном перемешивании и температуре не выше 90 °С. Далее реакционную массу прогревали при температуре 60 °С течение 3 часов, после чего отгоняли воду и непрореагировавший амин под вакуумом при остаточном давлении 10-0,4 КПа.

Структура и строение полученных соединений доказана методами ИК и ^{1}Н ЯМР спектроскопии. Теоретический AHEW ПА-1, ПА-4, ПА-7 60, 74, 91 г/экв соответственно. В таблице приведены физико-механические свойства покрытий, полученных из эпоксидной смолы KER828 (Kumho, Южная Корея, EEW 188 г/экв) и синтезированных продуктов, взятых в эквивалентном соотношении, отвержденных следующему по режиму: 24 часа при комн. темп., 1 час при температуре 110-125°С. Видно, что при увеличении молекулярной массы алкильного радикала в фенольном кольце, происходит увеличение прочности при ударе, что может быть объяснено пластифицирующим эффектом. Незначительное увеличение времени жизни предположительно связано с уменьшением константы кислотности фенольных производных с 9,95 до 11,04 для фенола и нонилфенола соответственно.

Таблица – Результаты измерений

Композиции	Физико-механические свойства				Жизнеспособность системы, мин ГОСТ 27271-2014
	Эластичность по ШГ, мм ГОСТ 6806-73	Прочность по Эриксен, мм ГОСТ 29309-92	Прочность при ударе, см ГОСТ 4765-202	Адгезия отрывом, МПа ГОСТ 32299-2013	
ПА-1,ЭД-22	2	2,5	27	11,90	26
ПА-4, ЭД-22	3	3,2	36	10,26	25
ПА-7, ЭД-22	2	2,7	39	12,19	30
ТСП, мкм	60-70	170-200	170-200	900-1000	-

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАПОЛНЕННЫХ СТЕКЛОСФЕРАМИ

Старшова Я.В.*, *Панфилов Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: miss17_02@mail.ru

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS FILLED WITH GLASS SPHERES

Starshova Y.V.*, *Panfilov D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на данный момент считаются одними из самых перспективных материалов на промышленном рынке. В настоящее время ведутся интенсивные исследования в области ПКМ, связанные с применением различных наполнителей с целью модификации свойств композитов. Так, введение в композиты такого наполнителя, как стеклосферы, позволяет получить материалы, называемые сферопластиками.

В данной работе в качестве объекта исследования представлены ПКМ на основе эпоксидно-новолачного блок-соолигомера, наполненные стеклосферами различных марок (ПСМ-20, ПСМ-37, ПСМ-6000). Были изучены следующие физико-механические свойства композитов: кажущаяся плотность, разрушающее напряжение при сжатии и изгибе.

Зависимость кажущейся плотности от содержания стеклосфер (рисунок 1) имеет линейный характер и уменьшается с увеличением содержания наполнителя. Уменьшение плотности состава связано с тем, что, несмотря на большую плотность стекла по сравнению с матрицей, микросферы содержат вакуумные полости, при учете объема которых конечная плотность состава уменьшается.

Исследования показали, что при увеличении содержания наполнителя снижается разрушающее напряжение при сжатии, которое способны выдержать материалы (рисунок 2), однако такие значения все еще считаются достаточно высокими для ПКМ. Интересно заметить, что графики зависимости разрушающего напряжения при сжатии образцов, в которые вводили стеклосферы с большей насыпной плотностью, имеют экстремумы в точке оптимального наполнения - 35 массовых частей, в то время как прочность образцов, наполненных стеклосферами марки ПСМ-20, уменьшается линейно. Разрушающее напряжение при изгибе также уменьшается при увеличении содержания наполнителя.

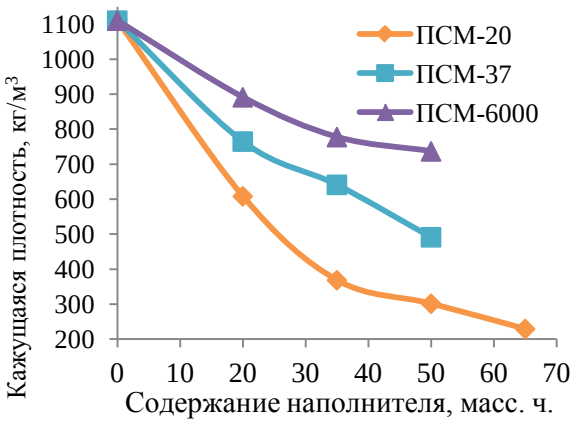


Рисунок 1

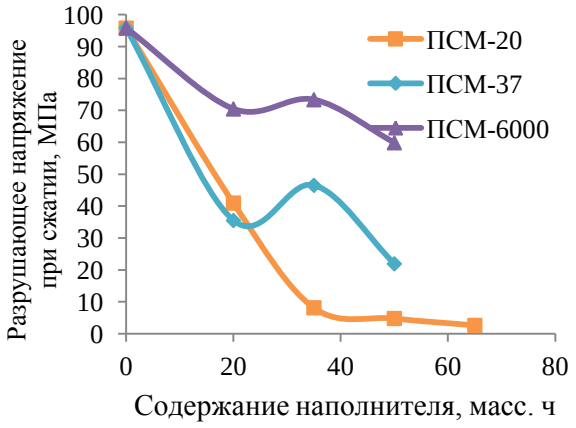


Рисунок 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ 2D МЕМБРАНЫ ДЛЯ IN VITRO ИССЛЕДОВАНИЙ ВАГИНАЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Степанов Г.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: Stepanov-g@bk.ru

IDENTIFICATION OF KEY 2D MEMBRANE PARAMETERS FOR IN VITRO STUDIES OF VAGINAL DRUGS

Stepanov G.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гинекологические заболевания носят социально-значимый характер, и, согласно государственной статистике, имеют тенденции к росту [1]. Одним из возможных вариантов лечения является местное применение препаратов (гелей, кремов, линиментов, мазей, суппозиториев), позволяющих достичь максимального терапевтического наряду с минимальными системными побочными эффектов.

В разработке мягких лекарственных форм важным этапом является определение проницаемости и высвобождения действующих веществ. Изучить эти параметры можно с использованием диффузионной ячейки Франца, в которой между донорным и акцепторным отсеком закрепляется имитирующая мембрана. Применение подобного скрининга соответствует принципу «replacement» - замене лабораторных животных альтернативными моделями. Ключевыми показателями мембраны являются размер пор (должен находиться в пределах от 100 до 300 нм), а также состав и толщина слоя жидкости (в среднем составляет 100 мкм), которые должны быть приближены к параметрам физиологической цервиковагинальной слизи, представляющей собой сложный вязкоэластичный гель, состоящий из воды, гелеобразующих муцинов и ряда белков и молекул, секретируемых клетками хозяина и вагинальной флорой [2,3,4,5]. Была продемонстрирована возможность применения коммерческих продуктов с муцином свиней 2 типа, который наиболее соответствует человеческому [6]. Актуальным вопросом остается выбор подложки для нанесения модельной жидкости.

Таким образом, учет перечисленных параметров при разработке мембраны позволит в дальнейшем получить наиболее релевантные данные в исследованиях высвобождения вагинальных лекарственных препаратов.

Литература:

1. Росстат. Заболеваемость населения социально-значимыми болезнями [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/folder/13721, 2021 (дата обращения: 11.10.23)

2. Bajka B.H. et al. The influence of small intestinal mucus structure on particle transport ex vivo // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2015. – Т. 135. – С. 73-80.

3. Khanvilkar K., Donovan M.D., Flanagan D.R. Drug transfer through mucus // Advanced drug delivery reviews. – 2001. – Т. 48. – №. 2-3. – С. 173-193.

4. Lacroix G. et al. The cervicovaginal mucus barrier //International journal of molecular sciences. – 2020. – Т. 21. – №. 21. – С. 8266.

5. Анурова М.Н. и др. Вопросы моделирования слизистой оболочки влагалища для определения биоадгезии вагинальных гелей методом потока in vitro // Здоровье и образование в XXI веке. 2018. №5.

6. Boegh M., Nielsen H.M. Mucus as a barrier to drug delivery–understanding and mimicking the barrier properties //Basic & clinical pharmacology & toxicology. – 2015. – Т. 116. – №. 3. – С. 179-186.

ПОЛИЭФИРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Сторожек Г.О.*, *Аликин М.Б.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: saintreinhard@yandex.ru

POLYESTER MATERIALS BASED ON RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Storozhek G.O.*, *Alikin M.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современных условиях возникает проблема аккумуляции биологически стойких пластиковых отходов, которая создает серьезные вызовы для охраны окружающей среды. Одним из наиболее широко используемых полимерных материалов, ежегодный объем отходов, которого в РФ на момент 2021 года оценивается в 600 тысяч тонн, является полиэтилентерефталат (ПЭТ), активно применяющийся в изготовлении тары, волокон и пленок. К основным методам утилизации бытовых отходов ПЭТ можно отнести термическую, механическую и химическую переработки. Продукты химической переработки могут быть использованы для получения различных ценных продуктов, например, ненасыщенных полиэфирных смол (НПС) [1].

В ходе исследования, путем реакции переэтерификации продуктов гликолиза ПЭТ с малеиновым ангидридом в молярном соотношении 1:1, были получены новые НПС. Синтез смол вели до кислотного числа равного 65 мг·КОН/г. Затем, полученную смолу растворили в стироле и провели процесс отверждения (таблица).

Таблица – Физико-механические свойства отвержденных материалов на основе полученных НПС в сравнение с промышленно выпускаемой маркой ПН-1

Наименование показателя	Марка или наименование смолы				
	ПН-1	PR1	GPR5	GPR 6	GPR 7
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	70-100	9,5±0,5	103,0 ±14,5	112,5 ± 14,0	95,0 ± 2,0
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	90-140	2,5±0,5	109,5 ±1,5	104,0 ± 3,0	84,5±4,5
Твердость по Бринеллю, МПа	150	27±6	75 ±3	65±8	92±15
Молекулярная масса	1500	430	380	500	400
Кол-во остаточного гликоля, %	--//--	15	0,6	0,2	0,8

Увеличение молекулярной массы и снижение количества остаточных низкомолекулярных продуктов гликолиза значительно влияет на изменение механических свойств отвержденных материалов на основе разработанной НПС. Так, разрушающее напряжение при статическом изгибе изменялось в диапазоне от 95,1 до 112,5 МПа, при сжатии - от 84,5 до 109,3 МПа, твердости по Бринеллю - от 65 до 92 МПа, а показатель пластичности - от 33 до 65 %.

Работа выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002).

Литература:

1. Сторожек Г.О., Аликин М.Б., Панфилов Д.А., Лавров Н.А., Дворко И.М. Получение ненасыщенных полиэфирных смол с использованием вторичного полиэтилентерефталата. // Пластические массы. – 2023. – №. 5-6. – С. 41-43.

ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(БУТАДИЕНСТИРОЛА) С БИНАРНЫМ НАНОУГЛЕРОДНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ СОТОВЫХ СТРУКТУР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Тимошенко М.В.[1]***, Мякин С.В.***[2]***, Сычев М.М.***[2]

[1]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

e-mail: timoshe-mikhail@mail.ru

THERMOPLASTIC ELASTOMERS ON THE BASIS OF POLY(BUTADIENE STYRENE) WITH BINAR NANOCARBON ADDITIVE FOR 3D PRINTING OF NEW GENERATION CELLULAR STRUCTURES

Timoshenko M.V.[1]***, Mjakin S.V.***[2]***, Sychov M.M.***[2]

[1]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Термоэластопласты (ТЭП), разрабатываемые в качестве конструкционных материалов, в том числе для таких ответственных применений, как авиастроение, железнодорожный транспорт, медицина, антенны и т.д., должны обладать высокой механической прочностью, износостойкостью, эластичностью, низкой остаточной деформацией, высокой ударной вязкостью и перерабатываемостью. Перспективной областью их применения являются технологии 3D печати для изготовления изделий сложной формы.

В данной работе впервые изготовлена и исследована серия композитов с высокими механическими и электрофизическими характеристиками на основе термоэластопласта с наноуглеродными наполнителями. Показано, что использование сочетания 1-мерных (углеродные нанотрубки) и 2-мерных (малослойные графеновые пачки) частиц, содержащих на поверхности кислотные и основные активные центры, способные к кислотно-основному взаимодействию друг с другом, способствует образованию 3-мерного упрочняющего каркаса в полимерной матрице. Механические свойства материала с бинарным наполнителем превосходят таковые для материалов на основе каждого из наполнителей в отдельности, а оптимальная концентрация наполнителей соответствует порогу перколяции, т.е. образования в полимерной матрице связного кластера частиц наполнителя.

Максимальное улучшение прочностных характеристик, включая повышение прочности при растяжении на 35 % (с 12,3 до 16,6 МПа) и модуля упругости при сжатии более чем в 1,5 раза (с 10,08 до 15,6 МПа) по сравнению с исходным полимерным материалом достигается при введении 0,4 масс. % комбинированного наполнителя, содержащего графен и многостенные углеродные нанотрубки в соотношении 1:3.

С использованием нового материала разработана технология изготовления сложных сотовых структур с помощью 3D печати.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 20-73-10171).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

Тихонов Д.Ф.*, *Семёнов Д.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерного проектирования.

e-mail: daquxo2@gmail.com

RESEARCH OF THE INTERACTION OF NANOMATERIALS IN CONSTRUCTION TO INCREASE THE EFFICIENCY AND THERMAL INSULATION OF BUILDINGS

Tikhonov D.F.*, *Semenov D.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тема исследования взаимодействия наноматериалов в строительстве для повышения энергоэффективности и теплоизоляции зданий является актуальной и значимой. Эта область науки предлагает новые возможности для разработки инновационных материалов, которые могут существенно повысить эффективность использования энергии в зданиях и обеспечить лучшую теплоизоляцию.

Использование наноматериалов в строительстве позволяет разработать материалы с уникальными свойствами, такими как наночастицы, нановолокна, нанопорошки и нанокомпозиты. Они обладают уникальными механическими, теплопроводными и оптическими свойствами, которые можно использовать для улучшения энергоэффективности и теплоизоляции зданий [1].

Одно из ключевых направлений исследования заключается в изучении влияния наноматериалов на теплоизоляционные свойства конструктивных материалов. Например, добавление наночастиц в традиционные строительные материалы, такие как бетон или утеплитель, может значительно повысить их теплоизоляцию. Наночастицы могут эффективно рассеивать тепло, уменьшать тепловые потери и создавать барьер для проникновения холода или тепла [2].

Другое направление исследования связано с энергоэффективностью зданий при использовании наноматериалов. Например, разработка нанокомпозитных материалов для оконных стекол может снизить потребление энергии на отопление и охлаждение здания за счет снижения пропускания тепла через стекло.

Однако, необходимо смотреть и потенциальные проблемы, связанные с применением наноматериалов. Например, исследование исключительных условий, подвергающихся здания, таких как пожары или воздействие воды, особенно важно для обеспечения безопасности и долговечности таких конструкций.

В заключение, исследование взаимодействия наноматериалов с конструктивными материалами в строительстве для повышения энергоэффективности и теплоизоляции зданий предоставляет возможность разработки новых и инновационных материалов для строительства будущего. Это может привести к более эффективному использованию энергии, экономическим выгодам и снижению негативного влияния на окружающую среду. Однако требуются дальнейшие исследования и испытания, чтобы полностью понять потенциал и ограничения использования наноматериалов в строительстве.

Литература:

1. Шашок, Ж.С. Применение углеродных наноматериалов в полимерных композициях // Ж.С. Шашок, Н.Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2014. – 232 с. – ISBN 978-985-530-317-7.

2. Грачёв В.И., Севрюков И.Т. Влияние нанометровых размеров на свойства частиц и структур // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2017. № 3. С. 47–51

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фаздалова А.Р.*, *Муравский А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров

e-mail: az.fazdalova@mail.ru

THE USE OF MODIFIED GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FOR THE PRODUCTION OF STRUCTURAL MATERIALS

Fazdalova A.R.*, *Muravsky A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полиэтилентерефталат (ПЭТ) – линейный термопластичный полимер. Ежегодно количество отходов ПЭТ возрастает, поэтому необходимо разрабатывать новые технологии переработки и увеличивать число материалов, получаемых по ним.

Существуют различные методы утилизации ПЭТ, одним из которых является гликолиз. Продукты гликолиза можно использовать в различных областях, например, в получении ненасыщенных полиэфирных смол (НПС). Процесс представляет собой деструкцию ПЭТ гликолями в присутствии катализаторов трансэтерификации. Процесс гликолиза ПЭТ с триэтиленгликолем (ТЭГ) проводился в мольном соотношении 1:6. В роли катализатора использовался ацетата цинка в количестве 0,5 % от общей массы.

В результате гликолиза образовался олигоэфирполиол, на основании которого была получена ненасыщенная полиэфирная смола, с помощью модификации малеиновым ангидридом (МА). Далее в полученную смолу вводили мономер-разбавитель, который влиял на вязкость, скорость отверждения, плотность сшивки и поверхностные свойства готовых изделий. В качестве мономера-разбавителя использовался ТГМ-3 в четырех соотношениях: 1:0,5; 1:0,75; 1:1 и 1:1,5. Полученные композиции отверждались по свободно-радикальному механизму.

Были исследованы физико-механические свойства полученных образцов. Установлено, что при увеличении количества ТГМ-3 повышаются значения разрушающего напряжения при изгибе и сжатии (рисунок 1), но при этом растёт и его хрупкость, о чём свидетельствует уменьшение деформации (рисунок 2). Увеличение прочности материала, вероятно, связаны с тем, что после отверждения образцы с повышенным содержанием ТГМ-3 имеют более сшитую и регулярную структуру, а также более высокие показатели твердости. При этом синтезированный продукт имеет в своём составе терефталевое звено, что увеличивает максимальную деформацию и делает материал менее хрупким.

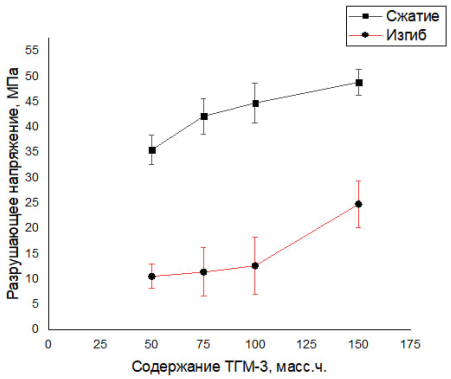


Рисунок 1 - Зависимость разрушающее напряжение отвержденной смолы от количества ТГМ-3 на 100 масс.ч смолы

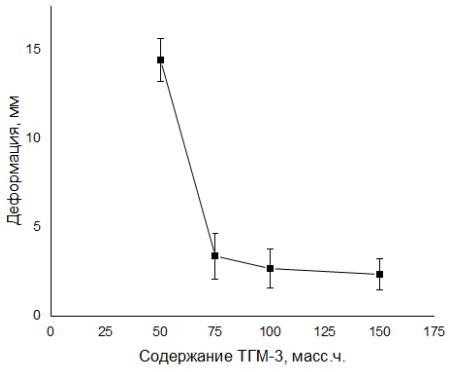


Рисунок 2 - Зависимость деформации твердженной смолы от количества ТГМ-3 на 100 масс.ч смолы

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА В РАЗВОДЯЩИХ КАНАЛАХ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ

Фомин М.Е.*, *Лебедева Т.М.*, *Бритов В.П.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс
e-mail: maxim.2000@mail.ru

OPTIMIZATION OF THE FLOW OF POLYMER MATERIAL IN THE DILUTION CHANNELS OF THE INJECTION MOLD

Fomin M.E.*, *Lebedeva T.M.*, *Britov V.P.
Saint Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время литьё под давлением является одним из наиболее распространённых методов переработки пластмасс. Суть данного метода заключается в заполнении полости формы расплавом полимерного материала и формировании изделия заданной геометрии. Как правило, для производства мелких изделий проектируют многогнездные формы. В этом случае одной из проблем переработки является неравномерность заполнения разноудаленных от точки впрыска расплава гнёзд. Неравномерность заполнения многогнездных форм приводит к увеличению дефектности получаемых отливок, а также к разбросу показателей эксплуатационных свойств изделий, формуемых в различных гнездах.

Поскольку течение полимерного расплава в разводящих каналах имеет ламинарный характер, то в сечении наблюдается так называемый “фонтанный эффект”. Указанное явление провоцирует неравномерное распределение напряжений по площади сечения канала, что, в свою очередь, вызывает прилипание полимерного материала на стенки канала и локальный разогрев расплава. Разогрев материала в пристенной области приводит к неравномерному заполнению различных гнёзд полимерным расплавом.

Целью работы является поиск решений, позволяющих обеспечить равномерное заполнение полости формы полимерным материалом (рисунок).

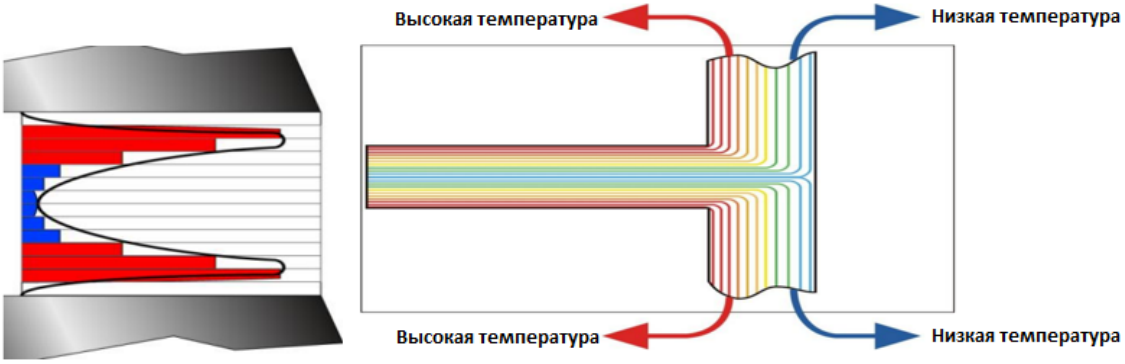


Рисунок – Распределение сдвиговых нагрузок и температур в сечении литникового канала

Для решения поставленной задачи предлагается разбить изначальный поток полимера на два с последующим их соединением с целью перемешивания для формирования более равномерного температурного поля на участке, предшествующем точке впрыска (рисунок). Компьютерный анализ процесса течения расплава подтвердил эффективность выдвинутых предложений. В настоящее время разрабатывается конструкция переходника для реализации предлагаемого метода балансировки многогнездной формы.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ОРГАНОСИЛИКАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

***Хамидулин Я.А.*[1,2], *Красильникова Л.Н.*[1], *Шилова О.А.*[1,2]**

[1]*НИЦ «Курчатовский институт» - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов*

e-mail: yarikh2001@mail.ru

ENVIRONMENTALLY SAFE ORGANOSILICATE COATINGS FOR NUCLEAR POWER PLANTS

***Khamidulin Y.A.*[1,2], *Krasil'nikova L.N.*[1], *Shilova O.A.*[1,2]**

[1]*NRC «Kurchatov institute» - Institute of Silicate Chemistry of RAS,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Органосиликатные покрытия (ОСП) обладают комплексом полезных свойств. Они являются атмосферо-, термо-, радиационностойкими, электроизоляционными, благодаря этому находят широкое применение. В настоящее время ОСП марки ОС-51-03 востребованы для защиты объектов АЭС, строящихся не только в нашей стране, но и зарубежом [1]. Однако, ужесточающиеся требования экоконтроля ограничивают исследование этого покрытия из-за наличия в его рецептуре асбеста, который признан токсичным продуктом. Цель исследования - заменить асбест другими высокодисперсными гидросиликатами без ухудшения свойств ОСП.

Матрица ОСП представляет собой трехкомпонентную систему, содержащую кремнийорганический полимер, гидросиликаты, оксидные наполнители и необходимые функциональные добавки. В работе объектом исследования являлась ОСК ОС-51-03, в рецептуру которой внесены изменения– вместо асбеста использованы две разновидности слюды – мусковит (51-03Мс) и фторфлогопит (51-03Мфф).

Определение физико-механических свойств покрытий холодного отверждения проводилось по соответствующим ГОСТам и методикам. Результаты испытаний в сравнении с ОСК ОС-51-03[1] приведены в таблице.

Таблица – Свойства модифицированных покрытий

Свойство	51-03Мс	51-03Мфф	ОС-51-03
Адгезия (ГОСТ 15140), балл.	1	1	1
Твердость (ГОСТ 52166), отн.ед.	0,38	0,37	0,26
Прочность при ударе (ГОСТ 4765), см	40	15	50
Термостойкость, °С	350	350	350
Угол смачивания, θ, град.	83	80	89

Все исследованные ОСП гидрофильны (θ<90°), обладают достаточной для ОСП твердостью, термостойки до 350°С (требования по условиям эксплуатации). Однако бóльшую прочность при ударе при замене наполнителя показало ОСП на основе мусковита, что является несомненным преимуществом использования этого наполнителя. При этом можно говорить о том, что замена наполнителя не ухудшает свойств покрытия. В настоящее время испытания радиационной стойкости покрытий и их дезактивируемости продолжаются.

Литература:

1. Буслаев Г.С., Кочина Т.А., Красильникова Л.Н., Милютина П.А. Шилова О.А. Теплостойкие защитные органосиликатные покрытия для атомной энергетики // Физика и химия стекла. 2020. Т 46, №4, с.444-448.

ГИДРОФИЛЬНЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РЕГУЛИРУЕМОЙ СТРУКТУРЫ С БИОАКТИВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ N-ВИНИЛСУКЦИНАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Шальнова Л.И.*, *Лавров Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра химической технологии полимеров

e-mail: lna@lti-gti.ru

HYDROPHILIC FILM MATERIALS OF REGULATED STRUCTURE WITH BIOACTIVE COMPONENTS BASED ON COPOLYMERS OF N-VINYLSUCCINAMIC ACID

Shal'nova L.I.*, *Lavrov N.A.

Saint-Petersburg Stat Institute of Technology

В настоящее время создается и исследуется широкий диапазон трансдермальных или сублингвальных терапевтических систем различного биомедицинского назначения [1, 2]. Целью работы является определение особенностей структуры полимерных пленок, содержащих биоактивные вещества (БАВ), и их пролонгирующей способности направленного выделения БАВ в зависимости от состава пленкообразующего сополимера, химической природы введенного БАВ и среды контакта с пленками.

Исследована с использованием электронного микроскопа РЭМП-6 структура пленок, содержащих БАВ на основе сополимера бутилакрилата и N-винилсукцинаминовой кислоты в её солевой форме (БА-ВСАК(Na)) в диапазоне содержания звеньев ВСАК(Na) 30-35 мол. % [3], содержащих в структуре ионогенные и неионогенные с различной гидрофильностью БАВ.

Определены сроки выведения БАВ из пленок в условиях контакта с водной средой, в том числе содержащей NaCl, т.е. в физрастворе, моделирующем среду живого организма.

Установлены отличия структуры пленок из сополимеров с различным соотношением гидрофильных и гидрофобных звеньев и сформированных из различных растворителей. Пленки полимера одного состава с различными БАВ, содержащимися в необходимых количествах, не отличаются по степени и скорости набухания.

Выведение БАВ из пленок происходит длительнее для ионогенных БАВ (тримекаин, линкомицн), вероятно, в результате ионного обмена в структуре ВСАК(Na) полимера пленки. Срок пролонгации выделения БАВ сокращается в среде физраствора. Для неионогенных форм БАВ (анестезин, диоксидин) существенное влияние на скорость выделения оказывает их предельная растворимость в воде.

Результаты исследования могут быть использованы для моделирования и прогнозирования сроков пролонгации действия трансдермальных систем, лечебных покрытий на раны.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования *Российской Федерации (госзадание FSEN–2023-0002).*

Литература:

1. Каштанов А.Д., Васильев Ю.Л., Байрашевская А.В. Обзор современных материалов, применяемых для покрытия раневых поверхностей // Оперативная хирургия и клиническая анатомия. - 2020. - № 4(2). - С. 49-56.

2. Майорова А.В., Сысуев Б.Б., Ханалиева И.А., Вихрова И.В. Современный ассортимент, свойства и перспективы совершенствования перевязочных средств для лечения ран. // Фармация и фармакология. – 2018. – Т. 6. - № 1. – С. 4-32.

3. Шальнова Л.И., Лавров Н.А. Биоактивные композиции на основе N-винилсукцинимида, поливинилового спирта и их полимераналогов. // Пластические массы. – 2023. - № 5-6. – С. 44-47.

СИНТЕЗ НЕНАСЫЩЕННЫХ МОНОЭФИРОВ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ СПИРТОВ И ПОЛИФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Шульцев А.Л.

Научно-технический центр ООО «Полипласт Северо-Запад»,
отдел Синтеза поликарбоксилатов
e-mail: shultsev@list.ru

SYNTHESIS OF UNSATURATED ETHERS OF PHOSPHORIC ACID FROM ALCOHOLS AND POLYPHOSPHORIC ACID

Shultsev A.L.

Science-technical center of Polyplast North-West Ltd., department of Syntheses of polycarboxylates

Изучена реакция метанола, 2-гидроксиэтилакрилата и аллилового спирта с полифосфорной кислотой при 40—80 ºС. Установлено, что при использовании полифосфорной кислоты спирты образуют исключительно моноэфиры с выходом 70—80 %, при этом 2-акрилоилоксиэтилфосфат образуется с низким выходом. Образование моноэфиров подтверждено с помощью спектроскопии ЯМР ^{1}H, ^{13}C.

Для работы использовали 115 % полифосфорную кислоту, 93 % H_2SO_4, 99 % 2-гидроксиэтилакрилат, метанол квалификации «хч», аллиловый спирт «хч», полученные из «Sigma Aldrich». 100 % H_3PO_4 получали из полифосфорной кислоты. Строение соединений определяли с помощью спектроскопии ЯМР ^{1}H, ^{13}C, используя спектрометр «Avance 400», ^{1}H (400.1 МГц), ^{13}C (100.6 МГц), «Bruker». Спектры ЯМР фосфатов дифференцированы со спектрами исходных спиртов.

Спектр ЯМР ^{1}H в D_2O 2-акрилоилоксиэтилфосфата, стандарт DSS (0.0 м. д.), δ, м. д.: 6.06 дд (1H, *J* 10.5 Гц, *цис*-H), 6.22 к (1H, *виц*-H), 6.44 дд (1H, *транс*-H, *J* 17.4 Гц), 4.23 (2H, CH_2), 3.81 (2H, CH_2). Спектр ЯМР ^{1}H в D_2O аллилфосфата (выход: 75 %), стандарт DSS (0.0 м. д.), δ, м. д.: 6.0 м (1H, =CH, *виц*-H), 5.4 дд (1H, *транс*-H, *J* 17.0 Гц), 5.29 дд (1H, *цис*-H, *J* 10.3 Гц), 4.52 д (2H, CH_2-O-P).

Предположение в статье [1] о возможности препаративного синтеза 2-акрилоилоксиэтилфосфата и данные патента [2] по получению 2-акрилоилоксиэтилфосфата с высоким выходом в смеси с ди-(2-акрилоилоксиэтил)фосфатом из полифосфорной кислоты не подтверждаются. При использовании полифосфорной кислоты при 50 ºС установлено образование только метилфосфата, других эфиров, как это описано в статье [3] при использовании 85 % H_3PO_4 при 150 ºС не обнаружено. При реакции метанола со 100 % H_3PO_4 в присутствии H_2SO_4 удалось выделить только триметилфосфат (выход: 0.9 %) в смеси с метилсульфатом. Спектр ЯМР ^{1}H в D_2O смеси триметилфосфата с метилсульфатом, стандарт DSS (0.0 м. д.), δ, м. д.: 3.7 д (9H, $(CH_3O)_3PO$, *J* 11.0 Гц, 67 мольн.%), 3.75 с (3H, $\underline{CH_3}OSO_3H$, 33 мольн.%).

Синтезированные фосфорные эфиры используются при разработке методов синтеза сополимеров непредельных кислот как пластификаторы бетонной смеси [4].

Литература:

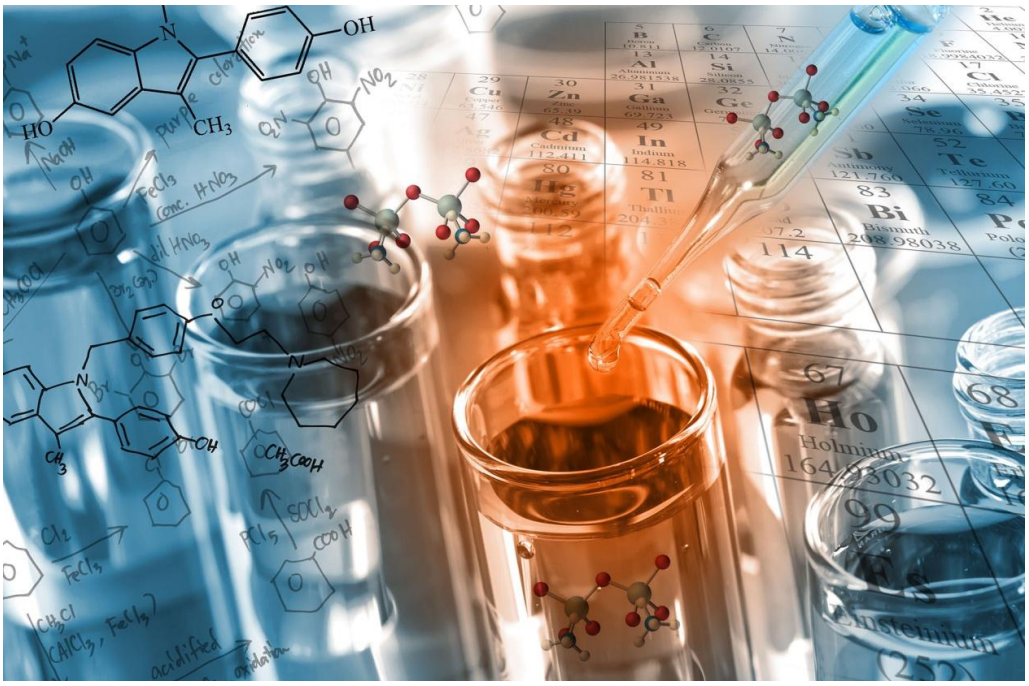
1. Plank J. Current status and future trends in concrete admixture technology I. // Concrete. 2018. V. 50. N. 1. P. 30—39.

2. Steckler R. Phosphate esters of hydroxyalkyl acrylates and hydroxyalkyl methacrylates. Patent US 3855364 (1974).

3. Methyl phosphate formation as a major degradation mode of direct methanol fuel cells with phosphoric acid based electrolytes / D. Aili, A. Vassiliev, J. O. Jensen, T. J. Schmidt, Q. Li // J. Power Sources. 2015. Vol. 279. P. 517—521.

4. Shultsev A. L. Production of polycarboxylates // Polyplast North-West Ltd. — Saint-Petersburg. — 2023. — 32 p.

СЕКЦИЯ 8
ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



СРАВНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ TiO_2 РАЗЛИЧНОГО ФАЗОВОГО СОСТАВА В КАЧЕСТВЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫХ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ КСЕНОБИОТИКОВ

***Афанасьева А.А.*[1], *Коваленко А.С.*[2], *Гладчук А.С.*[3,4], *Подольская Е.П.*[3,4]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,*

[2]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,*

[3]*ФГБУ НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России,*

[4]*Институт аналитического приборостроения РАН*

e-mail: punisher_fc@mail.ru

COMPARISON OF TiO_2 SAMPLES WITH DIFFERENT PHASE COMPOSITION AS PHOTOCATALYSTS FOR EXPRESS ANALYSIS OF REACTIVE OXIDATION PRODUCTS OF HALOGEN-CONTAINING XENOBIOTICS

***Afanasjeva A.A.*[1], *Kovalenko A.S.*[2], *Gladchuk A.S.*[3,4], *Podolskaya E.P.*[3,4]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[4]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,*

[3]*Golikov Research Center of Toxicology, Federal Medical-Biological Agency of Russia,*

[4]*Institute of Analytical Instrumentation, Russian Academy of Sciences*

Одной из ключевых задач при поиске новых лекарственных средств является исследование их метаболических путей для предсказания возможных токсических эффектов. Существует ряд подходов к моделированию биотрансформации ксенобиотиков, среди которых широкое распространение получил неферментативный метод УФ-индуцированного фотокаталитического окисления (УФ-ФКО), который обладает рядом преимуществ. Поэтому актуальной задачей является подбор оптимальных условий проведения УФ-ФКО. Целью исследования являлся сравнительный анализ образцов диоксида титана с различным фазовым составом (с соотношением рутил:анатаз 100:0 %, 0:100 %, 20:80 % и 80:20 %) в качестве фотокатализатора процесса окисления ксенобиотика, а также определение оптимального времени проведения УФ/TiO_2-ФКО.

Элементный и фазовый состав исследуемых образцов были подтверждены соответственно методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и рентгенофазового анализа. Размеры частиц всех образцов TiO_2 не превышали 1 мкм.

В качестве модельного объекта исследования для подбора условий проведения эксперимента использовали известный диуретический препарат – индапамид (IPM), представляющий собой галогенсодержащее соединение с молекулярной формулой $C_{16}H_{16}ClN_3O_3S$ и m/z 364,05 ($[M-H]^-$). Наличие реактивных метаболитов определяли по присутствию в масс-спектрах сигналов их аддуктов с улавливающим агентом, в качестве которого был выбран глутатион (GSH).

Анализ активности используемых фотокатализаторов проводили методом МАЛДИ масс-спектрометрии, включая стадии функционализации поверхности МАЛДИ мишени водными суспензиями TiO_2 (2 мг/мл), нанесения раствора ксенобиотика (50 мкг/мл) и раствора GSH (100 мкг/мл) на функционализированные TiO_2 ячейки мишени, УФ-облучение в течение различного времени, перенос раствора на соседнюю ячейку и добавление матрицы (2,5-дигидроксибензойная кислота).

Полученные результаты показали, что наибольшее количество аддуктов GSH с метаболитами IPM было обнаружено при проведении УФ/TiO_2-ФКО на поверхности МАЛДИ мишени в следующих условиях: УФ-облучение в течение 30 минут и использование в качестве катализатора нанопорошка TiO_2 с соотношением полиморфных модификаций рутил:анатаз = 80:20 %.

Работа выполнена в рамках ГЗ ФМБА России (НИР шифр «Мишень»).

ПРИМЕНЕНИЕ ВЭЖХ-МС/МС В КАЧЕСТВЕ ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАБОЛИТОВ НАЛОКСОНА

Баранов Г.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ

e-mail: georgia213598@gmail.com

APPLICATION OF HPLC-MS/MS AS ONE OF THE METHODS FOR DETECTION OF NALOXONE METABOLITES

Baranov G.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Налоксон - является антагонистом опиоидных рецепторов и применяется как антидот при передозировке опиоидов. Также налоксон входит в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов. Несмотря на многие положительные эффекты, у налоксона также есть побочные эффекты, к которым относятся: увеличение частоты сердечных сокращений, повышение артериального давления, отёк легких.

Для предотвращения побочных эффектов необходимо более тщательное выяснения природы метаболизма лекарственных препаратов, необходимы чувствительные и специфические методы обнаружения активных форм и их метаболитов В настоящее время жидкостная хроматография в сочетании с ионизацией электрораспылением (ESI) и тандемной масс-спектрометрией (MS/MS) является наиболее перспективным методом анализа метаболитов благодаря своей специфичности, универсальности и возможности одновременного определения нескольких аналитов. Несмотря на очевидные плюсы использования высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемной масс–спектрометрией, существуют и минусы. За счёт, степени ионизации опиоидных гормонов уменьшает количественное определение. Для того, чтобы улучшить обнаружение метаболитов, необходимо подобрать условия, которые позволяют увеличить их ионизацию за счет различной скорости потока и напряжения. В ходе работы был подобран основной метод разделения на ВЭЖХ–МС/МС, а также было проверено несколько дериватизирующих реагентов. Далее из рассмотренных реагентов были выбраны те, которые оказались наиболее активными и вступали в реакцию полностью. На рисунке представлен сам налоксон, а также наклосон при различных подобранных условиях для обнаружения его метаболитов. Цель работы заключалась в поиске оптимальной методики для определения метаболитов налоксона с применением дериватизирующих реагентов и использованием ВЭЖХ–МС/МС.

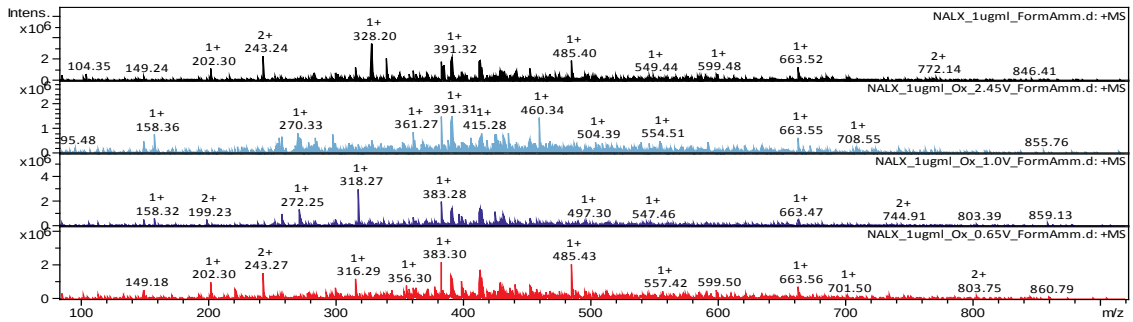


Рисунок- ВЭЖХ–МС/МС сверху вниз: не окисленный налоксон, окисленный налоксон при напряжение 2,45В, окисленный налоксон при напряжение 1,00В, и окисленный налоксон при напряжение 0,65В

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛДИ В КАЧЕСТВЕ ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ АДДУКТОВ НАЛОКСОНА

Баранов Г.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ

e-mail: georgia213598@gmail.com

APPLICATION OF MALDI AS ONE OF THE METHODS FOR DETECTION OF NALOXONE ADDUCTS

Baranov G.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Масс-спектрометрия является современным физико-химическим методом анализа, позволяющим проводить качественный и количественный анализ состава вещества, основанный на предварительной ионизации входящих в его состав атомов или молекул. Одним из новых методов ионизации, благодаря которому масс-спектрометрическое исследование макромолекул получило широкое распространение, является разработанная матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация (MALDI), представляющая собой импульсное лазерное облучение исследуемого вещества, смешанного с матрицей. В тезисе представлены возможности обнаружения аддуктов лекарственного препарата «налоксон» и человеческого глобина с помощью применения метода MALDI масс-спектрометрии [1].

В ходе работы был подобран основной метод обнаружения аддуктов налоксона с человеческим глобином при помощи MALDI масс-спектрометрии. При подготовке проб для обнаружения аддуктов использовался оксид титана в концентрации 1мг/мл, человеческий глобин в концентрации 5 мг/мл, налоксон в концентрации 1 мг/мл, которые предварительно смешали и подвергли ультрафиолетовому излучению, центрифугированию, а также инкубации. Далее в ходе анализа МАЛДИ были выбраны значения удара тока, которые оказались оптимальными для обнаружения аддуктов и помогли вступить в реакцию полностью. На рисунке представлен сам глобин, а также глобин, который вступил в реакцию с налоксоном. Цель работы заключалась в поиске оптимальной методики для определения аддуктов налоксона с глобином при использовании MALDI масс-спектрометрии (рисунок).

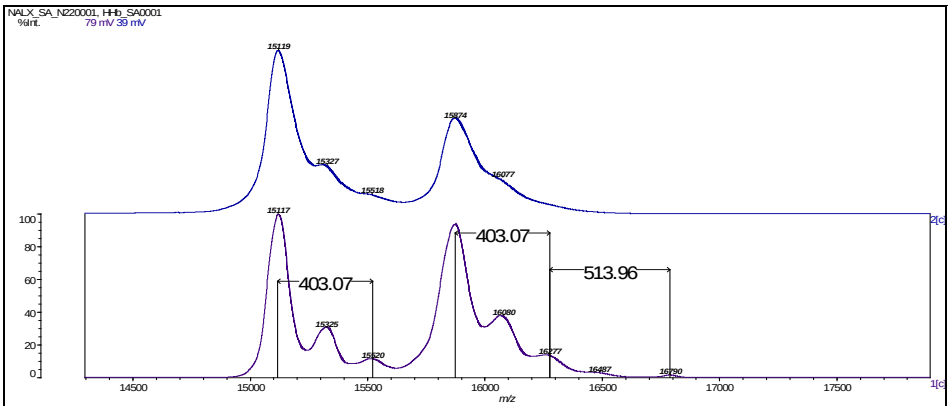


Рисунок – Анализ МАЛДИ. Сверху-чистый глобин человека; снизу – образования аддуктов налоксона с глобином человека

Литература:

1. Онищенко Г.Г. и др. Специфическая индикация патогенных биологических агентов. – 2006.

ГЕНЕРАТОР СИНГЛЕТНОГО КИСЛОРОДА НА ОСНОВЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА ZnO, СИНТЕЗИРОВАННОГО ПОЛИМЕРНО-СОЛЕВЫМ МЕТОДОМ

***Булыга Д.В.*[1], *Хомутинникова Л.Л.*[1], *Евстропьев С.К.*[1,2,3], *Мешковский И.К.*[1], *Гаврилова Д.А.*[1,2], *Гаврилова М.А.*[1,2]**

[1]*Университет ИТМО,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов,*

[3]*АО НПО «Государственный Оптический Институт им. С.И. Вавилова»*

e-mail: dmbulyga@yandex.ru

SINGLET OXYGEN GENERATOR BASED ON ZnO PHOTOCATALYTIC NANOCRYSTALLINE COMPOSITE

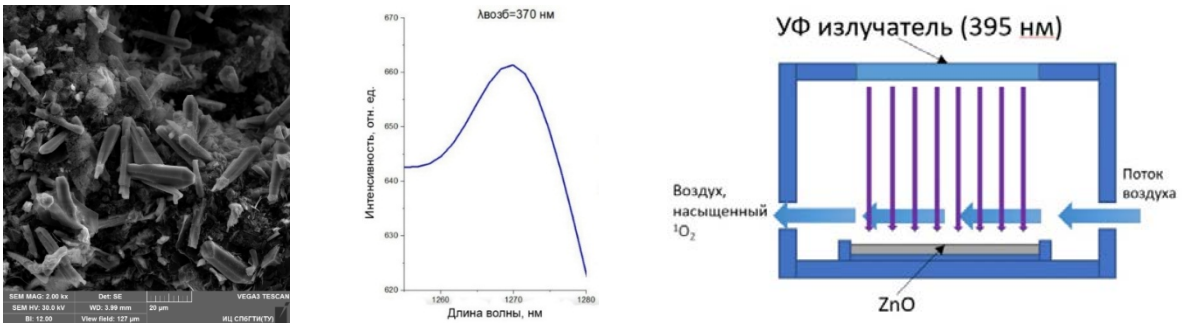
***Bulyga D.V.*[1], *Khomutinnikova L.L.*[1], *Evstropiev S.K.*[1,2,3], *Meshkovskii I.K.*[1], *Gavrilova D.A.*[1,2], *Gavrilova M.A.*[1,2]**

[1]*ITMO University,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[3]*Vavilov State Optical Institute*

Синглетный кислород ($^1O_2$) используется для лечения онкологических заболеваний. Сгенерированный вне клеток, $^1O_2$ селективно воздействует на клетки злокачественных опухолей [1]. Одним из наиболее известных методов, использующих генерацию $^1O_2$, является фотодинамическая терапия [2]. Однако, данный метод требует введения в организм различных фотосенсибилизаторов, зачастую обладающих высокой токсичностью. В ходе данной работы была разработан макет генератора синглетного кислорода, состоящий из фотокатализатора на основе ZnO в виде порошка или покрытия и источника УФ излучения, под действием которого на поверхности фотокатализатора происходит генерация $^1O_2$. Используемые композиты были синтезированы полимерно-солевым методом, их фазовый состав и морфология были исследованы методами РФА и СЭМ, $^1O_2$ был детектирован по пику люминесценции на 1270 нм.



а) **б)** **в)**

Рисунок – СЭМ изображение частиц порошка на основе ZnO (а); спектры люминесценции сгенерированного $^1O_2$ (б); конструкция макета генератора $^1O_2$ (в)

Экспериментально доказано, что предлагаемый макет прибора способен генерировать $^1O_2$ в воздушной среде, таким образом, он может быть использован для проведения доклинических исследований воздействия $^1O_2$ на ткани живых организмов.

Литература:

1. Bauer G. Anticancer research, 2016, V. 36, №. 11. P. 5649-5663.
2. Dolmans D. E., Fukumura D., Jain R. K. Nature reviews cancer, 2003, V. 3, №. 5. P. 380-387.

РЕСТАВРАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Синюгин Л.К., Сухов А.Е., Герасимов Р.А., Лосев В.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей физики
e-mail: losev-vitalik@yandex.ru

RESTORATION OF THE TESLA TRANSFORMER AND ITS USE AS A DEMONSTRATIVE APPARATUS

Sinugin L.K., Sukhov A.E., Gerasimov R.A., Losev V.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Демонстрационные установки играют важную роль в обучении студентов, наглядно иллюстрируя сложные процессы и явления, что делает обучение более понятным и увлекательным. Демонстрационные установки важны при изучении электромагнетизма, поскольку теоретические положения электромагнитной теории не всегда очевидны без изучения их на практике. Электромагнетизм при этом лежит в основе современной электротехники, электрохимии и является фундаментом в процессе обучения современного химика.

Для демонстрационной установки был выбран трансформатор Теслы. Он основан на использовании резонансных стоячих электромагнитных волн в катушках. Его первичная обмотка содержит небольшое число витков и является частью искрового колебательного контура, включающего в себя также конденсатор и искровой промежуток. Вторичной обмоткой служит прямая катушка провода. При совпадении частоты колебаний колебательного контура первичной обмотки с частотой одного из собственных колебаний вторичной обмотки вследствие явления резонанса во вторичной обмотке возникает стоячая электромагнитная волна и между концами катушки появляется высокое переменное напряжение. Принципиальная схема трансформатора Теслы приведена на рис.3.

В качестве основы для демонстрационной установки трансформатора Теслы, мы выбрали высокочастотный трансформатор производства завода «Электродело» 1962 года (рисунок 1 и 2). Данная установка требовала реставрации и восстановления, поскольку у данного трансформатора, согласно принципиальной схеме (рисунок 3), отсутствовала вторичная обмотка. За неимением возможности получить оригинальную заводскую обмотку, пришлось изготавливать ее самостоятельно на базе материалов из лаборатории кафедры общей физики. В качестве материалов мы использовали картонную втулку и медную проволоку диаметром 0.25 мм. Намотав 1000 витков на втулку, мы установили полученную вторичную обмотку внутрь первичной и заземлили. После реставрации работоспособность установки была проверена на различных рабочих частотах тока. При самых оптимальных настройках положения рукоятки трансформатора и искрового промежутка между переменным конденсатором и первичной обмоткой трансформатора удалось получить молнию длинной до 4 см.

Установка после ремонта используется преподавателями кафедры общей физики СПбГТИ (ТУ) в качестве демонстрационной на лабораторных и семинарских занятиях.



Рисунок 1



Рисунок 2

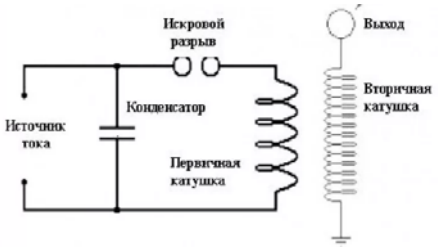


Рисунок 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕТА-ГЛЮКАНА В ГРИБЕ КУЛЬТУРЫ PLEUROTUS OSTREATUS

Дозорцева А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: adozorceva@aol.com

DETERMINATION OF BETA-GLUCAN CONTENT IN THE MUSHROOM PLEUROTUS OSTREATUS

Dozortseva A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Бета-1,3/1,6-D-глюканы содержатся естественным образом в грибах и являются многовекторными модуляторами биологической реактивности организма, которые обладают значительным иммуномодулирующим потенциалом.

В рамках данного исследования проводилось определение количества бета-глюкана в полученном препарате после предварительной спиртовой обработки этанолом биомассы гриба культуры *Pleurotus ostreatus*. В исследовании был использован один из самых широко применяемых методов измерения содержания бета-глюканов — модифицированный ферментативный метод МакКлери при помощи стандартного набора «β-Glucan Assay Kit (Yeast & Mushroom)» (Megazyme, USA) [1]. Этот метод основан на определении количества глюкозы, образовавшейся в результате ферментативного и кислотного гидролиза исследуемых образцов и происходит в две стадии — первая стадия заключается в определении содержания общих глюканов, вторая стадия заключается в измерении альфа-глюкана. Количество бета-глюкана рассчитывается как разность общих глюканов и альфа-глюкана. Результаты анализа представлены в таблице.

Таблица – Результаты определения содержания бета-глюкана в препаратах

Препарат	Содержание общих глюканов, %	Содержание альфа-глюканов, %	Содержание бета-глюканов, %
Нерастворимый препарат 1	47,80±0,3	2,42±0,1	45,38±0,1
Нерастворимый препарат 2	47,95±0,1	2,10±0,3	45,85±0,2
Растворимый препарат 1	35,45±0,2	6,63±0,2	28,82±0,1
Растворимый препарат 2	28,10±0,2	2,26±0,1	25,84±0,2

Полученные данные позволяют произвести дальнейший расчёт количества бета-глюкансодержащего препарата для его введения в продукты питания, с целью придания продуктам дополнительные функциональные свойства.

Литература:

1. Mushroom and yeast beta-glucan assay procedure [Электронный ресурс] / Megazyme – 2018. – URL: https://www.megazyme.com. - (дата обращения: 19.04.2022).

ВКЛАД А.Е. ФАВОРСКОГО В ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ НАПРАВЛЕНИЯ «АЦЕТИЛЕНОВОЙ» ХИМИИ

Огурцова А.Д., Калинин Е.О.
Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии
e-mail: anya-ogurtsova87@mail.ru

CONTRIBUTION OF A.E. FAVORSKY IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF «ACETYLENE» CHEMISTRY

Ogurtsova A.D., Kalinin E.O.
St. Petersburg State University, Institute of Chemistry

Химия ацетиленовых молекул – разнообразна и многогранна. Тройная связь является удобной платформой для дальнейшей модификации с возможностью получения гетероциклических соединений и полимеров, именно поэтому химия тройной связи не теряет своей актуальности и является одним из ключевых направлений химии в настоящее время.

Основателем «ацетиленового направления» органической химии в России является Алексей Евграфович Фаворский. Он широко известен своими классическими исследованиями в области изомеризации и полимеризации этих соединений. Им были открыты реакции: Реакция Фаворского, ретро-реакция Фаворского, перегруппировка Фаворского, ацетилен-алленовая изомеризация, реакция винилирования. Работами А.Е. Фаворского в области полимеризации положено начало современной технологии синтетического каучука.

С 1885 года Алексей Евграфович зарекомендовал себя как наставник, когда получил место лаборанта, по-нынешнему – ассистента, в Ленинградском университете на кафедре аналитической и технической химии, где начал руководить выпускными работами студентов. У него сразу появились ученики – К.И. Дебу, К.А. Красуский и многие другие, кто продолжил его дело, и начали развивать «ацетиленовую» химию в различных городах и в других университетах России [1]. Среди них стоит отметить академика И.Н. Назарова, возглавлявшего в ИОХ им. Н.Д. Зелинского лабораторию, занимавшуюся фундаментальными и прикладными исследованиями в области химии ацетилена и винилацетилена. М.Ф. Шостаковский - основатель одного из ведущих научных российских центров по ацетиленовой химии - Иркутского института химии СО РАН тоже являлся учеником Фаворского. В ЛГУ исследования в области «ацетиленовой химии» продолжили дочери Фаворского – Татьяна Алексеевна и Ирина Алексеевна Фаворские.

Отдельно среди последователей и научных сотрудников Алексея Евграфовича следует выделить В.Н. Ипатьева, чьи научные достижения изменили промышленность, в 1904 году им был сконструирован прибор «бомба Ипатьева», в 1913 году впервые синтезирован полиэтилен, а в 1936 году был открыт каталитический крекинг.

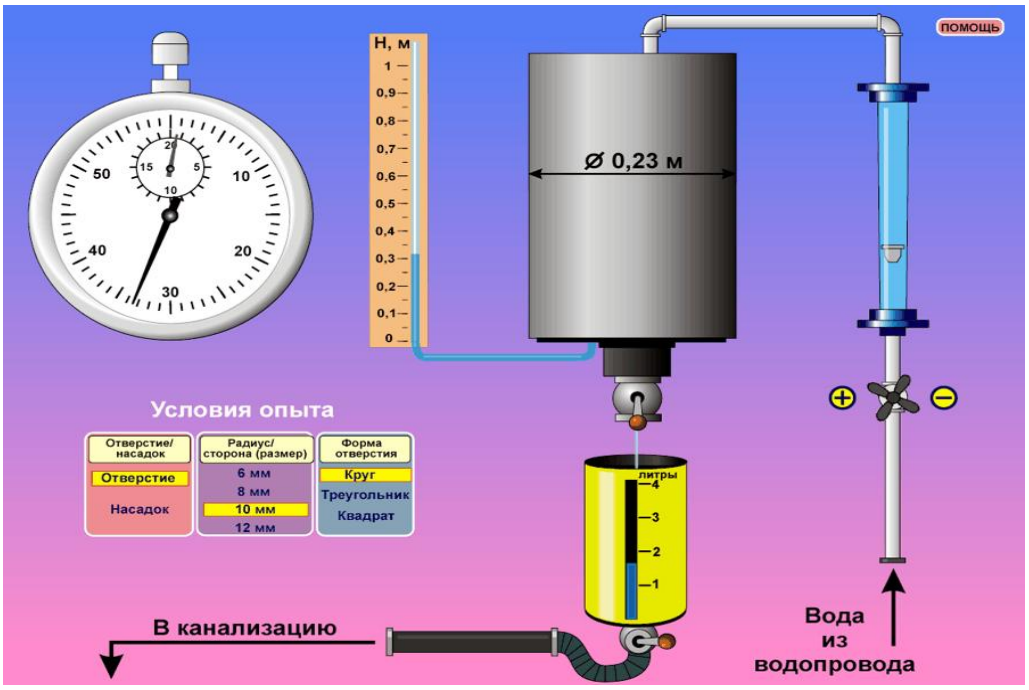
Научное наследие Фаворского очень велико. Алексей Евграфович – один из самых известных и талантливых отечественных химиков, создатель новых направлений органической химии. Основатель одной из крупнейшей школы химиков-органиков. Реакции, открытые Алексеем Евграфовичем не потеряли своей актуальности и развиваются и в настоящее время.

В рамках данной работы будет показано научное наследие Алексея Евграфовича Фаворского. Научные открытия, основные ученики, последователи и научная школа Фаворского.

Литература

1. Т.А. Фаворская, Алексей Евграфович Фаворский (1860-1945), Наука, Ленинград, 1980

СЕКЦИЯ 9
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ



КОНЦЕПЦИЯ АППАРАТА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS*

Беспалов Д.С.*, *Гудкин А.В.*, *Утёмов А.В.*, *Сладковский Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий.
e-mail: den_chim@mail.ru

THE CONCEPT OF A DEVICE FOR CULTIVATING MICROALGAE *CHLORELLA VULGARIS*

Bespalov D.S.*, *Gudkin A.V.*, *Utemov A.V.*, *Sladkovsky D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Данное сообщение имеет целью систематизировать опыт по оптимизации условий культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris*, полученный на кафедре ресурсосберегающих технологий СПБГТИ(ТУ).

Теоретическую базу для создания реактора для периодического культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* штамма ИФР С-11 в жидкой среде составил обзор 67 литературных источников.

Собранный нами реактор представляет собой литровую стеклянную ёмкость с тремя горловинами и плоским дном. Реактор термостатирован и помещён в осветительную ячейку с комбинированным светодиодным освещением красного (λ_1 = 630 нм) и синего (λ_2 = 430) цвета. Рабочая температура реактора 34 °С; контролируется термопарой. Через верх в реактор подводится углекислотно-воздушная смесь (9 % CO_2), а также осуществляется удаление отработанного газа. Внутреннее пространство реактора заполняется жидкой средой Тамийя, в которую барботируется газовоздушная смесь. Сам барботер находится на дне аппарата; головка барботера погружена в прослойку мелкодисперсной фазы, которая при осуществлении барботажа играет роль «кипящего» слоя.

Для запуска процесса выращивания в реактор внесли стандартную среду Тамийя с 20 % добавкой сертифицированной маточной культультуры микроводоросли *Chlorella vulgaris* штамма ИФР С-11, включили обогрев и освещение, а также подали ток газовой смеси 1,5 л/мин. Состав подаваемого в реактор газа круглосуточно контролировался автоматикой. Об активной жизнедеятельности культуры микроводорослей судили, сопоставляя периодически снимаемые хроматограммы выходящего из аппарата газа. Эти наблюдения показали, что состав отработанного газа всё время изменялся, причём содержание CO_2 в смеси уменьшалось. Цикл созревания культуры – 14 суток. В ходе осуществлённого цикла был получен 1 л зрелой культуры *Chlorella vulgaris*, представлявшей собой виридоново-зелёную суспензию со специфическим запахом.

В перспективе – изучение зависимости характеристик культуры микроводорослей от влияния различных внешних факторов.

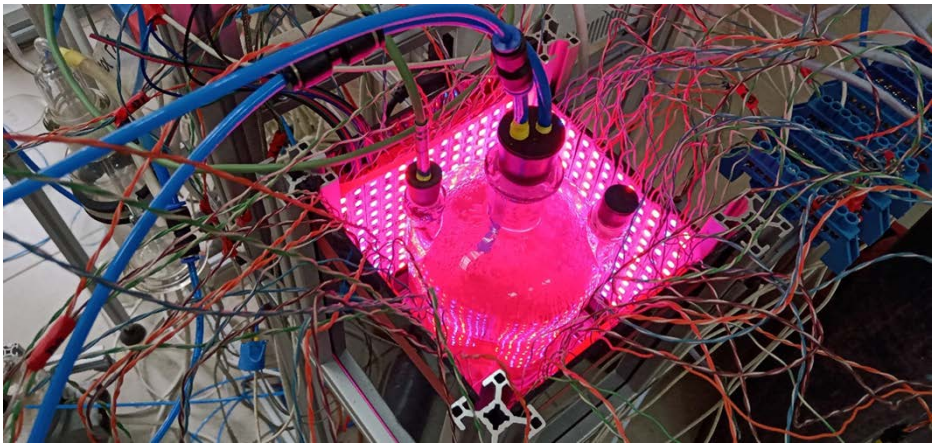


Рисунок – Фото собранной лабораторной установки

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ИЗОПРЕНА В РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Гилевская О.В.*, *Марков А.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов
e-mail: olga4er@gmail.com, markov-av@yandex.ru

TEMPERATURE REACTOR CONDITIONS FOR ISOPRENE POLYMERIZATION IN BULK

Gilevskaya O.V.*, *Markov A.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе [1] показано, что использование температурного режима реактора с неподвижным тонким слоем, предусматривающего изменение во времени температуры T_R хладоагента в рубашке, позволяет существенно сократить время блочной полимеризации изопрена. В этом режиме близкое к равномерному распределение температуры по высоте слоя наблюдается на сравнительно более узком, чем в режиме постоянной температуры хладоагента, временном отрезке.

В настоящей работе сопоставительный анализ различных температурных режимов реактора для блочной полимеризации изопрена выполнен с использованием результатов исследования физико-химических свойств лабораторных образцов полиизопрена представленных в таблице.

Таблица – Показатели процесса и физико-химические свойства лабораторных образцов цис-1,4-полиизопрена, синтезированных методом блочной полимеризации изопрена с использованием редкоземельного катализатора в различных температурных режимах реактора

Показатели процесса и свойств образцов	Температурный режим реактора	
	T_R = 34 ºС Режим 1	T_{R1} = 34 ºС при τ_1 = 0 мин, T_{R2} = 45 ºС при τ_2 = 18 мин Режим 2
Высота слоя, мм	6	6
Начальная температура, ºС	- 40	- 40
Максимальная температура T_{max}, ºС	130	130
Глубина полимеризации	0,9	0,9
Общее время процесса, мин	68,0	55,4
Содержание 1,4-цис-звеньев, %	97,0-98,1	96,8-97,8
Содержание 3,4-цис-звеньев, %	1,9-2,2	0,54-0,7
Содержание гель-фракции, %	0	0,54-0,7
Среднечисленная молек. масса $M_n \cdot 10^{-3}$	600-650	420
Среднемассовая молек. масса $M_w \cdot 10^{-3}$	1900	1310
Характеристическая вязкость [η], дл/г	9,5 – 10,0	11,0 – 11,5

Из таблицы следует, что характеристики образцов, синтезированных в температурном режиме 2, практически не отличаются от характеристик образцов, синтезированных в менее «горячем» режиме 1.

Литература:

1. Гилевская О.В., Марков А.В. Математическая модель процесса блочной полимеризации изопрена при неравномерном тепловом режиме реактора // Математические методы в технологиях и технике, 2022. - №9. – С. 35-39.

РАСЧЕТ ТРАЕКТОРИЙ ЧАСТИЦ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ ГАЗА

Данильчук В.С.*, *Веригин А.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов
e-mail: vitsd61@mail.ru

CALCULATION OF PARTICLE TRAJECTORIES IN A SWIRLING GAS STREAM

Danilchuk V.S.*, *Verigin A.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Задача расчета траекторий движения частиц дисперсного материала в закрученных потоках газа решается применительно к восстановлению кривой разделения в центробежных классификаторах с гладким профилем воздушного потока. В работе [1] предложена модель, включающая уравнения движения частиц, которые решаются совместно с уравнениями поля скоростей газовой среды и уравнениями поверхностей ввода и вывода продуктов классификации. При численном интегрировании уравнений на каждом шаге к величине приращения радиальной координаты частицы, вычисленной по детерминированной модели, прибавляется случайное смещение. Такой подход не учитывает последействие случайных отклонений скорости несущего газа и инерционных свойств частиц. Поэтому в настоящей работе предлагается учет действия случайных факторов проводить не как мгновенное случайное изменение радиальной координаты, а как мгновенное случайное приращение вектора скорости частицы. Модуль приращения скорости рассматривается как нормально распределенная величина с равным нулю математическим ожиданием. Дисперсия (параметр модели) распределения определяется опытным путем при сравнении экспериментальных и расчетных кривых разделения классификатора. Все направления случайного приращения вектора скорости считаются равновероятными.

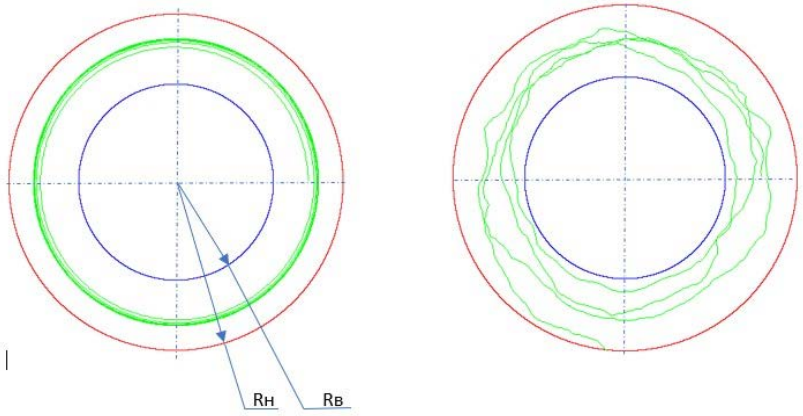


Рисунок – траектории частицы без учета и с учетом случайных факторов

Проведена предварительная оценка величины параметра модели, которая составила 5 м/с для частиц размером 4-7 мкм при шаге интегрирования 10^{-4} с. На рисунке справа приведена расчетная случайная траектория частицы размером 6 мкм при указанном значении параметра модели.

Литература:

1. Веригин, А.Н., Данильчук В.С., Шевчук С.В. Моделирование траекторий движения частиц в зоне разделения воздушного классификатора // Современные проблемы информатизации в моделировании и программировании: Сб. трудов. Вып. 11 / Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца.-Воронеж: Издательство «Научная книга», 2006.-С.176-180.

СТРУКТУРНАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ АКТИВНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Ишутин А.Г., Веригин А.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов
e-mail:alex-ish@yandex.ru

STRUCTURAL SELF-ORGANIZATION OF ACTIVE DISPERSED SYSTEMS

Ishutin A.G., Verigin A.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

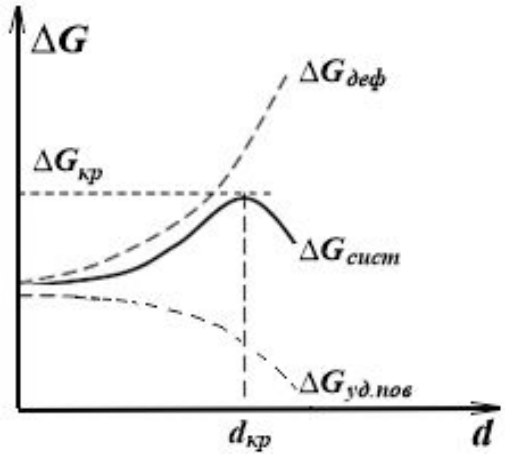
Активная дисперсная система характеризуется непрерывным подводом энергии к каждому элементу и ее диссипацией как в дисперсионной, так и в дисперсной фазе. Физической моделью подобной системы может служить гетерогенный псевдотурбулентный поток, в котором происходит механическая обработка частиц дисперсного материала.

Особенность такой системы заключается в том, что энергия диссипирует на двух уровнях. Каждый уровень обладает определенной спецификой при образовании пространственных структур, что лежит в основе явлений самоорганизации активной дисперсной системы. При этом, можно выделить два уровня иерархии структурных образований системы.

На уровне движения элементов (частиц) применимы законы динамики диссипативных систем. При переходе бифуркационного значения определяющего параметра (функции кинетического состояния) происходит топологическая перестройка структуры и режима движения динамической системы, который определяет условия (скорость) диссипации энергии элементами дисперсной фазы.

Энергия, диссипируемая элементами, перераспределяется в соответствии с объединенным уравнением первого и второго начал термодинамики. Скорость диссипации энергии и значения термодинамических потенциалов определяют вид превращения энергии, что отвечает определенным физико-химическим процессам в гетерогенной системе. Согласно принятой нами физической модели равновесие возможно только при условии положительной энергии Гиббса образования дефектов и поверхности, а стремление этой энергии к минимуму вызывает трансформацию межфазной поверхности и, в соответствии с принципом Гиббса-Кюри, образует термодинамически устойчивую форму элементов.

Дисперсность, дефектность и форма элементов являются самостоятельными термодинамическими параметрами состояния системы, изменение которых вызывает соответствующие изменения ее равновесных свойств, в том числе и режима движения отдельных элементов. Работу образования дефектов и новой поверхности частиц, можно рассматривать как энергетический барьер $\Delta G_{кр}$, который определяет уровень измельчения и дефектообразования в активной дисперсной системе. На рисунке представлена зависимость изменения энергии Гиббса при механической обработке частиц от их размера.



Эффекты самоорганизации активных дисперсных систем вызваны не только уменьшением энтропии, но и возможностью ее перераспределения между иерархическими уровнями, что делает возможным спонтанное образование упорядоченных структур.

ПИЛОТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ КАНЦЕРОГЕННЫХ ПОЛИЦИКЛОАРЕНОВ

Лихачёв И.Г., Константинов В.А., Борисова Е.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов

e-mail: ekaterina_borisova@technolog.edu.ru

PILOT PLANT FOR EXTRACTING CARCINOGENIC POLYCYCLOARENES

Likhachev I.G., Konstantinov V.A., Borisova E.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При производстве автомобильных шин актуальной является проблема очистки масел - мягчителей от канцерогенных полициклоаренов. В работах [1,2] предлагается использовать для этого процесс экстракции.

Для исследования процесса экстракции полициклоаренов из смеси тяжёлого вакуумного газойля и экстракта деасфальтизата с целью определения технологических параметров процесса была разработана и смонтирована пилотная установка.

В установке используется противоточный насадочный экстрактор с насадкой из колец Рашига 6х5х1 мм, диаметр аппарата-57 мм, высота насадочной части-800 мм. Из-за высокой температуры застывания сырья (42 °С) необходимо обеспечить обогрев экстрактора. Для этого он снабжен рубашкой, в которую насосом подаётся горячая вода из бойлера.

Экстрагент из исходной емкости насосом подаётся в экстрактор сверху и движется в виде сплошной фазы вниз. Для обогрева исходной емкости и трубопровода подачи экстрагента используется электронагрев. Сырьё из исходной ёмкости с электронагревом подаётся насосом в экстрактор снизу и в виде дисперсной фазы (капель) движется вверх. Для обогрева насоса и трубопровода подачи сырья в экстрактор используется саморегулируемый греющий кабель.

Заданный режим работы установки обеспечивает одноуровневая система автоматизации, состоящая из локальных систем регулирования технологических параметров, с возможностью их регистрации на компьютере. В состав контуров регулирования температурных параметров входят датчики температуры и микропроцессорные измерители-регуляторы с возможностью 2-х позиционного и ПИД-регулирования температуры электронагрева. Для регулирования производительности насосов используются частотные преобразователи.

В результате серии экспериментов на пилотной установке были определены технологические параметры процесса, обеспечивающие следующие результаты:

- выход продукта по отношению к сырью - 85 %;
- продукт, удовлетворяет требованиям к маслу-мягчителю по содержанию бензо(а)пирена и 8 канцерогенным полициклоаренам.

Литература:

1. Гайле А.А., Клементьев В.Н., Большакова А.Р. Получение экологически чистых пластификаторов каучука и резины экстракционной очистки ароматичеких концентратов от канцерогенных компонентов смесями N –метилпирролидона с различным содержанием этиленгликоля. // Известия СПбГТИ(ТУ). 2020. №52. С. 81-86.

2. Гайле А.А., Клементьев В.Н., Щепалов А.А., Дёмина А.Ю. Экстракционная очистка смеси тяжёлого вакуумного газойля и экстракта деасфальтизата от канцерогенных углеводородов смешанным экстрагентом N-метилпирролидон – этиленгликоль. // Известия СПбГТИ(ТУ). 2020. №53. С. 57-60.

ОБОГАЩЕНИЕ САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ ГОРОХОВЫМ ИЗОЛЯТОМ

Лопатько В.В.
Национальный Исследовательский Университет ИТМО
e-mail: vvlopatko@itmo.ru

ENRICHMENT OF SUGAR BISCUITS WITH PEA ISOLATE

Lopatko V.V.
ITMO University

В настоящее время сахарное печенье является одним из самым распространенным перекусом. В связи с недостатком в рационе питания большинства потребителей белка предлагается включить в рецептуру печенья растительный белок.

Гороховый изолят является отличным источником растительного белка, альтернативой мясным или молочным белкам, содержащей все незаменимые аминокислоты, необходимые для поддержания здоровья человека, в том числе для восстановления мышц после тренировок. Гороховый изолят, полученный в результате обработки, содержит до 80 % белка, что делает его идеальным компонентом для обогащения повседневных перекусов, например печенья.

При работе с гороховым изолятом, следует учитывать специфические свойства горохового белка, а именно его высокую способность впитывать влагу, образуя при этом резкий специфический запах, характерный соленый привкус и светло-коричневый цвет, который он придает готовому продукту. Важно подобрать состав, который был бы не только обогащен растительным белком, но и обладал бы приемлемым для потребителя вкусом и ароматом.

Для проведения экспериментов и разработки рецептуры печенья использовали гороховый изолят с 88 % содержанием белка («Bionova»). На первом этапе проведения экспериментов необходимо было определить, как гороховый белок влияет на структуру, вкус и консистенцию печенья. Было приготовлено 7 образцов, в которых гороховый изолят вносили в количестве от 0 -100 % по отношению к пшеничной муке высшего сорта. Оптимальным по составу, вкусу и консистенции был определен образец№ 2, с дозой внесения горохового изолята в количестве 15 % на 100 г пшеничной муки. Итоговая рецептура сахарного печенья представлена в таблице.

Таблица – Итоговый состав печенья

Состав	Количество, г
Мука пшеничная (высший сорт)	100
Изолят гороховый	15
Разрыхлитель	5
Сахар белый	40
Маргарин 60%	60
Ванильный сахар	1,5
Вода	40
Ванильный экстракт	1
Общее	**262,5**

Выводы. При обогащении кондитерских изделий гороховым изолятом необходимо учитывать особенность бобовых культур придавать продуктам специфический вкус и аромат, поэтому, в каждом отдельном случае, необходимо устанавливать дозу внесения изолята, обеспечивая органолептические, физико-химические и структурные показатели готовых изделий.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО МИКРОРЕАКТОРА С ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ ЖИДКОСТИ

Макушева И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: makusheva2012@yandex.ru

NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDIES OF HYDRODYNAMICS OF A TWO-STAGE MICROREACTOR WITH SWIRLING LIQUID FLOWS

Makusheva I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время применение микроструктурированных реакторов в химической промышленности приобретает всё более значительные масштабы – области применения микротехнологий стремительно расширяются. Использование микрореакторов в химической технологии позволяет повысить управляемость процессами переноса вещества и энергии, а за счет приближения к масштабу наноразмерных и субмикронных частиц удается получать более узкое распределение частиц по размерам, а также избавиться от примесных фаз [1].

Для выявления особенностей гидродинамики исследуемого аппарата было выполнено несколько серий экспериментов и численных расчетов с использованием программы COMSOL Multiphysics v. 5.6 (модуль Turbulent Flow, k-ε). Расчёты проводились для способа подачи **ТВ+Ц** (рисунок 1,2).

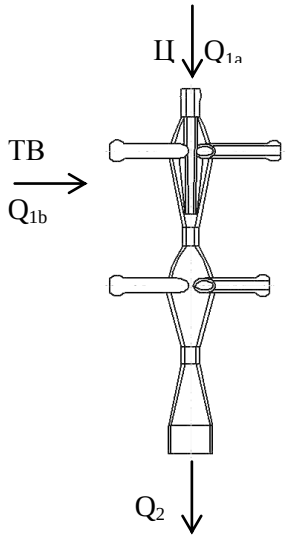


Рисунок 1 – Способ подачи жидкости в микро-ВСА2

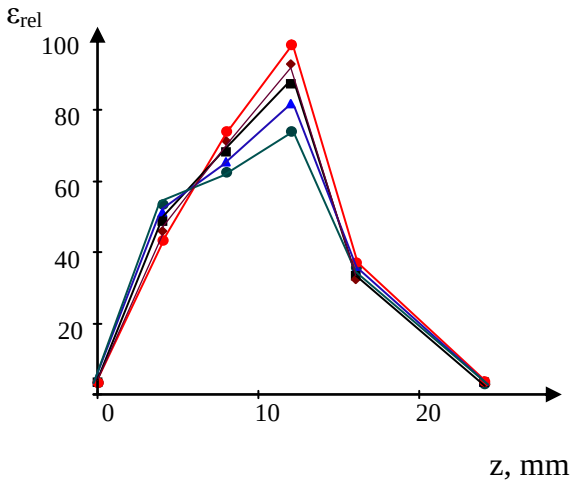


Рисунок 2 – Зависимость относительной удельной скорости диссипации энергии от координаты сечения

Результаты численного моделирования демонстрируют преобладающую диссипацию энергии в зоне горловины, что имеет принципиальное значение при конструировании микрореакторов. Показано, что подача растворов ТВ+Ц обладает преимуществами перед двумя другими способами подачи (ТВ+ТВ и ТВ+ТН).

Литература:

1. Абиев Р.Ш., Макушева И.В. Влияние макро- и микросмешения на процессы растворного синтеза частиц оксидных материалов в микроаппаратах с интенсивно закрученными потоками // Теор. основы хим. технол. 2022. Т. 56. С. 137–147.

СКОРОСТЬ ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ И МИКРОСМЕШЕНИЕ В МИКРОРЕАКТОРЕ С ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ И Т-ОБРАЗНОМ РЕАКТОРЕ

Миронова А.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: abiev.rufat@gmail.com

ENERGY DISSIPATION RATE AND MICROMIXING QUALITY IN A MICROREACTOR WITH SWIRLED FLOWS AND IN A T–REACTOR

Mironova A.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время большой интерес проявляется к получению наноразмерных частиц путем микрореакторного синтеза с использованием метода совместного осаждения, когда растворы солей и осадителя подаются с равными (или сопоставимыми) расходами [1]. Целью данной работы стало изучение гидродинамики и качества микросмешения в микрореакторе с интенсивно закрученными потоками (микро-ВСА-1) (рисунок 1а) и в Т-образном реакторе (рисунок 1б).

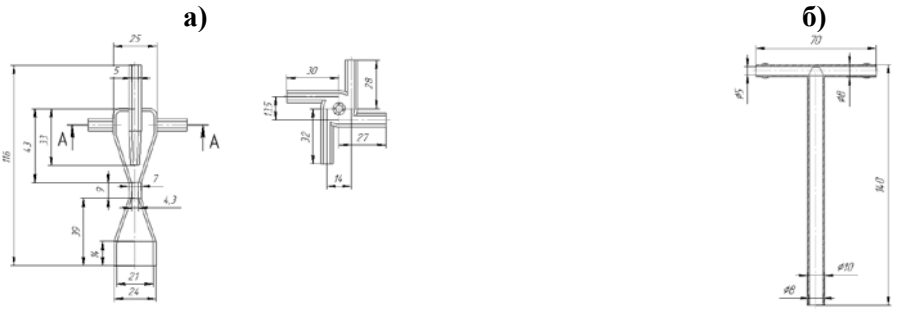


Рисунок 1 – Микрореактор с закрученными потоками – а; Т-образный реактор – б

Исследована корреляция между индексом сегрегации (использованием йодид-иодатной методики) и удельной скоростью диссипации энергии. Существенно более высокое качество микросмешения наблюдается в микро-ВСА-1, особенно при подаче одного из растворов через центральный патрубок. Результаты обработки частиц $BiFeO_3$, полученных в обоих аппаратах, путем рентгенодифракционного анализа, подтвердили преимущество микро-ВСА-1 над Т-образным реактором (рисунок 2).



Рисунок 2 – Дифрактограммы образцов $BiFeO_3$, полученных при исследовании качества микросмешения: а – в микро-ВСА-1; б – в Т-образном реакторе.

Литература:

1. Абиев Р.Ш., Макушева И.В. // Теоретические основы химической технологии, 2022. - том 56, № 2. - С. 137-147.

2. Абиев Р.Ш. Патент РФ №2748486. Микрореактор-смеситель многоступенчатый с закрученными потоками. 2021.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МАССОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ «Н-БУТАНОЛ – ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА – ВОДА» В МИКРОФЛЮИДНОМ ЧИПЕ

Миронова А.И., Светлов С.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: abiev.rufat@gmail.com

HYDRODYNAMICS OF TAYLOR FLOW REGIME FOR LIQUID-LIQUID SYSTEM IN THE MICROCHANNELS FOR

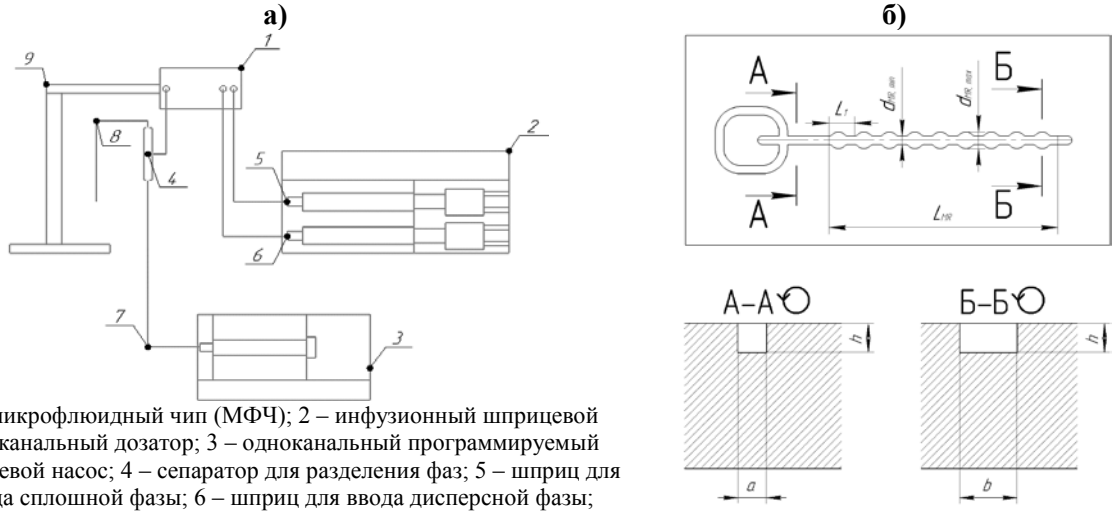
Mironova A.I., Svetlov S.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Повышенный интерес к микрореакторам связан непосредственно с преимуществами этого типа аппаратов. Микрореакторы имеют более высокое отношение поверхности контакта фаз к объему, что обеспечивает интенсификацию процесса перемешивание и более эффективный массообмен [1].

Определение эффективности процесса массопереноса осуществлялось на системе н-бутанол – янтарная кислота – вода, как на тестовой системе, рекомендуемой Европейской федерацией химической промышленности (EFCE) для исследований процесса жидкостной экстракции с низким межфазным натяжением.

Целью данной работы являлась исследование интенсификации массопереноса в системе «н-бутанол – янтарная кислота – вода» в микрофлюидном чипе.



1 – микрофлюидный чип (МФЧ); 2 – инфузионный шприцевой двухканальный дозатор; 3 – одноканальный программируемый шприцевой насос; 4 – сепаратор для разделения фаз; 5 – шприц для ввода сплошной фазы; 6 – шприц для ввода дисперсной фазы; 7 – шприц для отвода концентрированной водной фазы; 8 – сепаратор; 9 – стойка

Рисунок – Схема установки для исследования процесса массопереноса в МФЧ – а; чертеж микрофлюидного чипа – б

В процессе работы построена карта режимов течения в микрофлюидном чипе, определена область существования снарядного режима течения. Проведены исследования процессов массопереноса (рисунок) в системе «н-бутанол – янтарная кислота – вода» в микрофлюидном чипе и в реакторе с магнитной мешалкой. Исследования показали, что существенно более высоки показатели массопереноса, а именно объемного коэффициента массоотдачи, наблюдаются в микрофлюидном чипе, особенно при достижении устойчивого Тейлоровского режима течения.

Литература:

1. Абиев Р.Ш., Лаврецов И.В. Гидродинамика и массообмен при снарядном течении газожидкостной системы в микроканалах. // Российский химический журнал. – 2011. – Т. 55. – №. 2. С. 60-70.

СУШИЛКА КИПЯЩЕГО СЛОЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО ПЛАСТИКА АБС

Незамаев Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронные технологические комплексы

e-mail: maxp.lti-gti@yangex.ru

FLUIDIZED BED DRYER FOR THE PRODUCTION OF ABS SHEET PLASTIC

Nezamaev N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

АБС - пластик имеет практическое применение для всех отраслей промышленности. Особенно для автостроения, машиностроения, приборостроения и т.д. Основные применения АБС- пластика: детали пылесоса, вентилятора, кофеварки, прочих электробытовых приборов, корпусов оргтехники, электроинструментов, переключатели, решетки радиатора, панели приборов, декоративные колпаки на колеса, детали ручек дверей, багажника и т.д.

АБС - пластик — ударопрочный аморфный материал. Отличительные свойства АБС пластика: теплостойкость 110 ^{o}C, выдерживает низкие температуры до - 40 ^{o}C, дает блестящую поверхность, имеет хорошую химическую стойкость, стоек к щелочам и смазочным маслам, характеризуется пониженными электроизоляционными свойствами, нестоек к УФ - излучению. АБС пластик пригоден для нанесения гальванического покрытия, металлизации (имеются специальные марки АБС пластика), а также для пайки контактов. АБС-пластик рекомендуется для точного литья. Имеет высокую размерную стабильность. Сушка АБС- пластика: в течение от 0,5 до 2 часов при температуре 70-80 ^{o}C, в зависимости от производительности сушилки.

Эффективность сушки в кипящем слое, в значительной мере, зависит от правильного определения конструктивных и технологических параметров сушилки, правильного выбора аппаратурного оформления.

Как правило, параметры сушилок кипящего слоя определяются для сушки конкретного материала и учитывают начальную и конечную влажность материала, его физико-механические свойства, требования к температурному режиму, минимизации или максимизации уноса мелких фракций и другие требования, предъявляемые к материалу и процессу сушки.

Псевдоожиженный слой может быть создан также за счет другого инертного материала, с которым контактирует высушиваемый материал в токе горячего сушильного агента. В этом случае высушенный материал обычно выводится с сушильным агентом через циклоны.

В кипящем слое происходит быстрое выравнивание температур твердых частиц и сушильного агента и достигается весьма интенсивный тепло и массообмен между твердой и газовой фазами, в результате этого сушка заканчивается в течение нескольких минут.

Проведен анализ существующих схем сушки. На основании анализа была выбрана схема с сушилкой кипящего слоя, с помощью которой осуществляется конечная стадия процесса сушки. Разработана схема сушки АБС пластика.

Влажный материал (АБС пластик) из бункера равномерными количествами через шнековый питатель по трубопроводу поступает в сушилку кипящего слоя СК, где происходит его сушка сушильным агентом (воздух), который поступает из калорифера.

МИКРОРЕАКТОР С ЗАКРУЧЕННЫМИ СТАЛКИВАЮЩИМИСЯ СТРУЯМИ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОРАЗМЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Потехин Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: dmitripotehin@yandex.ru

A MICROREACTOR WITH SWIRLING COLLIDING JETS FOR THE SYNTHESIS OF NANOSCALE NANOPARTICLES

Potekhin D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для синтеза наноразмерных неорганических частиц на кафедре ОХБА были разработаны несколько реакторов. Один из разработанных реакторов – одноступенчатый микро-ВСА-1 [1]. Это одноступенчатый микровихревой струйный аппарат. Аппарат обладает высоким качеством микросмешения за счет высоких значений тангенциальной радиальной и осевой составляющих скорости в горловине, что достигается благодаря геометрии аппарата. Это позволяет получать наноразмерные частицы с высокой чистотой и контролируемыми размерами.

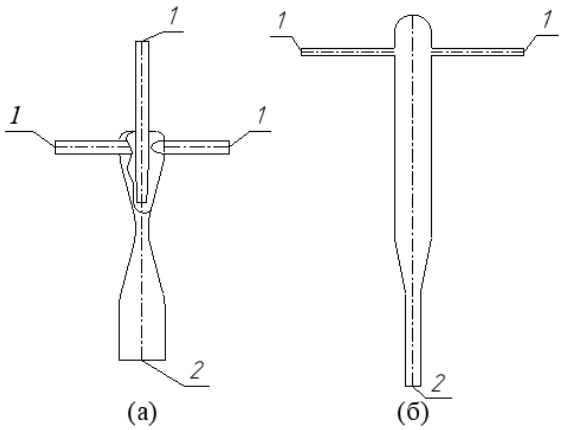


Рисунок – Исследуемые реакторы. (а) – микро-ВСА-1, (б) – т-образный реактор. 1 – входные патрубки; 2 – выходные патрубки.

Так как в аппарате отсутствуют движущиеся части и уплотнения, аппарат имеет невысокую себестоимость и недорогое обслуживание, при довольно высокой производительности (до 10 $м^3$/сут суспензии с частицами) учитывая его размеры. Поэтому данный аппарат привлекателен для промышленного синтеза наночастиц.

Для подтверждения высокой эффективности микро-ВСА-1, его сравнили с типовым т-образным реактором со сталкивающимися затопленными струями. Исследования качества микросмешения и гидродинамики двух аппаратов показали преимущество по качеству микросмешения аппарата микро-ВСА-1 более чем в 4 раза, а по удельной скорости диссипации энергии на несколько порядков. Также для подтверждения качества микросмешения в аппарате было синтезировано несколько сложных оксидов металлов, фториды кальция и стронция [2], иттрий-алюминиевый гранат, материалы со структурой пирохлора.

Литература

1. Микрореактор с закрученными потоками растворов реагентов. Пат. РФ. 2736287

2. Р.Ш. Абиев, А.В. Здравков, Ю.С. Кудряшова, А.А. Александров, С.В. Кузнецов, П.П. Федоров// Журн. неорг. химии. 2021. Т. 66. №7. С. 1-6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ В ВИХРЕВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Ратасеп М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов

e-mail: kmahp@yandex.ru

VORTEX MILL FLOW SIMULATION

Ratasep M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процесс измельчения является необходимым во многих технологиях широкого спектра отраслей промышленности, т.к. размер и форма частиц напрямую влияют на удельную поверхность, определяющую в свою очередь скорость процессов, выход и качество продукта.

Одним из распространённых типов измельчителей являются вихревые мельницы, где измельчение материала происходит в потоке газа. Такие аппараты отличаются относительной простотой конструкции. При этом особый интерес представляют конструкции без движущихся частей.

В таких мельницах энергия главным образом тратиться на преодоление гидравлического сопротивления аппарата. В связи с этим наибольший исследовательский интерес представляет оптимизация формы внутренних каналов измельчителя.

Натурные эксперименты обычно не позволяют визуализировать течения в аппарате. В отличие от них численные методы позволяют, и визуализировать течения, и с высокой степенью точности изучить их характеристики.

На рисунке представлены результаты моделирования движения воздуха через вихревую мельницу.

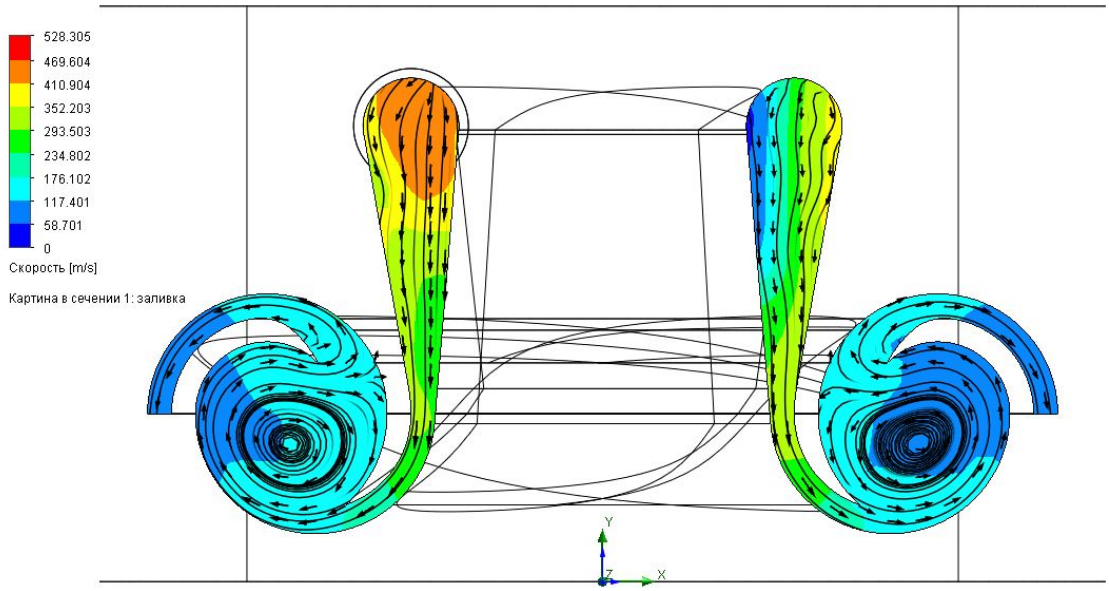


Рисунок – Поле скоростей в поперечном сечении

Моделирование осуществлялось в SolidWorks Flowsimulation, были заданы следующие параметр: объёмный расход на входе, давление на выходе, адиабатическая стенка, движущаяся среда - воздух. Полученные в численном эксперименте результаты позволили оптимизировать форму внутренних каналов.

ГИДРОДИНАМИКА ТЕЙЛОРОВСКОГО РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ В МИКРОКАНАЛАХ

Романова В.В.[1,2]

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры,
[2]Институт аналитического приборостроения Российской академии наук
e-mail: abiev.rufat@gmail.com

HYDRODYNAMICS OF TAYLOR FLOW REGIME FOR LIQUID-LIQUID SYSTEM IN THE MICROCHANNELS FOR

Romanova V.V.[1,2]

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[2]Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences

Одной из основных задач в процессе работоспособности микрореакторов является достижение и поддержание регулярного Тейлоровского режима течения, при котором за счет циркуляционного перемешивания как в дисперсной, так и в сплошной фазах достигается интенсификация массо- и теплообмена.

На основании разработанного ранее соосно-сферического диспергатора [1] была спроектирована и отлажена лабораторная экспериментальная установка, которая позволяет расширить диапазоны расходов, при которых наблюдается устойчивый и равномерный снарядный режим течения в системах н-бутанол-вода и стирол-вода (рисунок).

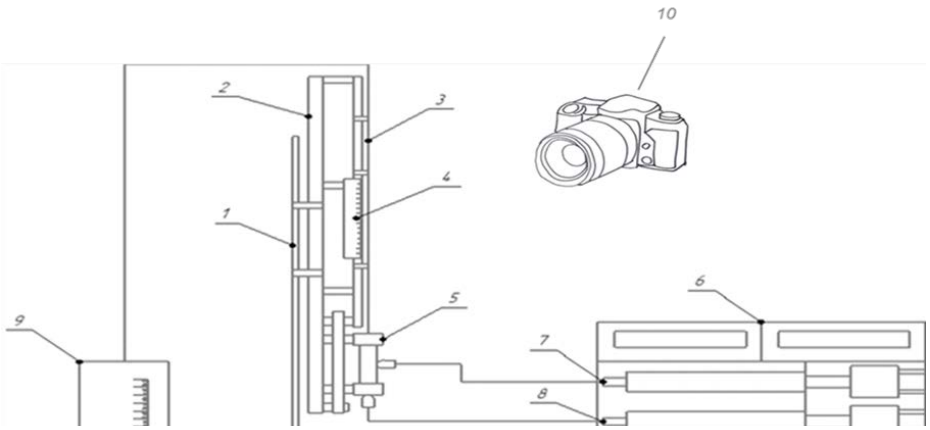


Рисунок – Схема экспериментальной установки:
1 – штатив; 2 – корпус установки; 3 – канал с внутренним диаметром 0,0015 м; 4 – линейка; 5 – Т-образный блок сопряжения трубок подвода фаз; 6 –шприцевой двухканальный насос; 7 – шприц для ввода сплошной фазы; 8 – шприц для ввода дисперсной фазы; 9 – сборник; 10 – цифровая фотокамера

В ходе экспериментов определен диапазон существования Тейлоровского режима течения в микроканале с соосно-сферическим диспергатором, установлена зависимость длины снарядов дисперсной и сплошной фаз в обеих исследованных системах в широком диапазоне капиллярных чисел.

Литература:

1. Абиев Р.Ш., Светлов С.Д. Режимы течения газожидкостной смеси в каналах микрофлюидных устройств при использовании смесителей (диспергаторов) соосного и соосно-сферического типов // Научное приборостроение. 2014. Т. 24. №. 4. С. 59- 66.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ВО ВРЕМЕНИ НАГРУЗКАХ

Скородумова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра механики

e-mail: skorodumova26060250@gmail.com

STUDY OF THE STRENGTH OF EQUIPMENT ELEMENTS MADE OF BRITTLE MATERIALS UNDER TIME-VARYING LOADS

Skorodumova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Изучение прочности элементов оборудования из хрупких материалов при переменных нагрузках - это важная задача для машиностроения, приборостроения, авиакосмической и других отраслей. Хрупкие материалы (стекло, керамика, композиты, некоторые полимеры) могут разрушаться при значительных переменных нагрузках или ударах, что приводит к снижению надёжности и безопасности оборудования.

Хрупкие материалы имеют ограниченные возможности по восприятию переменных нагрузок и подвержены быстрому разрушению при значительных амплитудах нагрузок или при наличии ударных воздействий. Это может привести к снижению надежности и долговечности оборудования, а также к возникновению аварийных ситуаций.

Для решения данной проблемы необходимо проведение следующих исследований:

– Анализ механизмов разрушения хрупких материалов под воздействием переменных нагрузок. Определение критических параметров, приводящих к разрушению, и разработка критериев прочности.

– Разработка методов расчета и проектирования деталей и конструкций из хрупких материалов, учитывающих специфику их поведения под переменными нагрузками.

– Экспериментальное исследование прочности образцов из хрупких материалов в условиях переменных нагрузок с использованием современного испытательного оборудования.

– Создание новых материалов с улучшенными характеристиками прочности и трещиностойкости, способных работать в условиях переменных и ударных нагрузок.

– Разработка конструктивных решений и технологий изготовления деталей и узлов из хрупких материалов с учетом специфики их прочности и пластичности.

– Внедрение результатов исследований в практику проектирования и изготовления оборудования из хрупких материалов для обеспечения требуемого уровня надежности и безопасности при переменных и ударных нагрузках.

– Подготовка специалистов в области прочности и проектирования конструкций из хрупких материалов.

Таким образом, решение данной проблемы позволит расширить области применения хрупких материалов и повысить эффективность и безопасность оборудования с использованием таких материалов.

АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ, С ДЕФЕКТОМ ЛОКАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Скородумова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра механики

e-mail: skorodumova26060250@gmail.com

ANALYSIS BASED ON THE FINITE ELEMENT METHOD FOR CALCULATING THE RESIDUAL STRENGTH OF EQUIPMENT OPERATING UNDER PRESSURE WITH A LOCAL AREA DEFECT

Skorodumova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При столкновении с оборудованием, работающим под давлением, с дефектом конструкции и последующим вопросом о том, подходит ли оборудование для непрерывной работы, ответ часто сводится к достаточной прочности. Однако прочность оборудования, работающего под давлением, никогда не определяется четко. Для того чтобы оборудование, работающее под давлением, с локальным дефектом тонкой области было допущено к дальнейшему использованию в эксплуатации, коэффициент остаточной прочности оборудования должен превышать 0,9.

Коэффициент остаточной прочности показывает, насколько сильно ухудшилась прочность материала после воздействия на него различных факторов, таких как температура, коррозия, механические нагрузки и т.д.

Коэффициент остаточной прочности можно рассчитать по формуле:

$$K = \frac{P}{P_0},$$

где K — коэффициент остаточной прочности, P — остаточная прочность материала, P_0 — исходная прочность материала.

Следовательно, точная оценка нагрузки на разрушение при остаточной прочности имеет огромное значение для оценки пригодности оборудования. В этом исследовании была разработана методология, основанная на метод конечных элементах, для получения точной оценки нагрузки на разрушение пластика. Необходимо установить в первую очередь, неповрежденный сосуд в качестве основной модели, а другая - окружающая область, охватывающая локальный дефект тонкой области, в качестве подмодели.

Нагрузки под давлением постепенно и непрерывно прикладываются к основной модели с помощью этапов нагружения, пока модель больше не сможет выдерживать, а нагрузка на разрушение пластика – это максимальная нагрузка, которую конструкция может безопасно выдержать. Затем данные на границах разреза из основной модели передаются в подмодель, и расчет возобновляется с теми же шагами нагружения, пока не будет получен остаточная прочность в тонкой области. Затем коэффициент остаточной прочности определяется как остаточная прочность сосуда с локальной тонкой областью по сравнению с исходным сосудом, не имеющим повреждений

Таким образом, можно использовать коэффициент остаточной прочности в качестве показателя для оценки пригодности оборудования. Он применяется для определения того, разрешена ли работа в режиме поломки оборудования на определенный срок или требуется незамедлительный ремонт, что является подходом, основанным на методе конечных элементов.

ВЛИЯНИЕ УСТРОЙСТВА ВИБРОКАВИТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ

***Усачева У.О.*[1], *Гилевская О.В.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, [2]кафедра процессов и аппаратов химической технологии

e-mail: ul.usa4eva@yandex.ru, olga4er@gmail.com

THE INFLUENCE OF THE DEVICE OF THE VIBRATION-CAVITATION MIXER ON THE EFFICIENCY OF PREPARATION OF SUSPENSIONS

Usacheva U.O., Gilevskaya O.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Использование виброкавитационного смесителя позволяет оптимизировать классическую технологию приготовления суспензий, поскольку сокращается время механохимической активации и исключается попадание посторонних примесей, таких как фарфоровый намол. В результате проведения процессов диспергирования и гомогенизации уже на 5 минуте можно получать качественную суспензию (размер частиц от 1 до 10 мкм), пригодную для нанесения на металлическую или керамическую основу или в качестве исходного материала для изготовления пасты, годной для формования. Данный эффект достигается при прохождении суспензии через отверстия в дисках в результате вихреобразования, прерывного течения и кавитации. Во время вихреобразования создаются условия возникновения и роста кавитационных пузырьков, что одновременно с резким изменением сечения канала позволяет достичь высокой степени перемешивания.

Упомянутый смеситель (рисунок) состоит из корпуса 1 с крышкой 2. В корпусе установлен статор 3 с тремя рабочими элементами. В нижней части корпуса на одной оси с входным патрубком 4 размещен вращающийся вал 5. В верхней части вала 5 закреплен ротор, представляющий собой диск 6, снабженный двумя рядами съемных колец с рабочими элементами. Ротор имеет лопасти 7, размещенные в центре диска и предназначенные для подачи обрабатываемой композиции на рабочие элементы [1].

Применение данного аппарата приводит к снижению временных и эксплуатационных затрат. Дальнейшие исследования полученных суспензий позволят получить более высококачественные материалы.

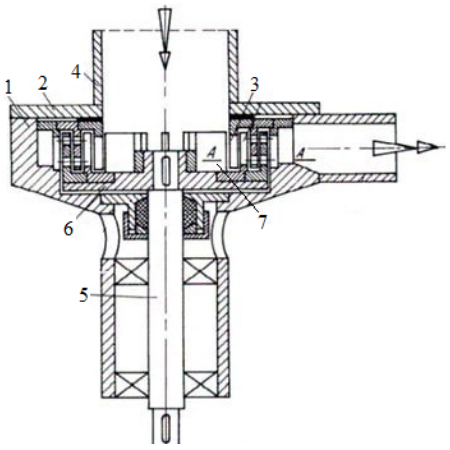


Рисунок – Схема установки виброкавитационного смесителя

Литература:

1. Виброкавитационный смеситель: пат. 2081692 Рос. Федерация. № 94007140/25; заявл. 24.02.1994: опубл. 20.06.1997. 6 с.

РАЗДЕЛ III.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ



СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ 5-АРИЛИДЕНАМИНОУРАЦИЛОВ

Александрова А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ,

e-mail: an.aleksan91@gmail.com, kruerk@yandex.ru

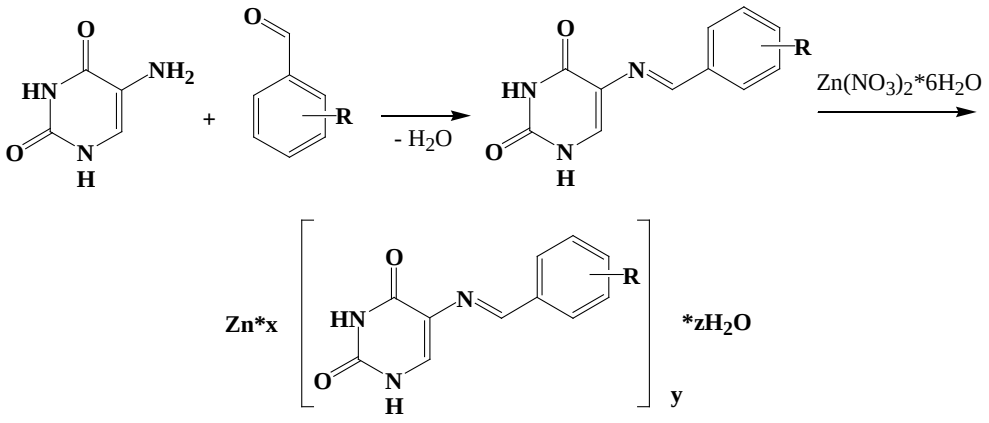
SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF COMPLEX COMPOUNDS BASED ON 5-ARYLIDENAMINOURACILS

Aleksandrova A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В продолжение работ по поиску новых потенциальных противомикробных и противогрибковых агентов был синтезирован ряд металлокомплексов на основе 5-арилиденаминоурацилов.

Комплексы производных 5-арилиденаминоурацилов были получены с хорошими выходами путем конденсации 5-аминоурацила с различными альдегидами, с последующим добавлением $Zn(NO_3)_2$.



I

R = 3-NO_2(а), 2-OH-3,5-Cl_2(б), 4-NO_2(в), 2-Cl(г)

Для комплексов, полученных из шестиводного нитрата цинка, характерно смещение азометинового протона в слабую область (C**H**=N – 9.99). Это говорит о вовлечении группы CH=N в хелатирующий комплекс. На примере соединения *Ia* видно, что один из протонов группы NH (N_1**H**) урацильного кольца пропадает совсем, а второй смещается в слабое поле (N_3**H** – 11.02).

Биологические тесты показали, что высокую активность по отношению к *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* и *Aspergillus niger* проявил комплексы на основе 5-(2-гидрокси-3,5-дихлорбензилиден)-аминопиримидин-2,4(*1H,3H*)-диона и 5-(2-гидрокси-3,5-дийодбензилиден)-аминопиримидин-2,4(*1H,3H*)-диона, способных вызывать гибель дрожжеподобных бактерий на 100 % в концентрациях 50 мкг/мл и менее.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002).

ТРИАЗОЛ-СОДЕРЖАЩИЕ ПНК КАК ПРОТИВОВИРУСНЫЕ АНТИСМЫСЛОВЫЕ АГЕНТЫ

Ворона С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений

e-mail: s.vorona@bk.ru

TRIAZOLE-CONTAINING PNA AS ANTIVIRAL ANTISENSE AGENTS

Vorona S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Целью данной работы является исследование взаимодействия конформационно затрудненных пептидных нуклеиновых кислот (ПНК) с консервативными участками РНК вируса SARS-CoV-2, т.к. ПНК являются потенциальными антисмысловыми противовирусными агентами.

Было предпринято много попыток ограничить гибкость олигомеров ПНК циклическими фрагментами [1], некоторые из них приводили к повышению селективности связывания с РНК по сравнению с ДНК [2]. Известно, что 1,4-триазольное кольцо является биоизостером *транс*-амидной связи при образовании пептидов. Кроме того, уже сообщалось о ДНК, содержащей триазольную связь вместо фосфатной. Было сделано предположение, что триазольная замена амидной связи в основной цепи ПНК не только снизит конформационную подвижность олигомера, но и облегчит его синтез благодаря реакции «клик»-циклоприсоединения [3].

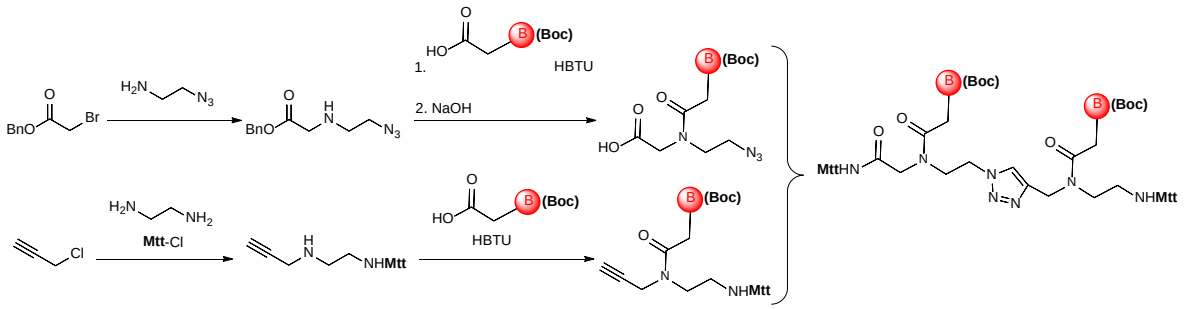


Схема – ПНК с триазольным линкером

Сначала были синтезированы соответствующие азид-содержащие и алкин-содержащие мономеры (схема). Олигомеры ПНК были получены на основе стандартной процедуры твердофазного пептидного синтеза. Циклоприсоединение проходило с количественным выходом в смеси NMP: вода (10: 1) при комнатной температуре в течение 12 часов с 7,5 эквивалентами алкинового мономера в присутствии сульфата меди, лиганда TBTA и аскорбиновой кислоты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 22-73-00328.

Литература:

1. Nielsen P.E. *Chem. Biodivers.*, **2010**, *7*, 786-804.
2. Suparpprom C., Vilaivan T. *RSC Chem. Biol.*, **2022**, *3*, 648-697.
3. Chouichi D., Barluenga S., Winssinger N. *Chem. Commun.*, **2010**, *46*, 5476-5478.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ОТНОШЕНИИ РЕСПИРАТОРНО-СИНЦИТИАЛЬНОГО ВИРУСА

Орлова А.А., Билятдинова Е.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

email: orlova.anastasia0704@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE ACTIVITY OF EXPERIMENTAL DRUGS AGAINST RESPIRATORY SYNCYTIAL VIRUS

Orlova A.A., Bilyatdinova E.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Респираторно-синцитиальный вирус (РСВ) является основной причиной детской госпитализации и респираторного дистресса и признан серьезным бременем для здоровья и экономики во всем мире [1]. РСВ может использовать иммунитет хозяина и вызывать сильную воспалительную реакцию, которая приводит к повреждению легких и распространению вируса. Но также, несмотря на то, что большинство первичных и тяжелых инфекций происходит в раннем детстве, РСВ все чаще признается в качестве распространенной причины респираторных заболеваний у взрослых [2].

В связи с этим, вопрос о препаратах, вакцинах, методах диагностики и лечения РСВ стоит особо остро. Эффективные, доступные и универсальные пути решения проблемы, несмотря на обширные исследования, все ещё не найдены. Таким образом, разработка средств профилактики и лечения респираторно-синцитиальной инфекции является важной задачей мирового здравоохранения.

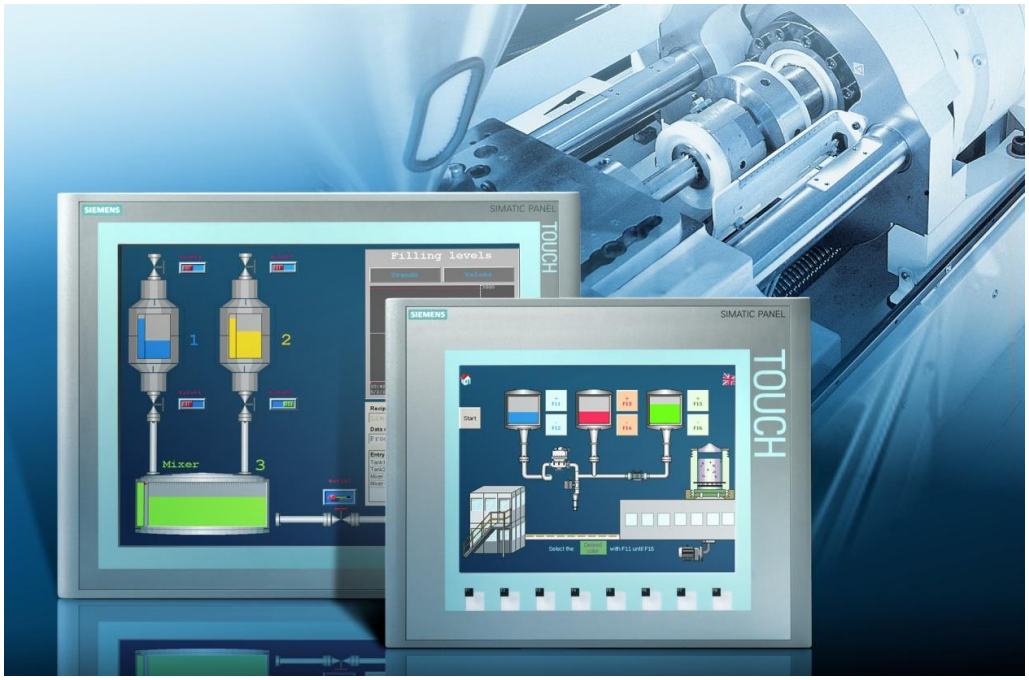
С целью поиска соединений, которые могут послужить основой для создания лекарственных средств в отношении РСВ, было проведено исследована противовирусная активность следующих групп соединений: производные триазола и пиразола, высокомолекулярные соединения, экстракт красного корня. Показано, что препараты группы производных триазола и пиразола не проявляют противовирусной активности в отношении респираторно-синцитиального вируса. В то же время, высокомолекулярные соединения продемонстрировали высокий уровень противовирусной активности. Комбинированный препарат, содержащий одно из высокомолекулярных соединений и экстракт красного корня, продемонстрировал кумулятивный противовирусный эффект, превышающий таковой для каждого компонента по отдельности.

Литература:

1. Respiratory syncytial virus infection and immunity / P.A. González [et al.] // Reviews in medical virology. - 2012. - №22(4). - P. 230-244.

2. Nam, H.H. Respiratory syncytial virus infection in adults / H.H. Nam, M.G. Ison // BMJ (Clinical research ed.). - 2019. - №366 l5021

РАЗДЕЛ IV.
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПРИБОРЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ



СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРЕНАСТРОЙКЕ ЭКСТРУДЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛЕНОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Полосин А.Н., Азаров Д.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: polosin-1976@mail.ru

STRUCTURE OF A SOFTWARE PACKAGE FOR TRAINING IN CHANGEOVER OF EXTRUDERS IN FILM PRODUCTION USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

Polosin A.N., Azarov D.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Каландровые производства полимерных пленок (ПП) являются непрерывными, характеризуются широким ассортиментом ПП по рецептуре, толщине, ширине, и, как следствие, частыми переходами на новые типы ПП. Стадия подготовки экструдата, формуемого в ПП, имеет важную роль в формировании потребительских характеристик ПП: производительность экструдера определяет толщину; качество экструдата влияет на число дефектов – черных точек. Поэтому обучение управлению экструдерами при перенастройке производства имеет решающее значение для обеспечения требуемого качества ПП. Трендом развития тренажеров является применение математических моделей (ММ) объектов изучения (ОИ), позволяющих реализовать активное обучение, и иммерсивных технологий, в частности, технологий виртуальной реальности (VR), обеспечивающих достоверную имитацию реальных ОИ с погружением обучаемых в смоделированное технологическое окружение, в котором им предстоит работать. Таким образом, актуальна разработка программного комплекса (ПК), включающего ММ и VR-симулятор процесса экструзии (ПЭ) и позволяющего обучать выбору управляющих воздействий (УВ) на экструдеры при переходе каландровых линий на новые типы ПП.

ПК решает следующую задачу обучения: для сценария обучения $S_{TR} = \{i_{PL}, T_{PF}, \tau_{TR}\}$ варьированием УВ в регламентных диапазонах $U = \{N, T_{Bk}, k = 1, \ldots, n_T\} \subset [U^{min}; U^{max}]$ найти (в течение времени обучения τ_{TR}) значения УВ, при которых выполняются ограничения на выходные параметры ПЭ $G \geq G_0$, $I_D \leq I_D^{max}$, $\bar{\gamma} \geq \gamma^{min}$. Здесь i_{PL} – номер линии на заводе, T_{PF} – тип ПП, характеризуемый типом полимера T_{POL}, толщиной δ_0 и шириной w_0, предельным числом черных точек η_{BP}^{max} на заданной площади, N, T_{Bk} – частота вращения шнека и температура k-й тепловой зоны корпуса экструдера, G – производительность, I_D, $\bar{\gamma}$ – индекс термодеструкции и степень смешения экструдата. ПК включает модуль задания сценария обучения, банк данных (БнД) характеристик ПЭ, подсистему расчета выходных параметров, модуль протоколирования обучения, интерфейс обучаемого (ИО) и инструктора. БнД формирует входные параметры ПЭ $X = \{\Gamma_{EXT}, H_{POL}\}$ (Γ_{EXT} – геометрические параметры экструдера марки M_{EXT} линии i_{PL}, H_{POL} – параметры свойств полимера типа T_{POL}), пороговые значения (ПЗ) УВ $\{U^{min}, U^{max}\} = \Phi_U(M_{EXT}, T_{POL})$ и выходных параметров ПЭ $\{G_0, I_D^{max}, \gamma^{min}\} = \Phi_Y(T_{PF})$. По ММ ПЭ, выбранной из библиотеки ММ по типу экструдера, вычисляются выходные параметры $Y = F(X, U, A)$, где $A = \Phi_A(M_{EXT}, T_{POL})$ – настраиваемые коэффициенты ММ [1]. Базовым элементом ИО является интерактивная 3D модель пульта управления экструдером для задания УВ U и графической визуализации зависимостей выходных параметров Y от УВ с отображением ПЗ. В протоколе фиксируются отклонения достигнутых значений выходных параметров от ПЗ. Тестирование ПК по данным ПЭ в промышленном производстве упаковочных ПП на основе ПВХ подтвердило его работоспособность.

Литература:

1. Чистякова Т.Б., Полосин А.Н. // Вестник ЮУрГУ. ММиПр. 2019. № 4. С. 5-28.

ИНТЕГРАЦИЯ IOT И БЛОКЧЕЙНА В АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ананченко И.В.*, *Ал-Хуссеини М.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: anantchenko@yandex.ru, Muhammad.alhusseiny@yandex.ru

INTEGRATION OF IT AND BLOCKCHAIN IN AUTOMATION AND INFORMATIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Ananchenko I.V.*, *Al-Husseini M.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

С развитием цифровой эры технологии интернета вещей (IoT) и блокчейна стали ключевыми элементами инноваций в различных отраслях промышленности. В частности, их потенциал в автоматизации и информатизации технологических процессов представляет особый интерес для исследователей и практиков. IoT предоставляет возможность для устройств собирать, обмениваться и анализировать данные в реальном времени, что способствует оптимизации производственных процессов и повышению эффективности работы оборудования. Однако с увеличением объема данных возрастает и необходимость в их безопасном хранении и обработке. Здесь на помощь приходит блокчейн, технология, которая обеспечивает прозрачность, неподдельность и безопасность данных.

Смарт-контракты, работающие на базе блокчейн, предлагают автоматизированные решения для выполнения различных условий контракта без необходимости в посредниках [1]. Это может существенно улучшить эффективность и надежность технологических процессов, особенно в областях, где требуется быстрое и автоматическое выполнение условий. Кроме того, интеграция IoT и блокчейна может привести к созданию новых бизнес-моделей и стратегий в различных отраслях промышленности [2]. Например, в строительстве блокчейн может обеспечивать прозрачность и следимость за поставками материалов, в то время как IoT устройства могут мониторить и контролировать качество строительства [3].

Интеграция IoT и блокчейна в автоматизации и информатизации технологических процессов открывает новые горизонты для исследований и практического применения, обещая принести революцию в современные производственные процессы.

Подводя итоги, отметим, что в 2023 году блокчейн в промышленности становится одним из главных инструментов хранения и передачи данных, а государства и компании активно внедряют технологию в бизнес [4], в том числе для автоматизации и информатизации технологических процессов.

Литература:

1. Blockchain characteristics and consensus in modern business processes
2. Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction
3. Public and private blockchain in construction business process and information integration https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580520301886
4. Современное состояние и перспективы развития интернета вещей (IoT) в разных отраслях промышленности. Ананченко И.В., Ал-Хуссеини М.Д. В сборнике: World science: problems and innovations. Сборник статей LXX Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 33-36.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФУТЕРОВОК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТОВ

Архипов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: arhipovartem509@gmail.com

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SELECTION OF REFRACTORY MATERIALS FOR LININGS OF HIGH TEMPERATURE UNITS

Arkhipov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Огнеупоры составляют ведущую промышленную группу функциональных высокотемпературных неметаллических материалов. Роль огнеупоров исключительно важна в технологическом отношении с точки зрения функционирования высокотемпературных устройств, конструкций, аппаратов, агрегатов и рационального использования энергии, сокращения потерь и расхода тепла, топлива, электроэнергии. Огнеупорами выполняют: футеровки тепловых агрегатов металлургии, элементы конструкций регулирования расхода и дозирования расплавов стали, чугуна; элементы транспортных систем высокотемпературных агрегатов, машин, аппаратов; устройства для высокотемпературных исследований и др. Технический ресурс огнеупорных элементов футеровок тепловых агрегатов во многом определяет эффективность самих металлургических производств [1]. Таким образом, актуальной является задача разработки системы поддержки принятия решений (СППР), позволяющей технологу на основе реляционной базы данных огнеупорных материалов и их свойств, а также на основе продукционной базы знаний о применимости огнеупоров осуществлять выбор и исследование огнеупорных материалов для эксплуатации в зонах футеровок высокотемпературных агрегатов, для проведения ремонтов в процессе эксплуатации агрегатов, для наведения шлака, а также для ведения процесса плавки.

СППР разработана на основе клиент-серверной архитектуры в виде веб-приложения и включает: настраиваемую базу данных огнеупорных материалов футеровок высокотемпературных агрегатов, модуль выбора огнеупорных материалов в зависимости от типа агрегата, зоны рабочего слоя футеровки, назначения (эксплуатация, ремонт, ведение процесса и др.), модуль исследования состава и физико-химических свойств огнеупорных материалов, модуль визуализации результатов исследования в виде таблиц, графиков (диаграмм), изображений футеровок агрегатов. Клиентская часть СППР содержит интерфейсы пользователей (технолога и администратора), а сервер приложений содержит основные модули СППР. Сервер баз данных обеспечивает хранение и управление базой данных огнеупорных материалов футеровок высокотемпературных агрегатов и продукционной базы знаний о применимости огнеупоров.

Для реализации программного обеспечения СППР использовались следующие программные средства: языки программирования JavaScript и SQL, программная платформа Node.js, редактор программного кода Visual Studio Code, СУБД MySQL. Проведенное тестирование СППР на примере выбора и исследования огнеупорных материалов футеровки кислородного конвертера по данным ЧерМК подтвердило работоспособность и возможность использования на металлургических предприятиях.

Литература:

1. Суворов, С. А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов: Учебное пособие. / С. А. Суворов, В. В. Козлов, Н. В. Арбузова. – СПб: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 133 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «СИРИУС» СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Белоусова О.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра математики

e-mail: onb@ngs.ru

INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM «SIRIUS» FOR STATISTICAL ANALYSIS OF PALEOMAGNETIC RESEARCH DATA

Belousova O.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Палеомагнитная диагностика (палеомагнитный анализ) основана на изучении естественной остаточной намагниченности (нахождение палеомагнитного определения) горных пород, возникших при их образовании под действием магнитного поля Земли. Для решения возникающих диагностических задач, связанных с определением векторов остаточной намагниченности в образцах геологических пород из специально отобранных коллекций, создана и совершенствуется информационно-вычислительная система «Сириус».

Необходимость разработки такого комплекса и его дальнейшее развитие стимулируется растущими потребностями наук о Земле в вычислительном и информационном обеспечении, постоянным повышением требований к этому обеспечению. Эти требования в основном могут быть сформулированы следующим образом:

1. достаточная универсальность, гибкость и открытость в смысле оперативного использования последних достижений в развитии компьютерных и информационных технологий;
2. учет специфики постоянных изменений в интерпретации данных;
3. максимальная простота в эксплуатации для пользователя (геолога, геофизика).

Одна из важных задач, требующих своего решения, - это обеспечение диалога с пользователем на привычном для него языке (использование привычных обозначений, способа представления исходной информации, часто весьма неудобной для программирования, представление результатов в виде образов, традиционно используемых в геологической, палеомагнитной практике).

Разработанная система статистического анализа палеомагнитных данных позволяет обрабатывать как реальные палеомагнитные коллекции, так и синтезированные, например, с помощью бутстрап-процедуры. С ее помощью возможна обработка реальных палеомагнитных коллекций как с помощью стандартных, чаще применяемых, методов исследований (метод максимального правдоподобия – ММП), так и с помощью χ^2-критерия.

Программный комплекс представляет собой клиентское приложение Win32, работающее на компьютерах не слабее i486. В качестве интерфейса использован MDI (multidocumental interface - многодокументальный интерфейс). Математическая обработка данных производится в режиме реального времени.

АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ФИЛАМЕНТНОМ 3D-ПРИНТЕРЕ

Бовчурова И.П.*, *Петров Д.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: bovchurova-irina@rambler.ru, diamond11187@mail.ru

STRUCTURE OF A WEB APPLICATION FOR LEARNING HOW TO CONTROL THE PROCESS OF MANUFACTURING POLYMER PRODUCTS ON A 3D FILAMENT PRINTER

Bovchurova I.P.*, *Petrov D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время идет активное развитие технологии 3D-печати, которая применяется во многих сферах деятельности: машиностроении, медицине, строительстве, экспериментальной и научной деятельности. Кроме того, переработка полимерных отходов в материалы для 3D-печати эффективно с точки зрения экологической безопасности [1]. Поэтому в промышленности FDM-изделий все чаще используется вторсырье. Для изготовления качественных полимерных изделий важно структурированное и комплексное обучение аддитивному производству.

Веб-приложение для обучения управлению процессом изготовления полимерных изделий имеет трехуровневую архитектуру и включает клиентский уровень, веб-сервер и сервер баз данных. Графический интерфейс настроен для работы трех категорий пользователей: «Администратор», «Преподаватель» и «Обучаемый».

Преподаватель управляет курсами и обучающими материалами в их составе. В рамках курса возможно создание тестов, состоящих из вопросов с единичным выбором ответа, множественным выбором и открытым ответом, а также практические задания. Преподаватель проверяет практические задания и оценивает их, просматривая протоколы обучения. Также преподаватель назначает обучающимся курсы для прохождения.

Обучаемый просматривает материалы курса, проходит тестирование и в режиме практики в модуле расчета механических характеристик изделий определяет входные и варьируемые параметры 3D-печати по экспериментальной модели на основе библиотеки математических моделей [2].

Веб-сервер включает модуль работы с базой данных, модуль редактирования учетных записей, учебных материалов, модуль клиент-серверного взаимодействия, модуль генерации страниц с динамическими данными, модуль передачи статических данных. Сервер баз данных включает реляционную базу данных параметров 3D-принтеров, материалов для FDM-печати, курсов, обучающихся, учетных записей, обучающих материалов, тестов, математических моделей для расчета механических свойств изделий. Приложение-клиент разрабатывается на языке JavaScript, веб-сервер построен на основе Node.js с использованием фреймворка Express. В качестве СУБД используется MariaDB.

Литература:

1. Яблуновский, И.А. Общая оценка возможности переработки пластиковых отходов в филамент для 3D-печати / И.А. Яблуновский // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. – 2022. – №5. – С. 150–153.

2. Николаева, Е.В. Анализ влияния параметров 3D-печати на физическую и химическую прочность изделия / Е.В. Николаева, Д.Н. Петров // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции магистрантов «Science and Technology: XXI century advanced» на английском языке. 3 марта 2022 – С. 14.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ФИЛАМЕНТНОЙ 3D-ПЕЧАТЬЮ

Бовчурова И.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: bovchurova-irina@rambler.ru, diamond11187@mail.ru

MATHEMATICAL SUPPORT OF AN AUTOMATED TRAINING SYSTEM FOR CONTROLLING FILAMENT 3D PRINTING

Bovchurova I.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время 3D-печать активно используется как для производства конечных изделий, так и для изготовления форм для литья и прототипирования. Однако нередко возникают дефекты печати, из-за которых изделие не пригодно для эксплуатации, утилизируется или перерабатывается для рециклинга, что влечет за собой материальные и временные издержки.

Для прогнозирования свойств полимерных изделий активно исследуется зависимость качества FDM-продукции от входных и варьируемых параметров, с построением математических моделей [1]. Поэтому актуальна разработка программного модуля активного обучения автоматизированной системы обучения управлению филаментной 3D-печатью (ПМАО), позволяющего планировать активное комплексное обучение управлению процессом синтеза FDM-изделий на основе регрессионных моделей.

ПМАО использует реляционную базу данных, включающую свойства филаментов, параметры 3D-принтеров и математические модели. Основой ПМАО является библиотека математических моделей, представляющих двухфакторные зависимости с эмпирическими коэффициентами $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_N$. Например, зависимость предела прочности на сжатие F от температуры экструзии T_E и процента заполнения изделия P_F представлена ниже [2].

$$F = a_0 + a_1 \cdot T_E + a_2 \cdot P_F + a_3 \cdot T_E P_F + a_4 \cdot T_E^{\,2} + a_5 \cdot P_F^{\,2} + a_6 \cdot T_E^{\,2} P_F + a_7 \cdot T_E P_F^{\,2} + a_8 \cdot T_E^2 P_F^2$$

Масса полимерного изделия m_E рассчитывается по формуле:

$$m_E = a_0 + a_1 \cdot T_E + a_2 \cdot P_F + a_3 \cdot T_E P_F + a_4 \cdot T_E^{\,2} + a_5 \cdot P_F^{\,2}$$

Вышеуказанные зависимости получены на филаментном 3D-принтере UP! 3D Printer mini и материале ABS. Для отдельного оборудования и филамента требуется синтез индивидуальных зависимостей, что является основным недостатком эмпирических моделей, но из-за простоты и низкого ресурсопотребления они применяются в задачах обучения управлению технологическим процессом при доказанной адекватности в указанных диапазонах независимых переменных.

Литература:

1. Николаева, Е.В. Анализ влияния параметров 3D-печати на физическую и химическую прочность изделия / Е.В. Николаева, Д.Н. Петров // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции магистрантов «Science and Technology: XXI century advanced» на английском языке. 3 марта 2022 – С. 14.

2. Николаева, Е.В. Математическая модель для исследования влияния параметров 3D печати на механические свойства FDM-изделий при химической постобработке / Е.В. Николаева, Д.Н. Петров, Т.Б. Чистякова // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2022. – Т. 12. – С. 161-165. DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2022_12_161. – EDN SACJEC.

ПРОБЛЕМА МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Болдин Н.С.*, *Куркина В.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности
e-mail: nikolajboldin1@gmail.com

THE PROBLEM OF UPGRADING THE SOFTWARE OF LABORATORY COMPLEXES

Boldin N.C.*, *Kurkina V.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проблема модернизации старого программного обеспечения для лабораторных комплексов дисциплин кафедры автоматизации по-прежнему стоит остро. Эта проблема касается в первую очередь разработанных ранее под DOS программ лабораторных работ для дисциплин «Теория автоматического управления» и «Автоматизация технологических процессов и производств». Несмотря на грамотную теоретическую основу программ, они имеют устаревший интерфейс без использования мышки, неудобства запуска этих программ через программу DOSBox. Однако существенным достоинством этих программ являлось наличие примеров объектов в виде информативных технологических кадров, мониторинг контролируемых и регулируемых параметров на данном объекте, возможность реализовывать нештатные ситуации, обнаруживать их, прогнозировать их дальнейшее развитие и давать рекомендации по их устранению. Использование готовых программных комплексов таких, например, как Matlab, позволит решить теоретические задачи без представления о реальном объекте. Кроме того, программное обеспечение в этом случае разрабатывается практически с нуля.

Существует другой подход к модернизации устаревшего программного обеспечения. Большинство старых программ написаны на Паскале в среде Turbo Pascal. Программный комплекс может быть реализован в среде Delphi с использованием исходного кода старой программы. При этом могут быть сохранены и использованы база знаний, вид мнемосхем с возможностью эмуляции сигналов датчиков на объекте, организация основного меню. Именно таким образом решается поставленная проблема.

Одним из объектов, рассматриваемых в старых программах, является процесс обжига клинкера в производстве цемента сухим способом. Этот способ считается наиболее экономичным. Новый цементный завод в Сланцах работает именно по сухому способу и на ознакомительной практике студенты знакомятся с этим заводом и его производством. Таким образом, база данных может быть подкорректирована по информации завода в Сланцах.

В настоящее время ведутся работы по программированию с реализацией программного комплекса в среде Delphi. С использованием базы знаний программируется блок диагностики, разрабатывается система эмуляции любого сигнала печи обжига в виде полезной составляющей и ряда мешающих факторов – повышенного уровня шума, выбросов, монотонного дрейфа, сдвигов. Выбраны статистики для идентификации этих мешающих факторов. Разработан удобный интерфейс программы, продуман вид основного меню

Данная разработка может быть использована в лабораторном практикуме по следующим дисциплинам: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Мониторинг и диагностика технологических процессов», а также является основой для выпускной бакалаврской работы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БИБЛИОТЕК ВУЗОВ

Варлашина Е.В.*, *Макарова Л.Ф.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: evg65646345@yandex.ru, l.f.makarova@yandex.ru

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN THE BIBLIOGRAPHIC ACTIVITIES OF UNIVERSITY LIBRARIES

Varlashina E.V., Makarova L.F.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

С развитием интернет-технологий и появлением технологий искусственного интеллекта (ИИ) библиотеки сталкиваются с необходимостью ускорения и улучшения процессов обработки и предоставления информации. Рост интереса к системам ИИ на рынке и их широкое использование в различных сферах делают данную тему актуальной для библиотек ВУЗов.

Среди положительных сторон применения ИИ в библиографической деятельности следует отметить: рекомендательные системы на основе ИИ могут значительно улучшить опыт поиска и доступа к публикациям, повышая релевантность рекомендаций; чат-боты и виртуальные помощники на сайтах библиотек обеспечивают быстрый доступ к информации и решение пользовательских запросов в режиме реального времени; ИИ способен анализировать и обрабатывать большие объемы данных, помогая выявлять тенденции и особенности использования библиотечных ресурсов [1]. К отрицательным сторонам применения ИИ можно отнести следующее: использование систем ИИ в уточняющих, фактографических и адресных запросах требует осторожности и обязательной проверки результатов, так как точность ответов может быть недостаточной; создание собственных разработок библиотек с использованием ИИ, таких как рекомендательные сервисы и автоматическая классификация, может быть ресурсо- и трудоемким и требует наличия специалистов.

Таким образом, использование инструментов ИИ в библиографической деятельности библиотек ВУЗов является актуальным и перспективным направлением, способствующим улучшению доступа к знаниям и оптимизации работы библиотеки в целом. Интеграция модулей и сервисов на основе ИИ в уже существующие автоматизированные информационные системы позволит библиотекам ВУЗов эффективно адаптировать современные технологии в своей работе. Однако необходимо учитывать некоторые отрицательные стороны применения ИИ и стремиться к балансу между автоматизацией и качеством обслуживания пользователей.

Разработка интеллектуальной подсистемы программного комплекса по учету и классификации публикаций сотрудников ВУЗа повышает конкурентоспособность библиотеки и улучшает обслуживание пользователей. Проектируемый программный комплекс, используя продукционную модель представления знаний, путем анализа введенной фактографической информации определяет возможное название кафедры, если оно неизвестно, и на основе тематики и даты публикаций преподавателя относит его к той или иной кафедре или определяет годы работы преподавателя на определенной кафедре. Подсистема прошла тестирование по данным Фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ) о научных публикациях в области информатики и вычислительной техники и подтвердила свою работоспособность.

Литература:

1. Нещерет М.Ю. Цифровая библиография: библиотеки в поисках инновационных инструментов библиографической деятельности / Научные и технические библиотеки. – 2021. – № 1 (7). – С. 33-50.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СИНГУЛЯРНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Васильев В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: vvvas2001@mail.ru

PROSPECTS FOR APPLYING THE METHOD OF SINGULAR SPECTRAL ANALYSIS

Vasiliev V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Анализ и прогнозирование временных рядов набирает популярность в связи с ростом интереса к данной теме в области торговли биржевыми активами. На результат прогноза влияет корректный выбор метода обработки исходных данных, формирования модели адекватной процессу и выработки управляющей стратегии [1].

Одним из подходов к анализу временных рядов является метод сингулярного спектрального анализа SSA (singular spectral analysis).

Преимуществом SSA является его применимость для анализа многомерных временных рядов. Метод сингулярного спектрального анализа применяется при:

- анализе данных экономических показателей (курс валют, цена акций)
- мониторинге состояния технологических установок
- прогнозировании метеорологических данных (погоды)

Целью метода сингулярного спектрального анализа является выделение компонент, применимых для анализа временных рядов, таких как: колебательные компоненты, шумовая составляющая рядов наблюдений, трендовая составляющая.

В основе метода лежит декомпозиция ряда наблюдений на эмпирические компоненты EC (empirical components).

В результате можно сделать вывод, что метод SSA является мощным инструментом для выделения трендовой динамики и может применяться для:

- Краткосрочного прогнозирования;
- Прецедентного анализа, то есть использования исторических значений, близких к вектору текущего состояния, для оценки траектории текущего состояния и последующего прогнозирования.

Литература:

1. Makshanov A. Analyzing and forecasting financial series with singular spectral analysis / A. Makshanov, A. Musaev, D. Grigoriev // Dependence Modeling, vol. 10. – 2022. – PP. 215-224.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ЧЕРЕЗ ТЕРМИНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Васильев В.В.*, *Мусаев Ан.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и ИТ
e-mail: vvvas2001@mail.ru

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF FORECASTING ALGORITHMS STATES OF NON-STATIONARY PROCESSES THROUGH TERMINAL INDICATORS OF MANAGEMENT QUALITY

Vasiljev V.V.*, *Musaev An.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Характерной чертой любых открытых систем, в том числе и систем управления нестационарными процессами, является наличие случайных возмущающих воздействий со среды погружения, обусловленных множеством трудно прогнозируемых факторов. При этом в каждый момент времени тот или иной фактор, часто имеющий латентный характер, может оказаться доминирующим, что приводит к возникновению множества явно выраженных локальных трендов. Наличие таких трендов, а также больших участков рядов наблюдений, динамические свойства которых представляют собой колебательный непериодический процесс, разрушает совокупность традиционных ограничений, в рамках которых статистические оценки отвечают свойствам состоятельности, эффективности и несмещенности. В частности, имеются в виду такие свойства наблюдаемых процессов, как стационарность шумовой составляющей, независимость линейных приращений, нормальности (или гауссовость) вариаций значений и др.

Задача состоит в том, чтобы оценить возможность применения алгоритмов прогнозирования, формируемых на основе традиционных методов статистического синтеза, к задаче управления для нестационарной среды погружения. С этой целью в рамках проведенных исследований разработана методика, основанная на общей теории оценивания эффективности информационных технологий, изложенная, например, в [1].

Представленная в докладе методика с применением сегментации области изменения изучаемого случайного процесса позволяет построить наглядную, хорошо визуализируемую систему анализа эффективности применяемых прогностических моделей. В частности, для иллюстрации предложенного анализа эффективности прогнозирования показано, что использование линейного экстраполятора не позволяет получить устойчивое решение поставленной задачи управления в силу высокой степени разброса исходных данных и нестабильности возмущающих воздействий. Отсюда возникает рекомендация об использовании процедур последовательной фильтрации и восстановления системной составляющей наблюдаемого процесса. Однако, применение сглаженной кривой также не всегда позволяет убедительно подтвердить эффективность экстраполяционного прогноза для нестационарных процессов. Отсюда возникает вывод о необходимости многостороннего анализа изучаемых процессов. Наиболее перспективным направлением в развитии задачи автоматического управления в нестационарных средах погружения, по-видимому, является разработка программных роботов на основе мультиэкспертных систем.

Литература:

1. Юсупов Р.М., Мусаев А.А. К оцениванию эффективности информационных систем. Методологические аспекты // Информационные технологии. 2017. Том 23. №5. С. 323-332.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ТЕСТИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Володина Л.А.*, *Проститенко О.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: lilya.volodina.01@bk.ru

IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION USING A SOFTWARE FOR TESTING STUDENTS

Volodina L.A.*, *Prostitenko O.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современная система образования испытывает потребность в внедрении новых методов учета и анализа результатов учебного процесса. Традиционные подходы к оценке знаний студентов оказываются недостаточно эффективными в условиях быстро меняющегося образовательного пространства. Поэтому становится крайне важным разрабатывать и внедрять программные решения, которые помогут педагогам проводить надежный и всесторонний анализ учебного процесса [1].

Разработка программных комплексов тестирования помогает справиться с возрастающим объемом информации и увеличивающимися группами обучающихся. Такие комплексы способны проводить одновременное тестирование большого числа студентов и обрабатывать результаты в автоматическом режиме, что значительно экономит время и ресурсы. Интерактивный и дружественный интерфейс способствует повышению мотивации студентов и активизации их учебной деятельности.

Для эффективного проведения тестирования и анализа результатов обучения студентов был разработан программный комплекс, функциональная схема которого представлена на рисунке.

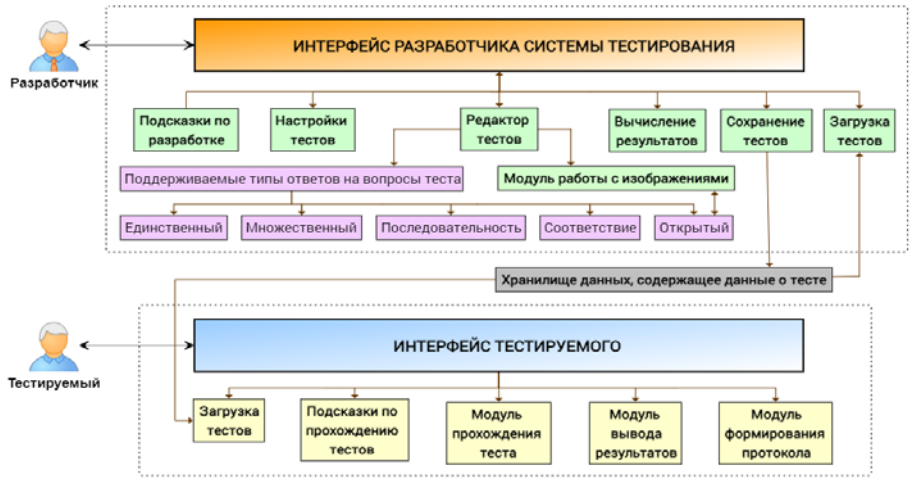


Рисунок – Функциональная схема комплекса

Результатом работы стало создание программного комплекса, который обеспечивает эффективное тестирование и оценку знаний обучающихся. Таким образом ожидается улучшение процесса обучения, сокращение времени, затрачиваемого на проверку и анализ результатов тестирования, а также повышение объективности и надежности оценок студентов.

Литература:

1. Проститенко, О.В. Разработка программно-информационной среды тестирования обучающихся / О.В. Проститенко, И.С. Волков // «Неделя науки-2022» (с международным участием). – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 20-22.04.2022. -С. 201.

ИЗУЧЕНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Гизлер Н.Н., Шаляпина О.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра математики

e-mail:ngizler1953@mail.ru, sur@nm.ru

THE STUDY OF THE PATHOLOGICAL FOUNDATIONS OF BRONCHIAL ASTHMA BY STATISTICAL METHODS SIMULATIONS

Gizler N.N., Shaliapina O.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На протяжении работы мы находимся в рамках системы двух уравнений:

$$\begin{cases} \left(H + \dfrac{\partial}{\partial t}\right)\varphi = 0 \\ Lx = 0 \end{cases}$$

Первое уравнение этой системы известно как диффузионное, второе – как информационное уравнение (по аналогии с фишеровским количеством информации). Исходя из конкретных поставленных в работе задач, первое уравнение мы будем называть уравнением пространственного саногенеза (решением его является переходная плотность вероятностей). Второе уравнение системы назовем уравнением временного саногенеза (решение этого уравнения – ковариационная функция).

Задача математического моделирования течения некоторых типов заболеваний приводит исследователя к необходимости рассматривать в совокупности как статическую (пространственную), так и динамическую (временную) картину процессов. Так, например, при изучении нами процесса гликогенолиза (гликоген – животный крахмал) из решения уравнения пространственного саногенеза (статическая картина) следует, что количество гликогена в клетке оказывается распределенным по бэта-закону. Возникает задача определения динамики количества гликогена, то есть – временной картины процесса. В итоге выяснилось, что временной саногенез выражается через эллиптические функции. Такое одновременное рассмотрение пространственного и временного описания процесса дало общую математическую трактовку исследуемого процесса, что позволяет перейти к диагностике такого заболевания, как бронхиальная астма [1].

В работе дается согласование уравнений системы с помощью введения параметров. Если процесс стационарный, то система переходит в систему однородных дифференциальных уравнений второго порядка.

Литература:

1. Барт А.Г. Анализ медико-биологических систем: Метод частично обратных функций. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2002. - 280с.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛАТЕНТНЫХ ЗНАНИЙ ИЗ ПОТОКА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

***Голубев А.В.*[1], *Григорьев Д.А.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и ИТ,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра информатики*

e-mail: gav22504015@mail.ru

NEURAL NETWORK ALGORITHMS FOR AUTOMATIC EXTRACTION OF LATENT KNOWLEDGE FROM A STREAM OF TEXT INFORMATION

***Golubev A.V.*[1], *Grigoryev D.A.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Saint-Petersburg State University*

Одной из особенностей решения задачи автоматического извлечения знаний их текстовых документов является необходимость обработки сообщений, в которых содержательная часть теста представлена в неявной, завуалированной форме. Латентная форма информации характерна для ситуаций, в которых авторы неуверенны в своих выводах, однако желают сохранить свою репутацию профессионального эксперта, используя лингвистическую неоднозначность представления сведений. Историческим примером такой формы представления информации являются откровения греческих пифий в Дельфийском оракуле. Нечто подобное можно легко найти в регулярных аналитических сообщениях с предсказаниями погоды или котировок рыночных активов. В подобных случаях традиционные текстовые анализаторы, основанные на априорно выделенных признаках контента, не позволяют получить требуемые заключения. Для решения этой проблемы в подобных ситуациях переходят к анализу тональности текстовых сообщений с использованием расширенного словаря поисковых признаков, охватывающему целый сегмент коррелированных понятий. Задача решалась на примере спекулятивного управления финансовыми активами в процессе дневного трейдинга на рынке Форекс в два этапа.

На первом этапе из потока сообщений выделялись фразы (предложения) относящиеся к рабочему финансовому инструменту, а из этих фраз – ключевые словоформы из рабочих словарей, отвечающих вариантам смысловых контентов. Цифровые индексы обнаруженных словоформ составляют множество квалификационных признаков. Непосредственно задача формирования прогноза решалась на основе нейросетевой технологии, в соответствии с которой на выходе обученной сети формируется цифровой индекс, отвечающий конкретному типу нечеткой прогностической информации [1].

На втором этапе формируется более «мягкое», обобщенное решение, относящееся к ожидаемой эволюции сегмента рынка, включающего в себя как рабочий финансовый инструмент, так и группу коинегрированных с ним инструментов. Такой подход называется анализом настроений (тональности) или сентимент-анализом. Управляющее решение формируется при условии совпадения выводов, полученных на первом и втором этапах прогностического анализа.

Особенности решения автоматического извлечения знаний из потока текстовых сообщений, содержащих знания в латентной форме, описывающих прогнозируемую динамику многомерных хаотических процессов, рассмотрены в представленном докладе.

Литература:

1. Aggarwal C.C., Zhai C.X. Mining text data. London: Springer, 2012. 535 p.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РЕЗУЛЬТАТОВ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

Груздков А.А.*, *Слободинская Т.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра математики

e-mail: maths_dept@tehnolog.edu.ru

NEW APPROACHES TO THE ANALYSIS OF IMPACT TEST RESULTS

Gruzdkov A.A.*, *Slobodinskaya T.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из активно развивающихся направлений современной науки является разработка новых материалов, обладающих уникальным свойствами. Например, металлы с ультрамелкозернистой структурой (с характерным размером зерна в субмикронном диапазоне) имеют предел текучести, в разы превышающий значения характерные для обычных материалов. Следует, однако, иметь в виду, что улучшение одних свойств материалов может сопровождаться значительным ухудшением других. Новые материалы, поэтому, следует испытывать в широком диапазоне изменения параметров внешнего воздействия. Возможно, именно этим обусловлено возобновление интереса к относительно несложным в организации ударным испытаниям материалов.

Традиционный подход к моделированию свойств материала заключается в предположении о существования скоростной зависимости прочностных характеристик. Так, предел прочности и предел текучести рассматриваются как функции скорости деформации. Именно такие зависимости обычно используются в стандартных компьютерных программах для расчёта реальных конструкций. Испытания материалов в рамках такого подхода рассматриваются как инструмент определения параметров скоростных зависимостей.

Следует отметить, что концепция скоростной зависимости прочностных характеристик жёстко связана с определённым законом нагружения, а определяемые характеристики материала, вообще говоря, не являются универсальными. Во многих случаях, в частности при ударных испытаниях, предположение о постоянстве скорости деформации не выполнено даже приближённо.

Альтернативным подходом к анализу результатов ударных испытаний является представление о переходе материала в пластическое состояние как о процессе, обладающем определёнными временными характеристиками. При интенсивном кратковременном воздействии имеет место «запаздывание текучести». Материал оказывается в «перегруженном упругом состоянии», которое можно рассматривать как разновидность метастабильного состояния при фазовых переходах. В рамках такого подхода формулируется критерий текучести, учитывающий не только уровень напряжений, но и длительность воздействия.

Моделирование соударения стержня о жёсткую преграду проводилось через рассмотрение распространения упругих волн, в результате чего определялась история изменения напряжения в сечениях стержня. Граница упругой и пластической зон находилась на основе применения динамического критерия текучести. Характеристики материала в этом случае можно определить из анализа геометрических характеристик образца после испытаний.

Сопоставление с имеющимися экспериментальными данными показывают, что предлагаемый новый подход во многих случаях даёт более устойчивые и воспроизводимые результаты, чем традиционные модели, базирующиеся на концепции скоростной зависимости предела текучести.

Поддержка: Мегагрант № 075-15-2022-1114.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ МАТЕРИАЛОВ

Дамрин Б.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: bdamrin3@gmail.com

SOFTWARE MODULE FOR CALCULATING CHEMICAL ANALYSES OF MATERIALS

Damrin B.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработанный программный модуль позволяет осуществлять расчёты химических анализов материалов [1]: теплоту сгорания, внутреннюю влагу, зольность. На рисунке представлено информационное описание процесса расчетов химических анализов для получения результатов по стандартам ISO с применением калориметров и вспомогательного оборудования.

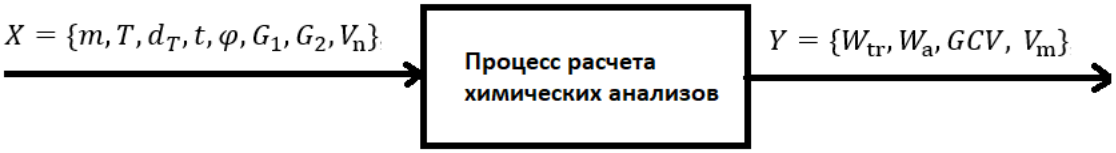


Рисунок – Информационное описание процесса расчета химических анализов

Вектор входных переменных ***X***:

$$X = \{m, T, d_T, t, \varphi, G_1, G_2, V_\mathrm{n}\},$$

где m – масса навески, г; T – температура сосуда, ^{o}C; d_T – изменение температуры сосуда, ^{o}C; t – время испытания, ч; φ – коэффициент изменения температуры; G_1 –увеличение веса основной поглотительной трубки при нагревании навески угля, г; G_2 – увеличение веса контрольной поглотительной трубки, г; V_n – объем воды в приемнике, исправленный по графику, мл ; A – вес зольного остатка, г.

Вектор выходных переменных ***Y***:

$$Y = \{W_\mathrm{tr}, W_\mathrm{a}, GCV,\ V_\mathrm{m}\},$$

где W_{tr} – влага общая, служит для пересчета на рабочее состояние, %; W_a – аналитическая влага, т; GCV – теплота сгорания, ккал/кг; V_m – зольность, %.

Для входных данных и выбранного химического вещества осуществляется расчет количественных и качественных характеристик материалов. Для этого вводятся значения входных переменных и выполняется расчет значений выходных характеристик выбранного процесса, затем осуществляется генерация автоматически сформированного протокола.

Литература:

1. Александрова, Э.А. Химические методы анализа: учебник и практикум для вузов/ Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. – Москва: Юрайт, 2023. – 533 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТА РЕЗУЛЬТАТОВ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОГО АНАЛИЗА

Дамрин Б.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: bdamrin3@gmail.com

SOFTWARE COMPLEX FOR ASSESSING THE QUALITY OF RESULTS OF ATOMIC-ABSORPTION ANALYSIS

Damrin B.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Атомно-абсорбционный анализ – метод аналитической химии, основанный на селективном поглощении (абсорбции) электромагнитного излучения определенной длины волны свободными от всех молекулярных связей нейтральными атомами определяемого элемента [1].

Этот метод позволяет определять около 70 элементов. В основном это металлы: Al, Ba, Be, V, Bi, W, Fe, Ca, Cd, Co, Si, Mg, Mn, Cu, Mo, Ni, Sn, Pb, Ti, Cr и Zn. После получения элементного состава материала необходимо удостовериться в корректности полученных результатов. Для этого разработан программный комплекс для обработки результатов атомно-абсорбционного анализа, который с использованием контрольных карт Шухарта [2] оценивает точность выполнения анализа. Во время проведения анализа материала также анализируют стандартный образ с известным содержанием элементов, по результатам которого осуществляется оценка точности анализа.

Контрольная карта – это графический способ представления и сопоставления информации, основанный на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости. Она имеет центральную линию, соответствующую эталонному значению характеристики. При оценке нахождения процесса в статистически управляемом состоянии эталонным обычно является среднее арифметическое рассматриваемых данных. Карта Шухарта имеет две статистические определяемые контрольные границы относительно центральной линии, которые называются верхней и нижней (рисунок).

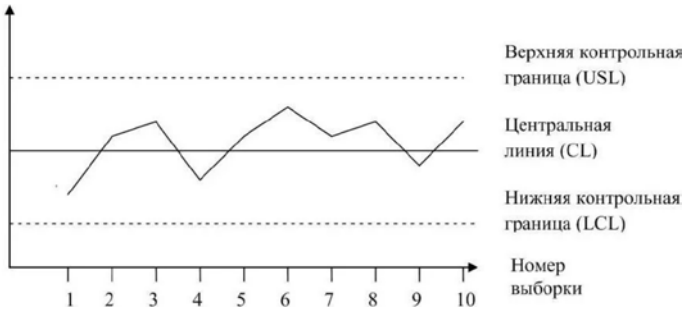


Рисунок – Контрольные границы на карте Шухарта

С применением разработанного программного комплекса для оценки качества результатов атомно-абсорбционного анализа оперативно выявляется некорректный результат, а также обнаруживаются неполадки.

Литература:

1. Пупышев, А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ/ А.А. Пупышев. – Москва, 2009. – 784с.

2. Солонин, С.И. Метод контрольных карт: учебное пособие/ С.И. Солонин. – Екатеринбург, 2014. – 214с.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Евсеенкова К.Д.*, Кузнецова Г.В.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: informatica_en_mi_corazon@mail.ru

DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT FOR RESEARCH OF CORROSIVE PROCESSES OF MAIN PIPELINES

***Evseenkova K.D.*, Kuznetsova G.V.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проблема обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации магистральных трубопроводов связана с увеличением риска аварий и отказов, что приводит к серьёзным экологическим последствиям и значительным экономическим потерям. Решение данной проблемы заключается в оценке и прогнозировании технического состояния линейной части магистральных трубопроводов.

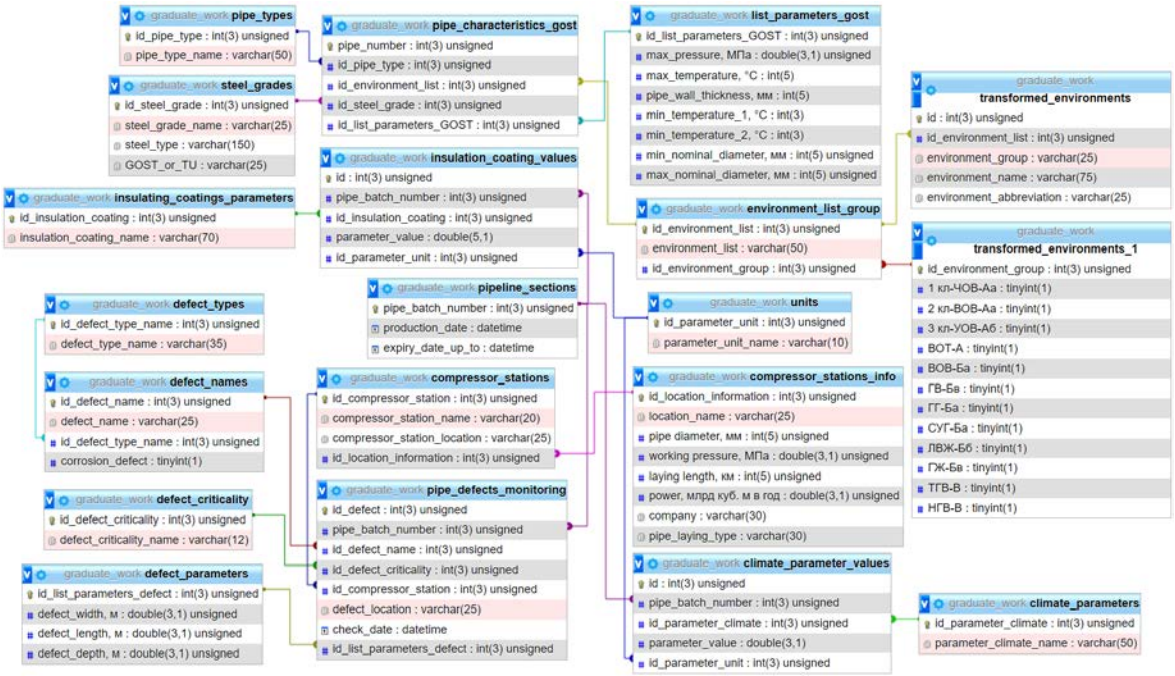


Рисунок – Схема информационного обеспечения

Предлагаемое информационное обеспечение содержит сведения (рисунок), отвечающие требованиям ГОСТов [1], и предназначено для хранения информации о параметрах трубопроводов, транспортируемых средах и климатических условиях. Информационные массивы базы используются в качестве исходных данных в программном комплексе для оценки скорости коррозии и расчёта остаточного ресурса трубопроводов. Для полноценного использования системы необходимы данные мониторинга обследований текущего состояния участков трубопроводов. Система предназначена для проектирования, подбора изолирующих покрытий и оценки ресурсов функционирования.

Литература:

1. ГОСТ Р 52079-2003. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2003 06-09. – Изд. официальное. – Москва: Госстандарт России, 2003. – 62 с.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ПРОФИЛЕМ ТОЛЩИНЫ КАЛАНДРИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Емельянова К.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: 405kemelyanova@gmail.com

STRUCTURE OF THE SOFTWARE PACKAGE FOR TRAINING THE THICKNESS PROFILE CONTROL OF CALENDERED POLYMER FILMS

Emelyanova K.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В зависимости от толщины, каландрированные полимерные пленки используются в различных отраслях промышленности и экономики (промышленности строительных материалов – для гидроизоляции фундаментов, пищевой, медицинской и химической промышленности – в качестве упаковочных материалов). Качество пленок тесно связано с качеством полупродуктов на стадиях производства, свойствами исходного сырья и технологическими режимами оборудования. Ключевым показателем каландрированных полимерных пленок является их толщина, а брак продукции может повлечь существенные денежные и репутационные потери для производителя. Если толщина пленки меньше допустимой, то возрастает вероятность разрыва пленочного полотна, что приводит к дополнительным затратам на остановку процесса и браку полимерного материала. Ошибки управления толщиной влекут за собой последствия, начиная от брака в производстве и заканчивая, в худшем случае, повреждением поверхности дорогостоящих каландровых валков на линии. Программный комплекс помогает в обучении управлению профилем толщины производственного персонала и позволяет смоделировать ситуации, которые недопустимы на производстве ввиду их дороговизны и неэффективного использования ресурсов.

Функциональная структура программного комплекса включает модуль задания сценария обучения, базу данных характеристик каландров и требований к качеству полимерных пленок, библиотеку математических моделей для вычисления толщины и равнотолщинности в зависимости от управляющих воздействий [1], модуль формирования протокола обучения, интерфейс обучаемого с визуализацией 3D модели пульта управления и трендов управляющих воздействий и разнотолщинности, интерфейс инструктора, интерфейс администратора. С помощью интерфейса инструктора доступна возможность задания сценария обучения, который включает характеристики каландра, сырья, требования к значениям толщины пленок, пороговые значения управляющих воздействий. С помощью интерфейса каландровожатого доступна возможность выбора сценария обучения, при прохождении которого обучаемому путем варьирования управляющих воздействий на графической модели пульта управления необходимо найти такие их значения, при которых обеспечивается минимальная разнотолщинность пленки. Администратор с помощью соответствующего интерфейса может редактировать базу данных и библиотеку математических моделей. Тестирование работоспособности программного модуля проведено по данным производства жестких упаковочных полимерных пленок на основе поливинилхлорида на каландровой линии завода ООО «Клёкнер Пентапласт Рус» (Санкт-Петербург).

Литература:

1. А.В. Камаев, А.С. Разыграев Программный комплекс для управления толщиной и разнотолшинностью каландрированных тонких материалов на основе анализа больших промышленных данных // Математические методы в технике и технологиях. 2020. Т. 12-1. С. 128-132.

АРХИТЕКТУРА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Соболевский В.А., Емонаков К.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: kostya-emonak2002@mail.ru

ARCHITECTURE OF THE EDUCATIONAL AND RESEARCH SOFTWARE COMPLEX FOR THE INTELLIGENT ANALYSIS OF BIG DATA OF INDUSTRIAL FACILITIES

Sobolevsky V.A., Emonakov K.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Развитие общества требует значительного усиления роли знаний и информации, расширения статистических баз данных информационного пространства. Принятие управленческих решений на всех уровнях во многом зависит от информации, методов и результатов ее анализа, что особенно важно для промышленных объектов.

Анализ временных рядов — совокупность математико-статистических методов анализа, предназначенных для выявления структуры временных рядов и для их прогнозирования [1]. Сюда относятся, в частности, методы регрессионного анализа. Выявление структуры временного ряда необходимо для того, чтобы построить математическую модель для исследования и анализа промышленного объекта. Прогноз значений временного ряда используется для эффективного принятия управленческих решений. Задача анализа временных рядов заключается в предсказании будущих значений измеряемых характеристик изучаемого промышленного объекта. Таким образом, разработка учебно-исследовательского комплекса интеллектуального анализа больших данных промышленных объектов является актуальной задачей.

Архитектура учебно-исследовательского комплекса включает базу промышленных данных, базу данных учетных записей пользователей, модуль обработки входных данных, модуль прогнозирования временных рядов, модуль формирования отчета о прогнозировании данных промышленных объектов, модуль визуализации результатов прогнозирования, интерфейс исследователя, интерфейс обучаемого. Система прогнозирования реализует функцию, позволяющую получить временной ряд, отличающийся от реального на величину менее заданной ошибки. Задача разработки методов и средств прогнозирования трудно формализуемых событий сводится к поиску такого способа прогнозирования, при котором достигается минимум целевой функции при ограничениях на вспомогательные показатели эффективности.

Для реализации программного комплекса на языке программирования Python используется библиотека TensorFlow и надстройка над этой библиотекой – Keras. Для управления данными используется СУБД SQLite, которая отличается простотой, быстродействием и автономностью.

Использование разработанного учебно-исследовательского комплекса позволяет прогнозировать возможные возникновения дефектов в производстве. Тестирование запланировано на данных, полученных с производственной линии завода по изготовлению упаковочных полимерных пленок широкого ассортимента..

Литература:

1. Дейтел П. Python. Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления / П. Дейтел, Х. Дейтел. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2020. – 864 с.

О ПОСТРОЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ С ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ

***Ерохин В.И.*[1], *Наумова А.П.*[2]**

[1]*Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий*

e-mail: e-mail: vka@mil.ru, naumova_a_p@mail.ru

ON THE CREATION OF LINEAR MODELS BASED ON EXPERIMENTAL DATA WITH INTERVAL UNCERTAINTY

***Erokhin V.I.*[1], *Naumova A.P.*[2]**

[1]*Mozhaisky Military Space Academy,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Задача построения линейных моделей исследуемых объектов (процессов) по экспериментальным данным, содержащим ошибки измерений, часто встречается во многих прикладных исследованиях. Одним из подходов к ее решению является отказ от использования каких-либо гипотез о законах распределения вероятностей ошибок (и, как следствие, отказ от статистических методов моделирования) и переход к интервальному представлению неопределенности экспериментальных данных. Возможно одной из первых публикаций, содержащих обоснование и системное описание указанного подхода, является работа [1]. За время, прошедшее после её выхода, появилось большое количество работ, как теоретических – развивающих теорию и математические методы построения моделей по данным с интервальной неопределенностью (см. например, [2]), так и прикладных – посвященных исследованию интервальных данных, полученных в конкретных физических, химических, технических и т.д. экспериментах. В силу ограниченного объема тезисов вместо литературного обзора укажем (в качестве примера) публикации ученых СПбГТИ(ТУ) [3-5]. В докладе, опираясь на результаты работы [6], предполагается рассмотреть достаточные условия значимости коэффициентов линейной модели, построенной по экспериментальным данным с интервальной неопределенностью, а также соответствующие численные алгоритмы, основанные на методах вычислительной линейной алгебры и линейного программирования.

Литература:

1. Вощинин А.П., Бочков А.Ф., Сотиров Г.Р. Метод анализа данных при интервальной нестатистической ошибке // Завод. лаб. 1990. Т. 56. № 7. С. 76-81.

2. Шарый С.П. Задача восстановления зависимостей по данным с интервальной неопределенностью // Завод. лаб. 2020. Т. 86. №1. С. 62-74.

3. Халимон В.И., Рогов А.Ю., Проститенко О.В. Интервальные средние в исследовании характеристик систем управления // Изв. ОрелГТУ. Инф. системы и технологии. 2006. № 1-1. С. 206-211.

4. Холоднов В.А., Краснобородько Д.А., Фролова С.В. Интервальное оценивание параметров зависимостей Аррениуса, Лэнгмюра и Антуана // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2009. Т. 52. № 7. С. 61-64.

5. Боровинская Е.С. Интервальное оценивание кинетических параметров сложного процесса в микроструктурном реакторе // Изв. СПбГТИ(ТУ). 2010. № 9 (35). С. 78-81.

6. Ерохин В.И., Кадочников А.П., Сотников С.В. Достаточные условия значимости коэффициентов линейных моделей и полиномиальной сложности их определения по данным с интервальной неопределенностью // Автом. и телемех. 2022. № 12. С. 18-30.

БИБЛИОТЕКА OPENFOAM ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ В МИКРОРЕАКТОРЕ С УЧЕТОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Ершов Д.К.*, *Боровинская Е.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: daniilershov2015@gmail.com, Ekaterina.Borovinskaya@daad-alumni.de

OPENFOAM LIBRARY FOR HYDRODYNAMIC MODELLING OF TRANSESTERIFICATION REACTION IN MICROREACTOR

Ershov D.K.*, *Borovinskaya E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Активное развитие современной промышленности привело к постоянно растущему потреблению ископаемых ресурсов, что неизбежно ведет к их истощению. Биодизельное топливо (БТ) может производиться из возобновляемых ресурсов (например, из масел растительного происхождения) путем переэтерификации растительных масел спиртом. Данная реакция является двухфазной и протекает на границе фаз спирта и масла, поэтому для интенсификации процесса получения БТ, необходимо увеличивать площадь поверхности раздела фаз. Одним из технологических решений для этого является применение технологии проточного синтеза в микрореакторах. Специальное циркулирующее двухфазное тейлоровское течение в микрореакторах способствует интенсификации процессов массо- и теплообмена. Следовательно, применение микрореакторов позволит проводить процесс производства БТ за счет увеличения площади поверхности раздела фаз более эффективно в экологческом и экономическом отношении. Помимо площади поверхности раздела фаз на протекание реакции влияют диффузионные процессы, давление внутри микроканала, скорость потоков каждой фазы, их физические характеристики и геометрическая форма реактора. Для учета всех этих параметров необходимо решать уравнение конвекции-диффузии-реакции [1]:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -D\Delta c + v\,\nabla c + R(c, x, y, z, k, t\,..), \qquad (1)$$

где $\frac{\partial c_i}{\partial t}$ – изменение концентрации вещества i во времени и пространстве, $-D\Delta c$ – диффузионный терм, $v\nabla c$ – конвекционный терм, который, может быть предствлен уравнением Навье-Стокса, R – кинетический терм.

Для решения систем уравнений вида (1) требуются большие вычислительные мощности и специальное программное обеспечение. Подходящим инструментом является библиотека с открытым исходным кодом OpenFOAM. Она обладает множеством встроенных солверов для решения задач гидродинамики.

Целью работы является интеграция библиотеки OpenFOAM в разрабатываемый программный комплекс для моделирования реакции переэтерификации с учетом гидродинамических эффектов в микрореакторах разной формы. Таким образом можно при заданных показателях определять зависимости между параметрами реактора и выходными характеристиками процесса получения БТ. Достоинством данного подхода является уменьшение количества экспериментальных исследований для тестирования реальных физических прототипов и возможность применения предлагаемого подхода для других процессов в микрореакторах.

Литература:

1. Oertel, H., Laurien, E., Numerische Strömungsmechanik. Vieweg-Verlag, 2003.

КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ В МИКРОРЕАКТОРАХ

Жулин Н.А., Боровинская Е.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: sertur146@gmail.com, Ekaterina.Borovinskaya@daad-alumni.de

KINETIC MONTE CARLO METHOD FOR THE DESCRIPTION OF PROCESSES IN MICROREACTORS

Zhulin N.A., Borovinskaya E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Микрореакторы представляют собой компактные системы, состоящие из микроканалов, которые благодаря специальным свойствам могут обеспечить интенсификацию процессов. В случае применения микрореакторов можно увеличить скорость реакции, выход целевого продукта и безопасность проведения процессов. Для поиска оптимальных путей итенсификации процессов в микрореакторах необходимо проводить их математическое моделирование.

Одним из перспективных методов является кинетический метод Монте-Карло (КММК). КММК применяется для изучения различных процессов самоорганизации в природе, включающих перемещение, взаимодействие или превращение атомов, молекул и других частиц.

КММК можно использовать для описания:

1) Диффузионных процесов и движения модекул. Он позволяет моделировать случайное перемещение частиц, учитывая вероятности перехода между состояниями.

2) Химических превращений. В этом случае он позволяет рассчитывать скорости перехода между различными реакционными состояниями и предсказывать количество продуктов реакции.

3) Изменение границы раздела фаз. КММК может использоваться для моделирования процессов, где необходимо учитывать влияние поверхности раздела фаз.

Важно отметить, что КММК требует ввода данных о скоростях перехода между состояниями, которые обычно определяются экспериментально-рассчетными методами. Сам метод основан на статистических выборках состояний и временных интервалов для описания динамики исследуемой системы.

Применение КММК особенно ценно при исследовании сложных реакционных систем. Например, для системного моделирования изменений параметров во времени при исследовании химических процессов, где необходимо учитывать случайные стохастические эффекты и флуктуации.

КММК можно также применить для математического описания диффузионных процессов, кинетичекого моделирования и определения распределения реагирующих веществ внутри микрореактора с целью поиска путей оптимизации исследуемого процесса.

Литература:

1. Боровинская, Е.С. Микроструктурные реакторы – концепции, развитие и применение / Е.С. Боровинская, В.П. Решетиловский // Химическая промышленность. - 2008. - Т. LXXXV. - № 5. - С. 217-248.

2. Кинетический метод Монте-Карло: Математические основы и приложения к физике низкоразмерных наноструктур / С.В. Колесников, А.М. Салецкий, С.А. Докукин, А.Л. Клавсюк // Математическое моделирование. – 2018. – Т. 30, № 2. – С. 48-80. – EDN VWXVET.

ОСОБЕННОСТИ ПРОТОКОЛА WEBRTC ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ

Захаров Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: dmitry.zakharov@proton.me, diamond11187@mail.ru

LIMITATIONS OF THE WEBRTC PROTOCOL IN DIFFERENT BROWSERS WHEN ORGANIZING VIDEO CONFERENCE CALLS

Zakharov D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

WebRTC (web real-time communications) – технология с открытым исходным кодом, предназначенная для организации передачи потоковых данных между поддерживающими его приложениями в режиме точка-точка. При обеспечении одноранговой связи для обмена аудио, видео и данными нет необходимости установки плагинов или дополнительного программного обеспечения. WebRTC широко используется для различных приложений, включая видеоконференции. WebRTC – это мощная технология для общения в реальном времени, но у нее есть особенности, которые следует учитывать разработчикам:

1) Метод getUserMedia имеет разное поведение в веб-браузерах Firefox, Chrome и Safari и требует использования библиотеки webrtc-adapter.js для создания кроссплатформенного приложения. getUserMedia при выполнении вызывает всплывающий диалог, запрашивающий разрешение пользователя на использование медиа устройства (камера, микрофон). Результат возвращает промис, содержащий поток, который состоит из треков, содержащих требуемые медиа типы. Это единственный способ получить доступ к медиа устройствам пользователя в веб-приложениях.

2) Отсутствие поддержки фонового воспроизведения аудио в iOS Webview. Это требует дополнительной работы при разработке веб-приложения, например использование Service Workers.

3) Отсутствие поддержки метода applyConstraints в веб-браузере Chrome для аудиодорожек. Метод applyConstraints интерфейса MediaStreamTrack применяет к дорожке набор ограничений; эти ограничения позволяют веб-приложению устанавливать идеальные значения и приемлемые диапазоны значений для ограничиваемых свойств дорожки, таких как частота кадров, размеры и эхоподавление [1]. При работе в веб-браузере Chrome приходится полагаться на настройки по умолчанию.

4) Отсутствие поддержки кодека VP9 в веб-браузере Safary. Это требует использования менее эффективного кодека VP8 при участии в конференцсвязи участников на iOS устройствах.

5) WebRTC не предоставляет встроенной поддержки записи аудио- или видеопотоков. При разработке данного функционала необходимо использовать специфичные для браузеров реализации.

Вышеперечисленные особенности и ограничения протокола WebRTC вызывают потребность пересмотра использования данной технологии и в проведении отдельного тестирования работы с различными веб-браузерами при внедрении данной автоматизированной системы для организации производственных онлайн-совещаний.

Литература:

1. Stolley, K. Programming WebRTC: Build Real-Time Streaming Applications for the Web – Pragmatic Bookshelf, 2023. – 220 p. – ISBN 9781680509038.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА (ПК «АНСМАТ»)

Злыгостев С.С.*, *Ремизова О.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: cominots@mail.ru

SOFTWARE COMPLEX FOR ANALYSIS OF MATERIAL STRUCTURE (SC «ANSMAT»)

Zlygostev S.S.*, *Remizova O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Любой материал имеет свою структуру. Мультифрактальный подход к оценке свойств материалов, включающий фрактальный анализ, для которого структура материала является множеством однородных фракталов, а также статистическая обработка полученных данных, дает возможность проводить определенные исследования по улучшению качества продукции, снижению стоимости целевого продукта, в некоторых случаях – обеспечение более точного прогноза безопасной эксплуатации материалов (например, сварных стальных конструкций) [1]. Если расчет фракталов сводится к определению только фрактальной размерности, то для мультифрактала – объекта, представляющего собой неоднородный фрактал, необходимо вычисление с помощью ЭВМ, так как вручную такое исследование занимает большое количество человеко-часов, а также увеличивает вероятность ложных результатов в случае возникновении непредвиденной ошибки.

Разработанный программный комплекс представляет собой автоматизированную систему обработки и хранения информации, реализованную в виде совокупности методов анализа структуры материалов на основе теории мультифракталов для изучения их свойств, что дает возможность применять полученные в ходе исследования данные для изменения составляющих компонентов и получать новые материалы с уникальными характеристиками. Комплекс предназначен для исследования зависимости «состав – структура – свойства», анализа микрофотографий материалов, с выводом статистических данных о характере взаимного расположения элементов структуры материала, последующим формированием сводной таблицы с полученными во время исследования величинами, оценивая влияние изменения состава материала и условий его получения на структуру и целевые свойства.

Государственная регистрация программы для ЭВМ, Российская Федерация, 2023663731, 27.06.2023. Ремизова О.А., Злыгостев С.С., Чекуряев А.Г. Программный комплекс для анализа структуры материала (ПК «АнСМат») // Федеральная служба по интеллектуальной собственности.

Литература:

1. Божокин, С.В. Фракталы и мультифракталы / С.В. Божокин, Д.А. Паршин. – М.-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 128 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Зобнин И.М.*, *Смирнов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: zobnin.ilya@yandex.ru

SOFTWARE PACKAGE FOR MANAGING AND OPTIMIZING THE CATALYTIC REFORMING PROCESS USING A DIGITAL INFORMATION MODEL

Zobnin I.M.*, *Smirnov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В связи с ростом потребления товарного автобензина каталитический риформинг (КР) является предельно востребованной технологией. Основой процесса являются прямогонные бензиновые фракции, которые нагреваются в печах и вместе с водородсодержащим газом подаются в систему реакторов, где под действием катализатора повышается их октановое число за счет увеличения концентрации ароматических углеводородов [1]. Основными критериальными показателями процесса являются октановое число и выход риформинг-бензина. Их максимизация и является целью оптимизации этого процесса. Сложность протекающих химических реакций, высокая стоимость и дезактивация катализатора, а также необходимость обучения производственного персонала обусловливают актуальность создания программного комплекса (ПК) для управления и оптимизации процесса КР с использованием цифровой информационной модели (ЦИМ), которая позволяет цифровизировать и наглядно продемонстрировать объект и его внутренние взаимосвязи [2].

Функциональная структура содержит модули для настройки оптимизации и визуализации; пополняемые библиотеки математических моделей, целевых функций и критериальных ограничений и методов нелинейного программирования; базы данных характеристик процесса, 3D-моделей технологического оборудования и учётных записей пользователей; систему расчёта выходных параметров и оптимизации процесса КР, а также систему визуализации, включающую подсистемы визуализации целевой функции и результатов оптимизации и построения ЦИМ.

Интерфейс технолога позволяет, выбрав необходимые параметры и метод нелинейного программирования, запустить процесс оптимизации, а также построить ЦИМ. Интерфейс администратора позволяет редактировать базы данных и библиотеки, а также генерировать и сохранять 3D-модели.

В качестве исходных данных для тестирования было решено выбрать данные установки ЛЧ-35-11/600, фракции прямогонного бензина 100–165 °С и катализатора РБ-33У. В результате для достижения выхода риформинг-бензина в 34 т/ч с октановым числом не менее 70 необходимы: температура сырья на входе в реакторы 480 °С и расход сырья 38 т/ч. Это решение было найдено модифицированным методом Нелдера-Мида и методом активного набора. Приведённый пример доказывает работоспособность ПК.

Литература:

1. Чистякова, Т.Б. Интеллектуальные системы для обучения персонала управлению процессами каталитического риформинга бензинов [Текст] / Т.Б. Чистякова, А.А. Чиркова // Приборы и системы управления. – 1998. – № 6. – С. 18–20.

2. Фураев, Д.Н. Компьютерная система для разработки цифровых информационных моделей процессов вторичной переработки нефти / Д.Н. Фураев, Т.Б. Чистякова // Программные продукты и системы. – 2022. – Т. 35, № 3. – С. 482-487.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ БЮДЖЕТА МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ

Зуев И.В.*, *Козлов А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ivanzuev199820@mail.ru

INFORMATION SUPPORT OF A SOFTWARE PACKAGE FOR MONITORING OF A COMPUTER SYSTEM FOR MONITORING THE EXECUTION OF THE BUDGET OF MUNICIPAL DISTRICTS

Zuev I.V.*, *Kozlov A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Поддерживать работоспособность крупной системы, части которой территориально распределены, достаточно сложно. Большинство проблем связаны с отсутствием ИТ-специалистов на местах, так как такая должность включена не во все штатные расписания муниципальных учреждений. Получение удаленной технической поддержки для сотрудников муниципальных учреждений связано с необходимостью предоставления дополнительной информации об используемом программном и техническом обеспечении на рабочем месте. Решение этой проблемы лежит в плоскости корректного построения информационного обеспечения программного комплекса для мониторинга аппаратного и программного обеспечения компьютерной системы контроля исполнения бюджета муниципальных районов.

Разработка информационного обеспечения такого сложного программного комплекса предполагает учет всех аспектов предметной области [1]. Особенности протекающих процессов связаны с проведением не только мониторинга, но и предоставлением необходимой технической поддержки специалистам муниципальных учреждений, которые не всегда обладают достаточным уровнем квалификации в сфере ИТ-технологий.

Основой разработки информационного обеспечения стала формулировка ключевых требований, связанных с необходимостью хранения данных о рабочих местах сотрудников с подробным описанием структуры рабочего места, в том числе, используемом программном и техническом обеспечении. Необходимо также отразить информацию, позволяющую идентифицировать сотрудника в сети; эти данные обычно определяются настройками сети. В состав информационного обеспечения должен быть также включен другой класс объектов: сами инциденты и варианты их решения, которые могут пригодится в случае необходимости решения возникших проблем. В данном случае проблемы рассматриваются как потенциальные причины возникновения инцидентов согласно методологии ITIL. Соединение компонентов происходит по выявлению инцидентов на рабочих местах, связанных с используемым программным обеспечением. Необходимость связи с техническим обеспечением дает возможность корректно организовать работу с инцидентом.

Таким образом, разработанное информационное обеспечение позволяет на основе настраиваемой информационной модели осуществлять организацию работы любого муниципального учреждения в аспекте мониторинга аппаратного и программного обеспечения компьютерной системы контроля исполнения бюджета муниципальных районов.

Литература:

1. Линник, Е.А. Построение методического аппарата обоснования требований к разработке информационных систем / Е.А. Линник, Д.О. Крикунов, Г.И. Трифонов, Д.В. Митрофанов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2022. № 23. С. 34-42.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА И АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ильин А.А., Кузнецова Г.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: amedomaro@mail.ru.

SOFTWARE PACKAGE FOR MONITORING AND ADMINISTRATION OF STATE INFORMATION SYSTEMS

Ilin.A.A., Kuznecova G.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Государственные информационные системы (ГИС) содержат критически важные данные и информацию, которые являются ключевыми для функционирования структур, нарушение безопасности которых может привести к очень серьезным и тяжким последствиям, включая утечку конфиденциальной информации, отказ в предоставлении государственных услуг, нарушение работы государственных служб и нанесение ущерба репутации государства [1]. В современных условиях количество киберугроз выросло многократно, и включает хакерские атаки, вирусы, фишинг и многое другое. Программный комплекс мониторинга и администрирования ГИС играет важную роль в обнаружении и предотвращении таких атак, обеспечивая защиту ГИС, при этом осуществляет необходимое обеспечение доступности и надежности для использования государственными органами и гражданами, а также позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать сбои в работе системы [2].

Программный комплекс мониторинга и администрирования позволяет оптимизировать работу ГИС, выявляя узкие места, улучшая производительность и эффективность системы. Это позволяет государственным органам эффективнее использовать свои ресурсы и предоставлять более качественные государственные услуги.

Программный комплекс мониторинга и администрирования ГИС состоит из следующих основных компонентов: модуль мониторинга и сбора данных, модуль администрирования системы, модуль управления безопасностью, модуль мониторинга и обнаружения инцидентов, модуль аналитики и отчетности.

Конкретная структура и состав комплекса может варьироваться в зависимости от конкретных потребностей и требований организации, которая управляет ГИС.

В целом, программный комплекс играет важную роль в обеспечении безопасности, надежности и эффективности ГИС, способствуя устойчивому и безопасному функционированию [3].

В процессе тестирования программного комплекса к нему были подключены базы данных ГИС Учреждения, само тестирование показало стабильную работу программного комплекса мониторинга и администрирования ГИС, все поставленные задачи были отработаны и завершены корректно.

Литература:

1. Васильков, А. В. Безопасность и управление доступом в информационных системах / А.В. Васильков, И.А. Васильков. — М.: Форум, 2018. — 368 с.

2. Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность и защита информации / В.Ф. Шаньгин. — М.: ДМК, 2017. — 702 с.

3. Ярочкин, В.И. Информационная безопасность. 5-е изд. / В.И. Ярочкин. — М.: Академический проект, 2016. — 544 с.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛООБМЕНА ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Кайгородова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: hkaygorodova@gmail.com

SYNTHESIS OF AN OPTIMAL HEAT EXCHANGE SYSTEM FOR ACRYLIC ACID PRODUCTION

Kaygorodova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Акриловая кислота является важным химическим продуктом, который широко используется в производстве пластиков, красок, клеев и других материалов. Однако процесс ее получения требует значительного количества энергии, что приводит к высоким затратам и негативному влиянию на окружающую среду.

Теплообмен является важной составляющей многих процессов и систем, таких как промышленные установки, энергетические системы и системы отопления и охлаждения. Оптимизация системы теплообмена имеет большое значение для повышения эффективности энергопотребления, снижения затрат и улучшения экологической устойчивости.

Пинч-анализ – методология минимизации энергопотребления процесса посредством расчета термодинамически обоснованных объемов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации теплопередачи между процессами, методов энергоснабжения и характеристик технологических процессов [1].

В первую очередь необходимо провести анализ теплового баланса процесса получения акриловой кислоты. Это позволит определить тепловые потоки, которые могут быть использованы повторно или перераспределены для минимизации потребления энергии.

Далее с помощью пинч-анализа определяются "пинч-точки" – точки, где достигается наибольшее сближение в температуре между горячими и холодными потоками. В этих точках возможно наиболее эффективное использование тепла.

Синтез системы теплообмена осуществляется путем оптимизации расположения теплообменных устройств и определения оптимального режима работы.

В результате применения пинч-анализа и оптимизации системы теплообмена достигается максимальная эффективность и экономичность. Правильный выбор типа оборудования, оптимальные размеры и расположение, а также оптимальный режим работы позволяют достичь максимального теплообмена при минимальных затратах на энергию и материалы. Это способствует повышению эффективности энергопотребления, снижению затрат и улучшению экологической устойчивости системы теплообмена.

Литература:

1. Смит, Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с.

ЗАДАЧА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА НА ПРИМЕРЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМАЛИНА

Кайгородова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: hkaygorodova@gmail.com

THE PROBLEM OF HEAT RECOVERY USING THE EXAMPLE OF THE PROCESS OF PRODUCING FORMALIN

Kaygorodova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Энергосбережение становится все более актуальной темой в промышленности. Обусловлено это постоянным увеличением стоимости энергоносителей и ужесточением экологических норм. Уменьшение энергопотребления позволяет снизить себестоимость продукции за счет уменьшения в первую очередь эксплуатационных затрат, тем самым повышается рентабельность и экологичность производства.

Одним из основных способов снижения потребления энергии является использование схемы рекуперации тепла. Эта технология позволяет использовать отходящее тепло для нагрева нового потока сырья или воздуха. Таким образом, энергия, которая раньше просто терялась, теперь может быть использована повторно, что значительно снижает затраты на производство [1].

Процесс получения формалина был смоделирован в программном продукте Aspen Plus. Далее были рассчитаны энтальпии потоков.

Для анализа рационального использования тепловых потоков использовалась компьютерная программа Aspen Energy Analyzer.

В соответствии с полученным решением вместо двух теплообменников достаточно использовать один.

Упрощенная технологическая схема процесса, построенная в программе Aspen Plus, показана на рисунке.

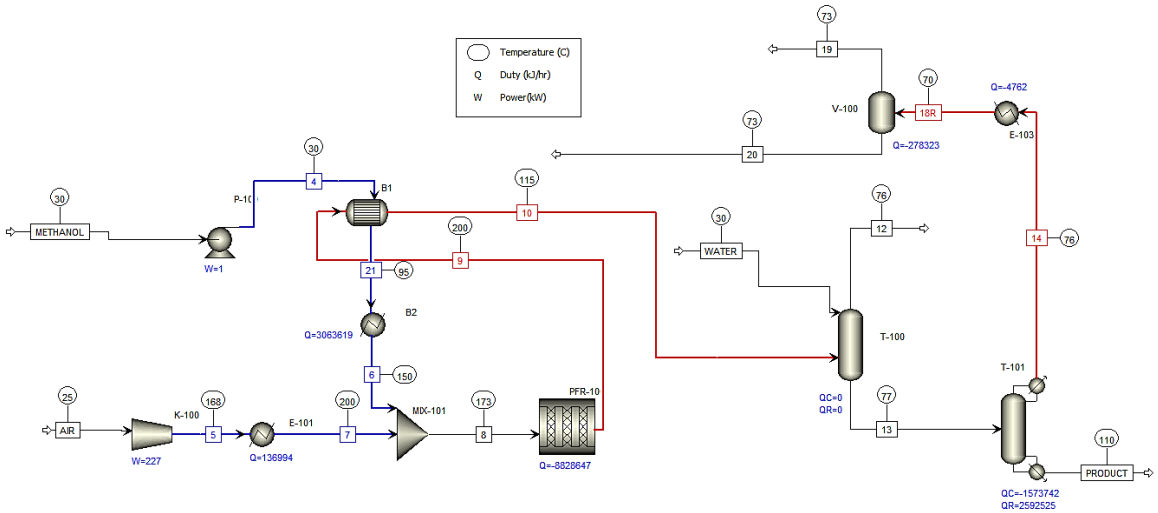


Рисунок – Упрощенная схема процесса получения формалина в Aspen Plus

Литература:

1. Булатов, И.С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности. – Санкт-Петербург: Страта, 2012 – 140 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНОГО РОБОТА С УНИФИЦИРОВАННОЙ ТОРГОВОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Караджанов М.М., Мусаев Ан.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и ИТ

e-mail: makskaradzhaev@gmail.com

ORGANIZATION OF INTERACTION BETWEEN A SOFTWARE ROBOT AND UNIFIED TRADING PLATFORM

Karadganov M.M., Musaev An.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современная торговля на рынках капитала постепенно, но неизбежно полностью переходит на работу в сетевые киберпространства. При этом все большое число операций производится программными *торговыми роботами* (ТР) или, как их еще называют, *механическими торговыми системами*. В настоящее время чаще всего используются так называемые «советники» или «эксперты», представляющие собой ту или иную форму систем поддержки принятия решений (СППР, в английской аббревиатуре, DSS - Decision Support Systems). В большинстве случаев «советники» выдают рекомендации по управлению торговыми активами, однако непосредственно установка и снятие ордеров чаще всего осуществляется оператором (трейдером) вручную. Это связано, во-первых, с необходимостью контроля и верификации рекомендаций ТР, с необходимостью учитывать экономические, политические и иные реалии, не вполне доступные для робота. Во-вторых, реализация автоматического, полностью автономного ТР связана с серьезной проблемой помехоустойчивости процесса взаимодействия с торговой платформой (ТП). В частности, сбои в каналах связи, в работе серверов в дилинговых центрах или брокерских компаниях, наконец, в работе самой ТП приводят к существенным ошибкам в работе торгового робота.

Для обеспечения устойчивого взаимодействия с торговой платформой в программу ТР введен блок установщика ордеров, функционально независимый от основной программы формирования решений DSS. Взаимодействие между ними осуществляется лишь в процессе передачи команд-ордеров от DSS к установщику и, косвенно, блокировкой работы DSS на время установки ордера [1].

Для обеспечения помехоустойчивости процедуры информационного обмена между DSS и ТП, необходимо наличие обратной связи, позволяющей получить подтверждение успешного прохождения команд управления и их исполнения. Программа ТР предусматривает возможность получения таких подтверждений двумя способами.

1. Получение вектора квитанций Receipt, представляющий собой бинарный вектор, в котором «единицы» соответствуют выполнению команды на установку или снятие каждого из ордеров;

2. Получение полного списка открытых ордеров orders (или OPL – open position list).

Соответствующее взаимодействие между торговым роботом и платформой осуществляется средствами API. Полное описание организации помехоустойчивого взаимодействия DSS с ТП приводится в докладе.

Литература:

1. Чеботарев Ю.А. Торговые роботы на российском фондовом рынке. М.: SmartBook, 2011. 160 с.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СИСТЕМНОГО АДМИНИСТРАТОРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧРЕЖДЕНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Касаткина Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: kaslena95@mai.ru

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE SYSTEM ADMINISTRATOR OF THE COMPUTER NETWORK OF A HEALTHCARE INSTITUTION

Kasatkina E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Локально-вычислительная сеть (ЛВС) в учреждении здравоохранения играет важную роль в обеспечении эффективной и безопасной передачи информации. Она позволяет связать множество устройств в единую систему, обеспечивая удобный доступ к данным и обмен информацией между различными участниками. С переходом на электронный документооборот, необходимо осуществлять бесперебойную работу медицинской информационной системы и интеграционных сервисов [1]. Для более быстрого реагирования на возникающие неисправности и их оперативного решения необходимо осуществлять мониторинг ЛВС путём сравнения состояния служб и процессов рабочих станций с заданной конфигурацией, необходимой для корректной работы программ и сервисов, учитывая при этом необходимость обеспечения безопасности ЛВС [2]. Таким образом, становится актуальной задача разработки системы поддержки принятия решений (СППР) системного администратора учреждения здравоохранения.

СППР позволяет на основании входных данных о конфигурации объектов ЛВС учреждения здравоохранения и выбранного метода тестирования идентифицировать неисправности, связанные с нарушением работы объектов ЛВС, определить причины их возникновения и выдать системному администратору рекомендации по устранению выявленных неисправностей ЛВС. Ядром СППР является информационное обеспечение, состоящее из реляционной базы данных объектов ЛВС и продукционной базы знаний неисправностей, причин их возникновения и рекомендаций по устранению. База данных и база знаний настраиваются системным администратором, что обеспечивает адаптацию СППР под необходимые параметры ЛВС. Для разработки базы данных использована реляционная СУБД SQL Server, которая поддерживает транзакционность, обеспечивает быстродействие, возможность резервного копирования и обладает достаточным максимальным размером базы данных и таблиц для хранения данных учреждения здравоохранения, отличающихся большим объемом.

СППР была протестирована на примере ЛВС ГОБУЗ «Кандалакшская ЦРБ», включающей 482 АРМа, 253 периферийных устройства, 12 серверов и 21 единицу цифрового медицинского оборудования, и показала положительные результаты. С ее помощью системный администратор смог эффективно управлять информационной инфраструктурой учреждения здравоохранения, принимая быстрые и обоснованные решения. Сокращение времени на рутинные задачи и увеличение производительности системного администратора приводит к повышению качества обслуживания пациентов.

Литература:

1. Назаренко Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е. Медицинские информационные системы: теория и практика. М.: Физматлит, 2005. 320 с.

2. Гейер О.Г., Макарук Р.В. Разработка автоматизированной системы мониторинга безопасности вычислительной сети медицинского учреждения // Сб. тез. XIII науч.-техн. конф. «Неделя науки-2023». СПб.: Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2023. С. 295.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОДОРЕГЕНЕРАЦИОННОГО КОТЛОАГРЕГАТА

***Ковалёв Д.А.*[1], *Куркина В.В.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, кафедра автоматизации технологических процессов и производств*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности*

e-mail: d.a.kovalyov@yandex.ru

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF RECOVERY BOILER

***Kovalev D.A.*[1], *Kurkina V.V.*[2]**

[1]*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Содорегенерационный котлоагрегат (СРК) является ключевым элементом цикла регенерации щелоков сульфат целлюлозного производства. Это обусловлено сложными условиями протекания процесса сжигания черного щелока в топке СРК, во время которых котлоагрегат подвержен возмущениям, как «внутренним», возникающим в цикле регенерации, так и «внешним».

Ввиду того, что СРК представляет собой сложный объект управления использование автоматизированных систем управления и контрольно-измерительной необходимо для ведения технологического процесса: выработки пара и зеленого щелока заданных параметров.

При наличии транспортных запаздываний и больших постоянных времени по основным каналам процесса сжигания использование систем с обратной связью, не эффективно. В связи с этим СРК оснащают комплексными разветвленными многофункциональными системами, иногда с блочным разбиением на локальные подсистемы по стабилизации входных параметров.

Для основных технологических параметров в СРК применяют системы управления горением, разрежением в топке, питанием котла водой, температурой перегретого пара.

Технологический процесс работы СРК, как объекта управления, представляет собой разветвленную функциональную структуру, характеризующуюся потоком информации, который должен поступать в систему управления от аналоговых и дискретных датчиков состояния теплотехнических, технологических параметров и датчиков положения регулирующих органов.

Управление режимами работы котла должно осуществляться путем воздействия на исполнительные механизмы.

Температура черного щелока регулируется расходом греющего пара в подогреватель.

Автоматическое регулирование горения так же, как и у энергетических агрегатов, осуществляется в зависимости от теплового режима работы: по свободному тепловому графику либо по вынужденному тепловому графику.

В настоящее время основными направлениями по повышению качества топочных процессов в СРК являются организация горения черного щелока в слое огарка и совершенствование воздушного тракта с целью повышения степени восстановления сульфата натрия и тепловой эффективности сжигания.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОДОРЕГЕНЕРАЦИОННОГО КОТЛОАГРЕГАТА

***Ковалёв Д.А.*[1], *Русинов Л.А.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, кафедра автоматизации технологических процессов и производств*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности*

e-mail: d.a.kovalyov@yandex.ru

MODERNIZATION OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR INCREASING THE PRODUCTIVITY OF RECOVERY BOILER UNIT

***Kovalev D.A.*[1], *Rusinov L.A.*[2]**

[1]*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,*

[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

В настоящее время, основным способом повышения производительности содорегенерационных котлоагрегатов (СРК) является модернизация автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). АСУТП позволяет контролировать и управлять основными процессами, протекающими в СРК, что дает возможность сократить материальные затраты, снизить выбросы в окружающую среду, повысить качество продуктов на выходе из СРК.

Важным технологическим показателем производительности СРК является степень восстановления сульфата натрия в плаве, повышение которого является актуальной задачей, при этом степень восстановления сульфата определяется взятием пробы и проведением лабораторного анализа 3 раза в сутки (через 8 часов). Исходя из этого, для отслеживания значения параметра в режиме реального времени, целесообразно применять виртуальные анализаторы (ВА).

Плав – расплавленная в результате горения органической массы минеральная часть сжигаемого черного щелока.

В химический состав плава входят следующие компоненты: Na_2CO_3 – 60±10 %, Na_2S – 38±10 %, Na_2SO_4 – 2±1 %, NaOH – 2±1,5 %.

Химикаты, собранные в виде плава с пода топки, подаются в бак-растворитель, в котором они растворяются в слабом белом щелоке. В результате растворения/смешения получаем зеленый щелок, который утилизируется далее в процессе варки.

Зеленый щелок представляет собой жидкость серо-зеленого цвета, мыльную на ощупь, при контакте с воздухом окисляется. Зеленый щелок является сырьем для получения варочного белого щелока в цехе каустизации и регенерации извести по основной реакции:

$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2NaOH + CaCO_3$

Физико-химические свойства зеленого щелока: плотность (при t =15ºС) – 1,14 - 1,16 г/см³; теплоемкость – 3,38 - 3,41 кДж/кгºС (0,83 - 0,86 ккал/кгºС); температура зеленого щелока – 70 - 80ºС.

Достигаемая на производстве степень восстановления сульфата, определяется эквивалентным отношением – $Na_2S / (Na_2S + Na_2SO_4)$, в плаве, и должна составлять 94 - 97 %. Разработка и внедрение ВА, для контроля данного параметра, даст возможность отслеживать ключевой показатель процесса в режиме реального времени, и при необходимости вносить коррективы в режим работы подсистем СРК.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПЛЕНКИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ

Колесникова А.В.*, *Дамрин А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: alinakolesnikova0101@gmail.ru

SOFTWARE COMPLEX FOR TRAINING MANAGEMENT OF THE NUMBER OF DEFECTS OF DIFFERENT TYPES ON THE SURFACE OF POLYMER FILM

Kolesnikova A.V.*, *Damrin A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство поливинилхлоридных (ПВХ) пленок широко распространено сегодня во всем мире. ПВХ-пленки применяются для облицовки фасадов и в качестве упаковочного материала. Дефекты поверхности полимерной пленки в значительной степени определяются материальной и температурной однородностью экструдата, причины которых могут быть связаны с некачественным сырьём или с проблемами на стадии подготовки экструдата.

Создание программного комплекса для обучения операторов производственной линии управлению количеством поверхности ПВХ-пленок позволит повысить эффективность подготовки оператора за счёт моделирования различных нештатных ситуаций (в том числе редко возникающих на реальном производстве), приводящих к появлению дефектов пленки, с возможностью изменения режимных параметров производственной линии для устранения возникших дефектов.

Разработана структура программного комплекса, включающая: базу данных дефектов, типов полимерных пленок, базу данных обучаемых, модуль формирования сценариев обучения, модуль прогнозирования поверхностных дефектов пленок на базе нейро-сетевой модели [1], модуль визуализации (с использованием vr-технологии) и оценки поверхностных дефектов пленок, модуль формирования протоколов обучения, интерфейс инструктора, интерфейс обучаемого (оператора производственной линии).

С помощью интерфейса обучаемого доступны база данных характеристик полимерных пленок и подсистема принятия решений по управлению качеством пленки, включающая модуль выбора показателей качества пленки и модуль моделирования ситуаций с использованием vr-технологий. Интерфейс обучаемого предоставляет возможность задания режимных параметров производственной линии. Интерфейс инструктора включает модуль загрузки новых данных в базу данных характеристик полимерных пленок, модуль изменения и удаления данных в базе данных обучаемых.

Программный комплекс разрабатывается с использованием технологии 3D- моделирования Blender, среды разработки Unity и языка программирования C#.

Программный комплекс протестирован по производственным данным, полученным с экструзионно-каландровой линии завода по производству упаковочных полимерных пленок в Санкт-Петербурге.

Литература:

1. Тетерин М.А., Грищенков Н.Д., Чистякова Т.Б. Прогнозирование качества полимерных пленок с использованием рекуррентной нейронной сети // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 2. С. 105-111.

АРХИТЕКТУРА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Концов Д.А.*, *Корниенко И.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: koncovdmitrij85@gmail.com

ARCHITECTURE OF A GEOINFORMATION SYSTEM FOR FORMING ORDERS FOR PRODUCERS OF POLYMER FILM PRODUCTS

Kontsov D.A.*, *Kornienko I.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Геоинформационные системы (ГИС) интенсивно используются во многих отраслях экономики, в том числе и промышленности. Они позволяют наглядно продемонстрировать пользователю местоположение интересующего объекта на основе геопространственных данных, а также отобразить полную информацию о нем. Также ГИС позволяют предприятиям реализовывать свою продукцию, предоставляя наглядное изображение маршрутов перевозки товаров, информацию о поставщике и его продукции конечному потребителю, что повышает эффективность выполнения и реализации производственных заказов. Для небольших компаний выбор оптимального поставщика является важной и сложной задачей, на которую выделяется немало ресурсов. Поэтому разработка ГИС формирования заказов для предприятий-производителей является актуальной и практически значимой задачей. ГИС позволяет компаниям-потребителям промышленной продукции уменьшить затраты на поиск поставщиков, а поставщикам – найти потребителей для своей продукции.

Разрабатываемая ГИС позволяет на основе анализа геопространственных данных осуществлять формирование заказов между поставщиками и потребителями на примере полимерной пленочной продукции, а также визуализировать маршрут перевозки с использованием географических карт [1].

Для разработки ГИС выбрана клиент-серверная архитектура, имеющая такие преимущества как: масштабируемость, что реализуется благодаря возможности добавления новых серверов или изменения их количества без влияния на клиентские приложения; высокая безопасность, реализуемая благодаря тому, что коммуникации с клиентами проходят с использованием протокола https, а это обеспечивает защиту от атак типа “человек посередине” и других видов вредоносных действий; разделение обязанностей, что позволяет клиентским приложениям быть простыми и легкими; улучшенная производительность, поскольку сервер выполняет всю работу и обрабатывает запросы клиентов, а клиент-серверные системы обычно более производительны по сравнению с другими архитектурами, такими как peer-to-peer.

Информационное обеспечение ГИС реализовано в СУБД Microsoft SQL Server Express, которая обеспечивает надежность, высокую производительность, простоту интеграции, гибкость и является бесплатной для загрузок. В качестве среды разработки программного обеспечения ГИС выбрана Visual Studio, язык программирования C# с использованием Entity Framework. Тестирование ГИС проведено по данным производственных заказов на изготовление фармацевтических и пищевых полимерных пленок завода в Санкт-Петербурге, что подтвердило ее работоспособность.

Литература:

1. Лемдянов, К.Ю. Разработка геоинформационной системы для анализа инноваций в жизненном цикле производства полимерных пленок / К.Ю. Лемдянов, И.Г. Корниенко, Т.Б. Чистякова // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2020. – Т. 12-1. – С. 39-42.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Краснобородько Д.А.*, *Мусаев А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и ИТ

e-mail: kraden@list.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY EDUCATIONAL PROCESS

Krasnoborodko D.A.*, *Musaev A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из перспективных подходов к совершенствованию образовательного процесса высшей технической школы, основанном на парадигме искусственного интеллекта, является переход к когнитивным технологиям обучения.

Когнитивное обучение исходит из предположения о целесообразности перехода от системы запоминания больших объемов информации к системе всестороннего развития креативного мышления, т.е. к развитию когнитивных способностей формируемого специалиста. Достижения в области ИТ позволяют практически мгновенно получить достаточный объем сведений, требуемый для решения конкретной прикладной задачи. «Интернет знает все» и быстрые поисковики мгновенно добудут необходимый объем требуемых сведений. Теряется смысл в запоминании огромного объема разнородной информации. На первый план выходят новые требования к молодым специалистам – способность в минимальный срок освоить требуемый объем новой информации и извлечь из нее знания, необходимые для решения конкретной практической задачи [1].

Такой подход требует качественно новой методологии самого процесса обучения, ориентированной на активизацию креативных способностей мозга обучающихся.

Когнитивная система образования требует существенного увеличения объема самоподготовки (особенно, самоподготовки под контролем преподавателя) с полным кейсовым обеспечением электронными учебными пособиями, в т.ч. видеолекциями и интеллектуальными образовательными системами.

Важным элементом когнитивных образовательных технологий является система регулярного электронного тестирования и самотестирования, обеспечивающая не только контроль, но и коррекцию неправильно усвоенных знаний. Возникает необходимость в непрерывном электронном мониторинге и анализе состояния обучающегося, включающем в себя балльно-рейтинговую систему (БРС) оценки знаний и автоматизированный контроль динамики усвоения программы обучения.

В рамках общего учебного плана по выбранной образовательной программе при необходимости для каждого студента формируется индивидуальная программа корректирующего обучения. Методология когнитивного образования естественно использует и уже наработанные технологии электронного обучения eLearning, дистанционного обучения, активных и интерактивных форм обучения и т.п.

Жесткие методики процесса обучения не регламентированы, креативное обучение требует творческого подхода, прежде всего, от самого преподавателя.

В качестве примера реализации может быть рассмотрена трехступенчатая модель последовательного изучения учебных тем или фрагментов образовательных модулей, представленная в докладе.

Литература:

1. Шевчик, А.П. Общество знаний: парадигма когнитивного образования / А.П. Шевчик, А.А. Мусаев // Alma mater. Вестник высшей школы. – 2016. – №6. – С. 6–13.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Корниенко И.Г., Кротов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ilyakrotovilya@gmail.com

SOFTWARE COMPLEX FOR DESIGNING DIGITAL INFORMATION MODELS OF COMPUTER-AIDED DESIGN UNITS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Kornienko I.G., Krotov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На сегодняшний день во многих высших учебных заведениях есть собственные подразделения автоматизированного проектирования, которые существуют десятки лет и имеют свой собственный уникальный набор программно-аппаратных комплексов.

Для обеспечения более эффективного обучения в области автоматизированного проектирования и наилучшего представления о том, как развивались программно-аппаратные комплексы высших учебных заведений, возникает востребованность в их цифровых информационных моделях. Однако существующие программные комплексы для создания таких моделей не всегда полностью соответствуют потребностям высших учебных заведений.

Целью работы является разработка программного комплекса, позволяющего на основе реляционной базы данных трехмерных моделей и характеристик программно-аппаратных комплексов, а также базы продукционных правил размещения комплексов в помещениях решать задачу синтеза цифровых информационных моделей подразделений автоматизированного проектирования высших учебных заведений, представляющих в цифровом виде физические и функциональные характеристики программно-аппаратных комплексов с визуализацией совокупности информационно насыщенных элементов, а также их технических, конструкционных и геометрических характеристик.

Программный комплекс включает: модуль формирования информационно-поисковых запросов для выбора программно-аппаратных комплексов по различным критериям, модуль размещения программно-аппаратных комплексов в помещениях подразделения, модуль визуализации виртуальной модели подразделения автоматизированного проектирования с учетом технических, конструкционных и геометрических характеристик размещенных программно-аппаратных комплексов, интерфейс проектировщика и интерфейс администратора. Информационное обеспечение программного комплекса включает: базу данных виртуальных моделей программно-аппаратных комплексов и помещений, базу продукционных правил размещения программно-аппаратных комплексов в помещениях, базу данных учетных записей пользователей [1].

Тестирование цифровой информационной модели проводилось на примере размещения программно-аппаратных комплексов в помещениях кафедры САПРиУ СПбГТИ(ТУ).

Литература:

1. Кафедре систем автоматизированного проектирования и управления 30 лет / Т.Б. Чистякова, В.В. Сотников, Р.И. Белова [и др.], Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2001. – 104 с.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Куляев Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: evg23kull@gmail.com

INFORMATION SUPPORT OF SOFTWARE COMPLEX FOR MONITORING AND ANALYSIS INDUSTRIAL COMPUTER NETWORK

Kulyaev E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время компьютерные сети – это одна из самых главных и быстроразвивающихся технологий. Невозможно внедрить современные цифровые технологии в различные сферы жизни и производства без развёртывания вычислительных сетей локальных и глобальных масштабов. Чем сложнее вычислительная сеть, тем затруднительнее определять её поведение, причины снижения производительности [1]. Из-за увеличения количества устройств мониторинг и анализ промышленных вычислительных сетей становится сложнее, а задача по разработке программного комплекса (ПК), который даст возможность оперативно обнаруживать нештатные ситуации, становится актуальной.

Информационное обеспечение – это один из важнейших компонентов ПК. Его составляют базы данных сведений об устройствах вычислительной сети и базы знаний нештатных ситуаций. Для реализации были рассмотрены две модели базы данных: реляционная и сетевая. За счёт удобства при разработке, гибкости и технологичности была выбрана реляционная модель данных [2]. В ходе анализа необходимо было выбрать систему управления базами данных (СУБД), которая отвечает таким показателям, как обеспечение быстродействия, поддержка транзакционности, достаточный допустимый размер баз данных и таблиц для хранения производственных данных, резервное копирование. Анализ показал, что наиболее подходящей под задачи ПК является СУБД SQLite, как автономная, простая в использовании и имеющая подробную документацию. База данных включает таблицы устройств, их параметров, таблицу связей между устройствами, а также таблицу собранной информации с устройств. Пользователь ПК имеет возможность настраивать базу данных, что делает её гибкой для всех необходимых параметров вычислительной сети.

Работоспособность ПК показали тесты по данным на основе фрагмента топологии сети «Клёкнер Пенталаст Рус». Результаты тестирования подтвердили работоспособность информационного обеспечения для задач мониторинга и анализа. Использование ПК позволяет уведомлять персонал о неисправности устройств сети и вести журнал событий, что даёт возможность сократить затраты времени на обнаружение нештатных ситуаций и увеличить скорость реакции на их исправление.

Литература:

1. Ракитин Р.Ю. Компьютерные сети: учебное пособие / Р.Ю. Ракитин, Е.В. Москаленко. – Барнаул: АлтГПУ, 2019. – 340 с.

2. Волк В.К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование / В.К. Волк. – СПБ.: Издательство «Лань», 2022. – 340 с.

ИНФОРМАЦИОННОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕНАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА

Левинский И.В.*, *Новожилова И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ilevinskii429m@mso365.technolog.edu.ru

INFORMATION AND MATHEMATICAL WARE OF THE COMPUTER SYSTEM FOR RECONFIGURING THE CONTROL SYSTEM OF THE STEEL MELTING CONVERTER PROCESS

Levinskiy I.V.*, *Novozhilova I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кислородно-конвертерная плавка стали – наиболее частый и эффективный способ ее получения, так как конвертеры легко изготавливаются и обслуживаются. Конвертерный процесс заключается в том, что чугун (масса которого составляет более 70 % шихты) смешивается с ломом и флюсами, после чего продувается техническим кислородом, чтобы избавиться от примесей в виде шлака. Марка стали зависит от содержания в ней углерода, кремния, марганца, фосфора, серы по ГОСТ 380-2005 и ГОСТ 1050-2013. Для упрощения процесса перенастройки системы управления сталеплавильным конвертерным процессом, необходимо разработать специализированную компьютерную систему, которая позволяет осуществлять перенастройку системы управления, а также определять массу, химический состав и температуру стали в конце плавки на основании данных о металлической и неметаллической шихте [1]. Обеспечить выполнение данных требований позволяет гибкое информационное и математическое обеспечение компьютерной системы.

Информационное обеспечение состоит из базы данных учетных записей пользователей, базы данных технологических регламентов и оборудования. Реляционная база данных содержит 13 связанных таблиц и 62 поля. Для работы с базой данных используется система управления базами данных MySQL. Интерфейс для взаимодействия с информационной подсистемой разработан на языке Python с использованием библиотеки PyQT5.

Основными элементами математического обеспечения являются системы уравнений материального и теплового балансов кислородно-конвертерного процесса плавки стали, позволяющие проводить перенастройку оборудования на выпуск стали заданного качества, а также рассчитывать результаты плавки.

Проведенное тестирование компьютерной системы, в частности математического и информационного обеспечения, по данным ЧерМК (ПАО «Северсталь») подтвердило работоспособность и возможность использования на металлургических предприятиях. Разработанное информационное обеспечение компьютерной системы является гибким и перенастраиваемым за счет возможности внесения в базы данных различных параметров сырья, оборудования и технологических регламентов. Данная особенность позволяет использовать компьютерную систему для решения задачи перенастройки системы управления конвертерами при различных параметрах рабочего пространства, сырья и выпускаемой стали.

Литература:

1. Chistyakova, T.; Novozhilova, I.; Kozlov, V.; Shevchik, A. Resource and Energy Saving Control of the Steelmaking Converter Process, Taking into Account Waste Recycling. Energies 2023, 16, 1302. https://doi.org/10.3390/en16031302

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ЗАЯВКАМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Макарова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: makaova_an_a@mail.ru

INFORMATION SUPPORT OF SOFTWARE COMPLEX FOR SELECTION AND DESIGN OF ELECTRICAL EQUIPMENT BASED ON REQUESTS FROM INDUSTRIAL ENTERPRISES

Makarova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разрабатываемый программный комплекс ориентирован на оптимизацию бизнес-процессов и снижение совокупных затрат, связанных с проектированием заказа и расчета его цены [1, 2]. Объединяя в себе возможности для анализа, оценки и проектирования электрооборудования, прикладное программное решение помогает быстро спроектировать и рассчитать цены на оборудование по актуальным данным в различных вариантах для клиента.

Программный комплекс объединяет в себе инновационные подходы и решения, позволяя более точно и быстро подобрать оптимальное электрооборудование на основе требований заказчика. Программное решение предоставляет возможность оперативно спроектировать различные варианты оборудования и рассчитать их цены на основе актуальных данных, что значительно сокращает время на выбор и проектирование электрооборудования.

Информационное обеспечение является важной частью системы и содержит информацию о различных аспектах процесса работы программного комплекса. База данных состоит из следующих связанных таблиц: таблица MCFRef - главная таблица, содержащая информацию о карточках MCF (Master Costing Framework - Основная система расчета затрат), эта таблица является основной и содержит сведения об идентификаторе карточки, описание карточки, статус и другие связанные данные; таблица MCFBG включает информацию о банковских гарантиях, связанных с карточками MCF; таблица MCFExpenses хранит информацию о расходах по проекту, связанных с карточками MCF; таблица MCF_Composition представляет список заказов, связанных с карточками MCF, в этой таблице хранится информация о составе заказов, которые связаны с карточкой MCF; таблица MCF_OrderCosts содержит сохраненные переменные затраты для конкретных заказов, связанных с карточками MCF; таблица MCF_WBS включает сохраненную расшифровку по WBS для конкретных заказов, связанных с карточками MCF. Для реализации информационного обеспечения программного комплекса выбрана СУБД Firebird, а также дополнительное ПО (IBExpert) для обеспечения доступа к серверу.

Тестирование программного комплекса было проведено в АО «ГК «Электрощит»-ТМ Самара». Тестирование проводилось с использованием реальных данных и сценариев, чтобы оценить функциональность и производительность информационного обеспечения программного комплекса. Результаты тестирования подтвердили, что разрабатываемый программный комплекс соответствует потребностям и требованиям компании.

Литература:

1. Баранчеев, В.П. Управление инновациями / В.П. Баранчеев, Н.П. Масленникова, В.М. Мишин. – 2-е изд. – Москва: Юрайт, 2015. – 711 с.

2. Проектирование систем электроснабжения. Кн. 1. Организация проектирования / В.Г. Сазыкин; КубГАУ им. И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2019. – 248 с.

МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ СТАТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ

Матвеева А.А.*, *Разыграев А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: asia.matveeva@mail.ru

MODULE FOR PROCESSING STATIC TESTS WEB-APPLICATIONS FOR EVALUATION OF THERMAL STABILITY OF PVC COMPOSITIONS

Matveeva A.A.*, *Razygraev A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Термическая деструкция полимеров – процесс, протекающий с разрывом химических связей в макромолекулах под действием высоких температур. Деструкция приводит к ухудшению физико-механических и эксплуатационных свойств материала, поэтому про нее стоит помнить при переработке полимеров. К примеру, переработка поливинилхлорида (ПВХ) сопровождается трудностями ввиду близости температур плавления и разложения полимера, что приводит к изменению цвета материала от светло-желтого до черного. Чтобы замедлить процесс деструкции к ПВХ обязательно добавляют стабилизаторы, являющиеся дорогостоящими добавками. Одной из важных задач является подбор подходящих добавок. Для этого проводятся испытания на термическую стабильность полимерных материалов, анализ результатов которых позволяет определить наиболее эффективный стабилизатор.

Так, одним из экспериментов является статический термический тест. Отвальцованный полимер нарезается на одинаковые квадраты. Каждый образец оборачивается в фольгу для равномерного распределения тепла. Затем они укладываются в термостат, где подвергаются термической деструкции при контролируемых условиях. Каждые 5 минут один из образцов извлекается из термостата для получения градиента изменения цвета при выдержке образцов в течение разного времени. Таким образом, по результатам теста строятся трехмерные графики зависимости индекса пожелтения от времени и температуры выдержки образцов в термостате. В качестве примера на рисунке представлен график протестированного при температурах 170, 180, 190, 200 и 210 °С образца ПВХ-пленки ООО «Клекнер Пентапласт Рус», стабилизированного кальций-цинковым стабилизатором.

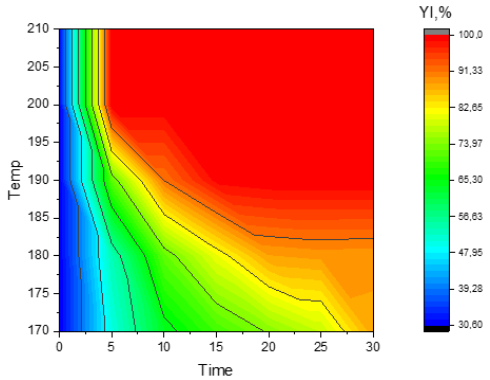


Рисунок – Динамика изменения индекса пожелтения образца ПВХ-пленки

В целях ускорения исследований разрабатывается web-приложение, которое позволит по фотоизображениям образцов после термических испытаний произвести расчет индексов пожелтения, вывести результаты расчета в табличном виде и на их основе построить графики, характеризующие динамику деструкции полимерных материалов. В частности, модуль обработки статических тестов позволит получать контурные графики.

СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАНА НА ПОЛИГОНАХ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Михайлов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: i.a.mikhailov@mail.ru

SYSTEM FOR MODELING OF METHANE GENERATION PROCESSES AT MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

Mikhailov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время одной из самых актуальных экологических проблем является утилизация и переработка твёрдых коммунальных отходов (ТКО). Ежегодно в мире образуется около 2 млрд. тонн ТКО [1]. Сбор, удаление и обезвреживание ТКО – это взаимосвязанные этапы процесса санитарной очистки населенных мест и составляют одну из наиболее сложных и важных проблем развития и функционирования городского хозяйства, улучшения условий жизни человека и общественной гигиены.

Метан, который образуется в ходе биохимических процессов внутри тела полигона ТКО, является важным ресурсом, и в то же время одной из причин возможного возникновения пожара внутри тела полигона. В связи с этим, необходимо проводить мониторинг и прогнозирование образования метана внутри тела полигона ТКО.

Существует много математических моделей, позволяющих спрогнозировать образование метана на полигонах. Эти модели можно классифицировать по процессам, которые они моделируют: гидравлические, механические, биологические. LandGEM и IPCC Model основаны на разложении первого порядка, поэтому для их использования не требуется большого количества входных данных.

Модель LandGEM разработана Агентством по охране окружающей среды США (US EPA). В случае, если некоторые из параметров неизвестны, для модели можно использовать набор стандартных параметров [2]. Данную модель можно использовать для приблизительных расчетов, когда нет чётких данных по полигону, но в этом случае снижается точность моделирования.

Модель IPCC, разработанная Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC), в качестве главного отличия от модели LandGEM использует данные о морфологическом составе отходов [3]. Наличие этих данных позволяет более точно спрогнозировать образование метана в теле полигона ТКО.

Также существуют и другие математические модели, для которых требуется дополнительная информация, например, механические свойства тела полигона, погодные условия и т.п. Проблема заключается в том, что нет единого подхода к количеству учитывамых данных об отходах ТКО на полигонах. Разрабатывая система будет предлагать пользователю модели, в зависимости от количества данных, с последующим прогнозированием пожароопасности полигона.

Литература:

1. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 // Urban Development Series. – Washington, DC: World Bank, 2018. – 295 p.

2. Alexander A., Burklin C., Singleton A. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User’s Guide. – Washington, D.C.: US EPA, 2005. – 48 p.

3. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – IGES, Hayama, Japan. – V.5. – 155 p.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

Михайлова Ю.С.*, *Рудакова И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: julia.mikhailova2002@gmail.com

LOCALIZATION OF THE LOCATION OF THE VIOLATION OF THE INTEGRITY OF THE MAIN OIL PIPELINE

Mikhailova Iu.S.*, *Rudakova I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Магистральный нефтепровод – это комплекс сложных инженерных сооружений, включающий линейные участки трубопроводов диаметром 220-1220 мм, нефтеперекачивающие станции, резервуарные парки, пункты приема, склады для хранения нефти т.д. Но именно на магистральном трубопроводе (МТ) возникает подавляющее число нештатных ситуаций и отказов, имеющих риск развития аварий вплоть до техногенного характера, и согласно ежегодной статистики число таких отказов составляет примерно 50 тыс. в год [1]. Центральной проблемой для территориально распределенного линейного участка МТ является своевременное обнаружение утечки и локализация точки её возникновения. Учитывая потенциальную опасность процесса транспортировки нефти разработано и стандартизовано множество разноплановых методов диагностики состояния магистральных линий [2]. Сравнительный анализ возможности применения методов для диагностики состояния МТ на трассе Ленинградского районного нефтепровода показал, что из-за специфики грунта, прокладки, организации инфраструктуры и для конкретного технической оснащенности магистральных линий можно разработать систему мониторинга целостности МТ с комбинированной диагностической моделью.

За основу принят метод гидравлической локации утечек с расчетом географических координат при возникновении излома линий гидравлического уклона. Данный метод предполагает использование высокоточных средств измерения давления. Для уточнения координаты возможного местоположения отказа предлагается использовать обобщенный критерий. К основным факторам, влияющим на износ участка МТ, можно отнести плотность тока катодной защиты, кислотность грунта, в котором проложен трубопровод. Большое значение имеет наличие в МТ выявляемых дефектов, что можно увидеть по результатам расшифровки периодического прохождения внутритрубного дефектоскопа, так как вероятность утечки в таком месте выше. Перечисленные факторы формализуются в виде частных критериев, составляющих обобщенного критерия. Он имеет накопительный эффект и вычисляется по формуле коэффициента уверенности.

Комбинированная диагностическая модель позволяет при необходимости менять виды моделей уровня первичной локализации, что обеспечивает универсальность предлагаемого подхода к решению задачи мониторинга целостности МТ.

Литература:

1. Поникаров, С.И. Анализ причин возникновения аварий на магистральных нефтепроводах / С.И. Поникаров, В.А. Алексеев, П.В. Вилохина, А.Ф. Маннанова / Вестник Казанского технологического университета. – 2014. - Т.17.- №23– С.365-368

2. Мамонова, Т.Е. Методы диагностики линейной части нефтепроводов для обнаружения утечек // Т.Е. Мамонова / Проблемы информатики. - 2012. №S3(17) - С. 103-112

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЛАБОРАТОРНОГО СИНТЕЗА АНТИМИКОТИКОВ

Пашов С.Ю.*, *Смирнов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: pashov155@gmail.com

FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX FOR FORMING A DIGITAL INFORMATION MODEL OF THE PROCESS OF LABORATORY SYNTHESIS OF ANTIMYCOTICS

Pashov S.Y.*, *Smirnov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В мире наблюдается рост числа заражений грибковыми заболеваниями. Для решения этой проблемы ведется непрерывная разработка новых противогрибковых средств, и прежде всего, новых полиеновых макролидных антибиотиков (ПМА) и их производных. В этой связи становится актуальной задача по разработке системы автоматизированного проектирования цифровых информационных моделей (ЦИМ) для процесса лабораторного синтеза ПМА и интеграция её в общую структуру автоматизированной интеллектуальной информационной системы, разрабатываемой на кафедре САПРиУ в рамках прикладной НИР «Автоматизированный комплекс для интеллектуального анализа и рационального выбора параметров синтеза производных полиеновых макролидных антибиотиков, перспективных для медицины» совместно с Технионом - Израильским институтом технологии [1].

Функциональная структура программного комплекса включает в себя интерфейсы администратора и проектировщика, базу данных 3D-моделей и характеристик лабораторного оборудования, базу данных сырья, базу данных пользователей, базу данных сформированных ЦИМ, модуль формирования и модуль визуализации ЦИМ.

Интерфейс проектировщика предоставляет возможность формирования и редактирования ЦИМ в специальном редакторе, а также получение визуального представления ЦИМ, включая данные по характеристикам оборудования, параметрам технологического процесса и используемом сырье. Интерфейс администратора позволяет редактировать базы данных оборудования, сырья и пользователей.

Модуль формирования ЦИМ предоставляет следующий функционал: подбор лабораторного оборудования по заданным характеристикам, подбор сырья и установка параметров технологического процесса. Кроме того, модуль формирования ЦИМ обеспечивает взаимодействие со сторонними системами проектирования, например PlantLinker. Модуль визуализации ЦИМ предоставляет следующий функционал: просмотр графического представления ЦИМ в 3D-формате, просмотр характеристик оборудования и параметров технологического процесса.

Базы данных характеристик и 3D-моделей оборудования, сырья, пользователей и сформированных ЦИМ являются ядром информационного обеспечения программного комплекса и дают возможность гибкой настройки ЦИМ.

Литература:

1. Белахов В.В., Чистякова Т.Б., Смирнов И.А., Колодязная В.А. Гидрофосфорильные производные перимицина: получение, антифунгальная активность, фармакологические свойства и разработка интеллектуальной автоматизированной информационной системы.- Успехи медицинской микологии. - 2022. - Т. 23. - С. 184-188

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Плеханов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: plehalex09@gmail.com

APPLICATION OF PARALLEL COMPUTING FOR OPTIMAL PLANNING OF MULTI-ASSORT PRODUCTION OF POLYMER MATERIALS USING GENETIC ALGORITHM

Plekhanov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Оптимальное планирование многоассортиментного производства является одной из самых важных, но вместе с тем и одной из самых сложных задач для предприятия. Задача распределения 10 заказов по 2 производственным линиям дает 39 916 800 вариантов [1].

Очевидно, что решать данную задачу методом полного перебора будет очень долго. Чтобы оптимизировать время поиска оптимального решения, был выбран генетический алгоритм, позволяющий ускорить решение задачи. Для того чтобы построить оптимальный производственный план на одну производственную линию при 62 многоассортиментных заказов, необходимо настроить генетический алгоритм следующим образом: количество особей в популяции = 200, количество поколений = 1000. В среднем случае количество операций расчетов целевой функции будет примерно равно 400, а значит, для поиска одного решения потребуется 400 000 операций расчета. Такое количество вычислительных операций на современных процессорах будет занимать до 2 секунд. Однако нам необходимо провести несколько решений, из разных начальных популяций, чтобы убедиться, что найденное решение является глобальным экстремумом (в среднем 10, то есть 4 000 000 вычислений). Тогда поиск будет занимать уже 20 секунд. Кроме того, любое усложнение условий задачи приведет к кратному повышению времени выполнения: для двух производственных линий и 118 заказов решение займет уже больше 5 минут.

Параллельные вычисления помогут сократить затраты по времени на решение задачи. Каждое из решений выносится в отдельный поток выполнения, что даст сокращение времени почти в 10 раз. В каждом решении необходимо разбить обработку поколений на две параллельные операции: кроссовера и мутации – эти операции не пересекаются друг с другом, так что их можно выполнять в отдельных потоках. Однако данные операции потребуют общих ресурсов для вычислений, что обяжет использовать неблокирующие (lock-free) решения, иначе всё сэкономленное время от распараллеливания будет затрачено на ожидание заблокированных ресурсов. Дальнейшую грануляцию задач проводить не стоит, так как затраты на выделение нового потока будут больше времени вычисления конкретной небольшой операции. Программный комплекс тестируется на производствах полимерных пленок России и Германии. Решение с указанными выше параметрами занимает около 820 миллисекунд.

Исследование выполнено при стипендиальной поддержке Почетного профессора СПбГТИ(ТУ) А.Н. Чистякова.

Литература:

1. Плеханов А.А., Чистякова Т.Б., Корниенко И.Г., Шашихина О.Е. Структура геоинформационной системы оптимального планирования заказов производства полимерных материалов Математические методы в технологиях и технике. - 2022. - № 12, ч. 1 - С. 113-118.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Проснеков И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: Iprosnekov@yandex.ru

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN PREDICTION AND OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Prosnekov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире информационных технологий нейронные сети стали надежным инструментом для прогнозирования и оптимизации технологических процессов. С их помощью удается не только повысить эффективность и точность прогнозирования, но и оптимизировать ресурсоемкие операции, что имеет стратегическое значение для различных отраслей промышленности.

Нейронные сети возникли из исследований в области искусственного интеллекта, а именно, из попыток воспроизвести способность биологических нервных систем обучаться и исправлять ошибки, моделируя низкоуровневую структуру мозга [1]. Благодаря особенностям данной алгоритмической модели, нейронные сети способны адаптироваться к разнообразным входным данным и обучаться на больших объемах информации, что позволяет выявлять скрытые закономерности и создавать точные прогнозы.

В контексте технологических процессов, нейронные сети могут применяться для разных задач. В частности, нейронные сети способны анализировать имеющиеся данные о спросе на продукцию, учитывая внешние факторы, что позволяет более точно планировать технологические процессы [2].

Задачи оптимизации технологических процессов так же могут быть успешно решены с использованием нейронных сетей [3]. Нейронные сети могут участвовать в управлении и оптимизировать параметры процессов, учитывая различные переменные условия и минимизируя энергозатраты.

Подводя итог, можно сказать, что нейронные сети представляют собой мощный и быстроразвивающийся инструмент для исследователей и инженеров в области прогнозирования и оптимизации технологических процессов. Несмотря на некоторые трудности, такие как необходимость значительных объемов обучающих данных и сложность настройки, их преимущества в виде повышения эффективности и сокращения издержек делают нейронные сети крайне важным компонентом будущего для компаний, стремящихся поддерживать свою конкурентоспособность.

Литература:

1. Васильев, А.Н. Принципы и техника нейросетевого моделирования / А.Н. Васильев, Д.А. Тархов. - Москва: Высшая школа, 2014. - 218 с.

2. Редько, В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В.Г. Редько. - Москва: СИНТЕГ, 2017. - 224 с.

3. Ширяев, В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика / В.И. Ширяев. - М.: Ленанд, 2019. - 232 с.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

Рогов А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: alex.rogov.spb@yandex.ru

SOFTWARE MODULE FOR ESTIMATION OF POLLUTANT EMISSIONS IN ATMOSPHERE FROM WATER BOILER

Rogov A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тезисы посвящены программному модулю, который разработан для расчёта выбросов оксида азота, оксида серы, оксида углерода и бензапирена в атмосферу, образующихся при сжигании природного газа в водогрейных котельных установках. Эти выбросы могут оказывать такие негативные воздействия, как загрязнение воздуха, ухудшение здоровья людей, изменение климата [1].

Расчёт массовых выбросов указанных вредных веществ осуществляется по методике [2] и необходим для оценки их соответствия нормам на предельно допустимые концентрации. В ходе работы был разработан программный модуль, который позволяет вводить данные о конфигурации технологического оборудования, технологических параметрах, составе газовой смеси и производить расчёты с отображением результирующих значений концентраций в отдельном окне.

Программный модуль реализован на языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio и имеет интерфейс, показанный на рисунке.

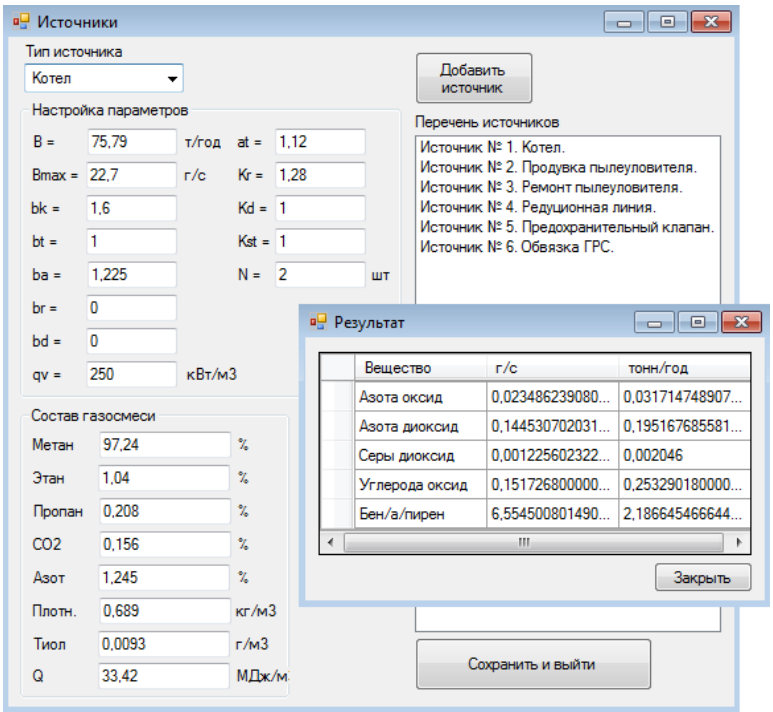


Рисунок – Пример интерфейса программы

Литература:

1. Кирсанов Ю.Г. Оценка воздействия выбросов вредных веществ на атмосферный воздух: учебное пособие. / Екатеринбург: Уральский ун-т., 2018 - 110 с.

2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. / Москва: НИИ Атмосфера, 1999 - 76 с.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ АППАРАТА ВЫПАРИВАНИЯ В ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС

Рогов А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: alex.rogov.spb@yandex.ru

INTEGRATION OF SOFTWARE MODULES FOR EVAPORATOR IN THE TRAINING PACK

Rogov A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В тезисах рассматривается реализация обучающего программно-методического комплекса на основе интеграции программных модулей, разработанных для аппарата выпаривания [1]. Актуальность работы связана с применением обучающих комплексов в учебном процессе по основам современных химических технологий. В ходе работы был программно реализован модуль для расчёта параметров выпарного аппарата [2] и модуль для визуализации его трёхмерной модели [3] на основе технологии блочных интерактивных моделей фрагментов конструкции аппарата [4].

Объединение этих модулей в обучающий комплекс даёт возможность проведения обучения и тестирования знаний студентов в одной программной среде, а также повышает наглядность получаемых результатов. Вычисления завершаются построением интерактивной трёхмерной моделей. Сценарий использования представлен на рисунке.

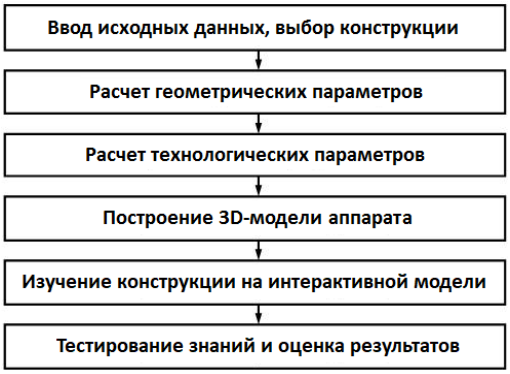


Рисунок – Сценарий использования комплекса

Литература:

1. Рогов А.Ю., Ананченко И.В., Софрин К.Д. Разработка программного комплекса расчёта параметров и визуализации трёхмерной модели выпарной установки. / XVI Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие науки и образования».- Пенза: «Наука и Просвещение», 2022.- С. 43-46.

2. Рогов А.Ю. Программный модуль для расчёта параметров выпарного аппарата. / XIII научная конференция «Традиции и инновации», посвященная 194-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2022.- С. 224.

3. Рогов А.Ю. Программный модуль для визуализации 3D-моделей выпарного аппарата. / XIII научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Неделя науки – 2023».- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2023.- С. 353.

4. Халимон В.И., Рогов А.Ю., Проститенко О.В. Использование интерактивных 3D-моделей при изучении конструкций технологических аппаратов. / IX Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (ИТНОП-2023).- Белгород: ИД «БелГУ», 2023.- С. 352-355.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕХРАНЕНИЯ

Руденко П.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: polinarudenco@gmail.com

INFORMATION SYSTEM FOR MODELING OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS AT OIL STORAGE FACILITIES

Rudenko P.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Объекты нефтехранения являются серьезным источником угроз для окружающей обстановки в случаях возникновения нештатных ситуаций на их территории. Несмотря на строгий контроль за режимом функционирования таких объектов, риск возникновения чрезвычайных ситуаций сохраняется, поэтому необходимо заранее оценивать масштабы последствий возможных аварий для минимизации их ущерба. В связи с этим задача разработки программного комплекса для моделирования последствий нештатных ситуаций является актуальной.

Основным элементом информационного обеспечения программного комплекса является база данных параметров нефтехранилища, включающая данные о технологических параметрах, климатических и погодных условиях, свойствах веществ и резервуаров для их хранения, а также характеристиках сооружений, располагающихся на территории объекта. В соответствии с нормативными документами [1, 2] при описании нефтехранилищ используются данные об эксплуатационных характеристиках резервуаров для хранения нефтепродуктов. Для последующего моделирования нештатных ситуаций используется справочник физических свойств хранимых веществ и конструктивных параметров и критериев повреждений зданий и сооружений, расположенных на территории нефтехранилища, и обслуживающего персонала. Реляционная база данных разработана с использованием средств системы управления базами данных SQLite, интерфейс взаимодействия с информационной системой разработан на языке C#.

Программный комплекс протестирован на примере материалов Санкт-Петербургского нефтеналивного терминала. Результаты тестирования подтвердили работоспособность комплекса. Разрабатываемая система в общем виде представляет учебно-исследовательский комплекс, используемый при анализе функционирующих или модернизируемых объектов.

В ходе дальнейшей разработки программного комплекса планируется расширение информационного обеспечения дополнительными параметрами оборудования и среды. С увеличением количества учитываемых характеристик нефтехранилища и применением их в последующих расчетах, повышается качество моделей и корректность результатов оценки рисков, что, в свою очередь, позволяет повысить уровень безопасности объектов нефтехранения и уменьшить негативные последствия аварийных ситуаций в ходе их эксплуатации.

Литература:

1. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия: межгосударственный стандарт: дата введения 2017 01-03. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 102 с.

2. ГОСТ 17032-2010. Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия: межгосударственный стандарт: дата введения 2012 01-01. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА И АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АЭРОПОРТА С КЛИЕНТОМ И СУБД

Русин А.С.*, *Макарук Р.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: shpion39rus@gmail.com

DESIGN OF A SERVER INTERFACE FOR AN AIRPORT TECHNICAL FACILITIES ACCOUNTING AND ANALYSIS SYSTEM WITH A CLIENT AND A DBMS

Rusin A.S.*, *Makaruk R.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Автоматизированные информационные системы (АИС) необходимы для эффективного управления бизнесом и обеспечением безопасности. Одной из таких систем является АИС аэропорта, которая включает в себя множество компонентов и подсистем. Одним из ключевых элементов этой системы является серверный интерфейс, который обеспечивает взаимодействие клиента и системы управления базами данных (СУБД). Серверный интерфейс позволяет управлять техническими средствами, анализировать их состояние и предоставлять информацию о них пользователю. В связи с этим становится актуальной задача по разработке серверного интерфейса для взаимодействия систем с СУБД.

В качестве интерфейса взаимодействия сервера и клиента был выбран протокол HTTPS с целью обеспечения безопасности передачи данных. При проектировании серверного интерфейса необходимо продумать взаимодействие с СУБД, для чего были рассмотрены инструментарии Dapper, Hibernate и Entity Framework. Выбран был Entity Framework Core 6, так как он дает возможность работать с данными на более высоком уровне абстракции, одновременно с этим сокращая объем кода по сравнению с конкурентами, а также файл контекста, который определяет среду для объектов [1].

На сервере реализована система прав и ролей. Работа клиента и сервера происходит через https-протокол с помощью контроллеров со стороны сервера. Когда поступает https-запрос, котроллер на сервере его принимает и обрабатывает. При авторизации происходит запрос на сервер к контроллеру, в котором определяется проверка введенных данных пользователем, и в случае корректности в cookie записывается авторизационный токен, где хранится информация о id и роли учетной записи пользователя. Проверка учетной записи на стороне сервера происходит через базу данных [2].

После разработки контроллеров был протестирован интерфейс с СУБД и клиентским приложением в аэропорту Пулково. Тестирование включало проверку идентификации пользователей, безопасности доступа, а также обработку возможных ошибок и сбоев. Результаты тестирования показали, что разработанное решение работает корректно и может быть использовано в рабочей среде.

В ходе проектирования серверного интерфейса взаимодействия с клиентом и СУБД был выбран протокол HTTPS, Entity Framework Core 6 и файл контекста, а передача данных была реализована на основе cookie.

Литература:

1. Умрихин Е.Д. Разработка веб-приложений с помощью ASP.Net Core MVC – СПб.: БВХ-Петербург, 2023 – 416 с.

2. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016 – 992 с.

ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Савенков О.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: fm2amd@yandex.ru

SELECTION OF A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM FOR AN AUTOMATED SYSTEM FOR SECURITY MONITORING OF A MEDICAL INSTITUTION COMPUTER NETWORK

Savenkov O.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время наблюдается тенденция к смещению фокуса хакерских атак с коммерческих фирм на органы государственной власти и бюджетные организации. Для медицинских учреждений эти атаки опасны такими катастрофическими последствиями, как, например, несвоевременное оказание медицинской помощи, утечка персональных данных и т. д. Именно поэтому требуется уделять особое внимание обеспечению безопасности подобных структур [1].

Для разработки автоматизированной системы мониторинга безопасности вычислительной сети необходимо выбрать подходящее информационное обеспечение для хранения и обработки полученных с узлов сети данных мониторинга. Исходя из исходных требований к разрабатываемому программному комплексу, система управления базами данных (СУБД) должна соответствовать следующим критериям:

- реляционная либо объектно-реляционная;
- работа по принципу «Клиент-сервер»;
- отсутствие ограничений на максимальный размер базы данных;
- вхождение в Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД и др.

Обзор СУБД по выдвинутым критериям представлен в таблице.

Таблица – Сравнение наиболее популярных СУБД

СУБД	Тип	Клиент-сервер	Лимит на размер БД	Наличие в Едином реестре российских программ	Стоимость, руб.
Oracle Database	Объектно-реляционная	Да	Нет	Нет	Недоступно в России
MS SQL Server	Реляционная	Да	Нет	Нет	Недоступно в России
Postgres Pro	Объектно-реляционная	Да	Нет	Да	62291

Как видно из таблицы, вышеуказанным требованиям соответствует СУБД Postgres Pro. Тестирование данной СУБД показало стабильную работу в отечественных UNIX-подобных дистрибутивах операционных систем, таких как ALT Linux и Astra Linux, использующихся в СПб ГБУЗ ГЦОРЗП «Ювента».

Литература:

1. Солодянников, А.В. Информационная безопасность автоматизированных систем: учебное пособие / А.В. Солодянников. – СПб: Изд-во СПбГЭУ, 2020. – 108 с. – ISBN 978-5-7310-5001-2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКГ

Садриев Р.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: renaz.sadriev@bk.ru

USING NEURAL NETWORKS FOR HEART DISEASE DETECTION BASED ON ECG RESULTS

Sadriev R.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Электрокардиограмма (ЭКГ) представляет собой графическое изображение электрической активности сердца во времени. Эта процедура, широко используемая в медицинской практике, позволяет регистрировать и анализировать изменения в сердечном ритме и проводимости. ЭКГ состоит из нескольких отведений, которые помогают фиксировать электрическую активность сердца с разных углов и плоскостей [1].

Использование нейронных сетей для анализа данных ЭКГ – это значительное совершенствование в области диагностики сердечных заболеваний [2]. ЭКГ, как запись электрической активности сердца во времени, является неотъемлемой частью клинической практики. Однако, даже для опытных врачей, интерпретация ЭКГ может быть сложной задачей, требующей высокой квалификации и времени.

Нейронные сети, включая сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN) и глубокие нейронные сети, представляют собой мощные инструменты, способные анализировать миллионы ЭКГ записей [3]. Они могут обучаться на этой информации и выделять сложные паттерны, которые могли бы остаться незамеченными для человеческого глаза [4]. Нейронные сети могут автоматически распознавать разнообразные аномалии, включая аритмии, ишемические изменения и другие нарушения работы сердца с высокой точностью.

Важно понимать, что в области сердечных заболеваний, где каждая минута имеет значение, быстрое и точное диагностирование может спасти жизни пациентов. Нейронные сети служат не заменой, а поддержкой для врачей, предоставляя им инструмент, который значительно упрощает процесс диагностики и позволяет быстрее принимать решения по лечению. По мере развития технологий и увеличения объема доступных данных, использование нейронных сетей в анализе ЭКГ обещает стать обязательным компонентом современной медицинской практики, что приведет к повышению качества и эффективности диагностики сердечных аномалий и, следовательно, улучшению здоровья пациентов.

Литература:

1. Deep learning in ECG diagnosis: A review
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705121004494
2. Deep-ECG: Convolutional Neural Networks for ECG biometric recognition
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167865518301077
3. Automatic ECG Diagnosis Using Convolutional Neural Network
https://www.mdpi.com/2079-9292/9/6/951
4. A Neural Network to Identify Human Subjects with Electrocardiogram Signals
https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2e25651a7cd7c51ae0156dff419a1e8bde0d6260

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИГРЫ

Саранцева А.А.*, *Чумаков С.И.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: alina.logan2017@yandex.ru, srg_chumakov@mail.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTELLIGENT GAMES

Sarantseva A.A.*, *Chumakov S.I.
Saint-Petersburg state Institute of Technology

Интеллектуальные программы (подмножество программ с элементами искусственного интеллекта), которые позволяют играть в интеллектуальные игры, появились ещё в 20-м веке. Были созданы популярные программы, играющие в шахматы, в частности была программа 2100, для шахматистов среднего уровня. Более сложная программа «Пионер» была разработана под руководством чемпиона мира Михаила Ботвинника. Сегодня компьютер обыгрывает чемпиона мира Каспарова. Недавно компьютер обыграл чемпиона по игре в Го из Южной Кореи. Есть интеллектуальные игры более простые, для таких игр проще написать интеллектуальную программу, например, искусственную нейронную сеть [1].

В данной работе рассматривается программа, которая предлагает решение головоломки Судоку.

Программа разработана на языке программирования C++ и использует метод грубой силы для поиска решения предлагаемой головоломки. Её особенностью является использование рекурсивного алгоритма, обеспечивающего высокую эффективность в поиске оптимальных решений.

Принцип работы программы заключается в систематическом переборе всех возможных вариантов, что гарантирует нахождение верного решения. Алгоритм начинается с поиска первой пустой ячейки в головоломке, затем находятся все возможные числа, которые могут быть размещены в этой ячейке, соблюдая правила Судоку. С помощью рекурсии этот процесс применяется для каждой из возможных цифр и перебор продолжается до тех пор, пока не будет найдено верное решение или будет обнаружено, что данная конфигурация неверна. Такой подход обеспечивает возможность решения головоломок Судоку любого уровня сложности, что подчеркивает гибкость и универсальность программы.

Данная программа демонстрирует, как современные методы искусственного интеллекта могут успешно применяться для сложных интеллектуальных задач, обеспечивая точность и эффективность решения.

Литература:

1. Патрушева А.В. Создание искусственной нейронной сети / А.В. Патрушева, С.И. Чумаков. // Материалы научной конференции X НТК «Неделя науки – 2020», СПБГТИ(ТУ), 2020, СПб, С. 282

ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Сомов А.С., Пешехонов А.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности
e-mail alanpeshekhonov@mail.ru

SAMPLED-DATA CONTROL IN CONTINUOUS TECHNOLOGIC PROCESSES

Somov A.S., Peshekhonov A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Управление технологическими процессами осуществляется путём сообщения объектам управления заданного количества вещества или энергии. Интенсификацию процессов тепло- и массопередачи, а также химического взаимодействия часто удаётся осуществить, организуя управляющее воздействие в виде импульсной подачи материала, что позволяет повысить точность дозирования и, как показывает практика, выигрыш в надежности эксплуатации. Например, для реализации управляющего воздействия в процессах измельчения, сушки, обжига, растворения и других в виде импульсов расхода зернистых сыпучих материалов (ЗСМ) эффективно применение бесклапанных пневматических питателей и дозаторов. Здесь возможно применение как широтно-импульсной (ШИМ), так и частотно-импульсной (ЧИМ) модуляции импульсов расхода сыпучего материала в потоке воздуха или иного газа. Максимальную эффективность в таких случаях обеспечивают инновационные системы автоматического дозирования (САД) напорного и вакуум-напорного действия с ЧИМ [1]. Расход материала на выходе рабочего органа исполнительного устройства этих дозаторов представляет собой последовательность практически прямоугольных импульсов – доз постоянного объёма $V_M = const$ – с переменной частотой подачи $f_И$, изменение которой обеспечивает возможность управления расходом. Если объём единичной дозы обычно задаётся из соображений технологии, то параметры импульса – амплитуда мгновенного расхода Q_M и длительность выдачи $t_Д$ могут реализоваться бесконечным числом сочетаний в переделах равенства (1).

$$V_M = Q_M \cdot t_Д \tag{1}$$

Выполненные на кафедре автоматизации процессов химической промышленности теоретические и экспериментальные исследования макетов импульсных САД ЗСМ объёмного действия показали наличие минимума удельных затрат воздуха на перемещение единицы массы твёрдого материала в пределах достижимого для определенного диапазона расхода. Данный экстремум является одним из определяющих параметров для оценки эффективности применения пневматических систем управления расходом ЗСМ по сравнению с традиционными механическими дозаторами. С позиции внедрения предлагаемого решения актуализируется задача разработки алгоритма априорного расчёта конструктивных и режимных параметров импульсных САД ЗСМ применительно к системам импульсного управления, обеспечивающим минимум энергозатрат.

Литература:

1. Okrepilov V.V., Peshekhonov A.A., Chernikova, A.V., Rudakova I.V Batching Actuator Device for Granular Material: Innovative Methods and Systems / Measurement Techniques – 2019. Vol. 61, - No. 11. – pp.1074-1080.

СХОДИМОСТЬ ПРИБЛИЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДИФРАКЦИИ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛАХ

Соппа М.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра математики

e-mail: soppa@ngs.ru

CONVERGENCE OF APPROXIMATE SOLUTIONS OF THE INVERSE PROBLEM OF CYLINDRICAL BODIES DIFFRACTION

Soppa M.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе приводится обоснование возможности применения метода последовательных приближений при математическом моделировании рассеяния плоской электромагнитной волны на импедансных рассеивателях. Данный подход базируется на использовании модифицированного граничного условия, которое успешно применяется в исследовании различных постановок обратных задач [1]. Показано, что итерационный процесс, соответствующий применяемой линеаризации, сходится к точному решению задачи с нелинейными соотношениями на границе. Получены оценки скорости сходимости.

Обратная задача дифракции *H*-поляризованной электромагнитной волны на цилиндрической поверхности S сводится к системе интегральных уравнений [2] для системы функций (W, v) , определенных на S:

$$\int_S (g(M,P)v_0 ikW/W_0 - g_n(M,P)v)dS_P = 2\pi v_g^s(M), \quad M \in S_R,\ P \in S,$$

$$\frac{v}{2} - \frac{1}{2\pi}\int_S (g(M,P)ikW/W_0 - g_n(M,P))vdS_P = v_1(M), \quad M,P \in S,$$

где S_R – окружность достаточно большого радиуса, а $g(M,P)$ – фундаментальное решение уравнения Гельмгольца. Нелинейность второго уравнения обусловлена присутствием произведения функций $(W \cdot v)$ под знаком интеграла.

Применяя дискретизацию задачи по методу граничных элементов и записывая конечномерные аналоги интегральных операторов, получаем систему нелинейных уравнений специального вида. Использование в качестве дополнительной информации фрагментов диаграммы рассеяния приводит к матрицам с высокими числами обусловленности, поэтому выполняется операция симметризации и вводится регуляризующее слагаемое. Установленные свойства конечномерных аналогов позволяют доказать сходимость построенного итерационного процесса. В качестве начального приближения выбирается решение, соответствующее случаю идеально проводящей поверхности ($W(S) = 0$). Следует отметить, что уменьшение нормы (интенсивности) импедансного покрытия закономерно приводит к увеличению скорости сходимости индуцированных токов на поверхности S, а, следовательно, и к сходимости используемых фрагментов диаграмм рассеянного поля.

Литература:

1. Соппа М.С. Численное решение смешанных обратных задач дифракции радиоволн на импедансных поверхностях / М.С. Соппа // Вычислительные технологии, 2008. Т. 13, ч. III. С. 203-209.

2. Соппа М.С. Численное решение задачи восстановления формы импедансной поверхности / М.С. Соппа // Автометрия. –1998.– № 1. С. 47-49.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ

Столяров И.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

e-mail: anantchenko@yandex.ru, ilya.stolyarov.2002@mail.ru

USE OF MACHINE LEARNING AND DATA ANALYSIS FOR OPTIMIZATION OF PRODUCTION OPERATIONS

Stolyarov I.S.

Kazan State Energy University

В современном мире производственные операции становятся все более сложными и требовательными к эффективности. В этом контексте использование машинного обучения и анализа данных приобретает критическое значение, позволяя оптимизировать процессы и повысить конкурентоспособность компаний в различных отраслях.

Машинное обучение и анализ данных предоставляют инструменты для сбора, обработки и интерпретации больших объемов информации, что позволяет оптимизировать производственные операции. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать и прогнозировать данные, исходя из предыдущих опытов, что способствует улучшению планирования производственных циклов и оптимизации запасов сырья. Кроме того, машинное обучение может автоматизировать процессы мониторинга оборудования, предсказывать отказы и улучшать обслуживание, что ведет к снижению времени простоя и повышению надежности производственных линий.

Интеграция данных из различных источников с использованием анализа данных позволяет выявлять скрытые закономерности и оптимизировать производственные параметры. Например, в процессе производства можно анализировать данные с датчиков и устройств IoT [1-4], определять оптимальные условия работы оборудования и экономить ресурсы. Это также способствует сокращению затрат на энергию и сырье, что является важным аспектом с точки зрения устойчивости и экологической ответственности.

Использование машинного обучения и анализа данных для оптимизации производственных операций имеет потенциал трансформировать современную промышленность. Эти технологии позволяют компаниям улучшить эффективность, снизить затраты и увеличить конкурентоспособность. Однако для успешной реализации этого потенциала необходимо обеспечить надежное хранение и безопасность данных, а также обучить персонал работать с новыми инструментами. В будущем, использование машинного обучения и анализа данных станет неотъемлемой частью производственных операций, способствуя инновациям и устойчивости в промышленности.

Литература:

1. IoT Agenda https://internetofthingsagenda.techtarget.com
2. Blockchain Council https://www.blockchain-council.org
3. IoT For All https://www.iotforall.com
4. Medium https://medium.com

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДИСПЕТЧЕРА АВАРИЙНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Тарманов А.А.*, *Макарук Р.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: atarmanov@mail.ru

INFORMATION SUPPORT FOR AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM OF THE DISPATCHER OF THE EMERGENCY DISPATCH SERVICE OF A GAS DISTRIBUTION COMPANY

Tarmanov A.A.*, *Makaruk R.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Газораспределительные системы представляют собой комплекс оборудования и инфраструктуры, предназначенный для транспортировки и распределения природного газа от магистральных газопроводов до конечных потребителей. Они включают в себя газораспределительные станции, газопроводы высокого, среднего и низкого давления, регуляторы давления, фильтры, предохранительные устройства и прочее оборудование. Газораспределительные сети и системы нуждаются в регулярном обслуживании, а также устранении возможных утечек газа и устранения других нештатных ситуаций.

Для быстрого реагирования на неисправности и оперативного их устранения требуется разработать интеллектуальную систему поддержки принятия решений (СППР), которая поможет в работе с нестандартными ситуациями в газовых сетях и позволит своевременно устранять утечки газа для его дальнейшей подачи потребителю. Таким образом, интеллектуальная СППР для газораспределительных сетей является актуальной, но для создания интеллектуальной системы требуется тщательно проработанное информационное обеспечение, включающее различные базы данных (БД). БД должны содержать информацию о состоянии газораспределительных сетей.

Информационное обеспечение для интеллектуальной СППР в области газораспределения включает в себя: БД объектов и оборудования газовых сетей, БД типовых причин возникновения нештатных ситуаций, БД рекомендаций по устранению нештатных ситуаций, БД состояния газораспределительных сетей. БД объектов и оборудования газовых сетей разработана для хранения информации о газопроводах, арматуре, измерительных приборах и другом оборудовании, а также их технических характеристик и состоянии. БД типовых причин возникновения нештатных ситуаций содержит описания произошедших инцидентов, их причины. БД рекомендаций по устранению нештатных ситуаций включает в себя стандарты, правила, инструкции, методы устранения и предотвращения инцидентов. БД состояния газораспределительных сетей включает информацию о параметрах давления, температуры, расхода газа и других показателях. Эти данные собираются из различных источников, таких как датчики на газопроводах или системы мониторинга.

Для создания информационного обеспечения использована реляционная модель данных благодаря своей технологичности, удобству в разработке, гибкости, эффективности выполнения модифицирующих операций [1]. Исходя из требований к интеллектуальной СППР и анализа различных систем управления базами данных (СУБД), была выбрана СУБД Microsoft SQL Server. С использованием интеллектуальной системы, протестированной на промышленных данных АО «Газпром газораспределение Ленинградская область», можно значительно повысить эффективность и точность принимаемых оптимальных решений.

Литература:

1 Волк, В.К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование / В.К. Волк. – 4-е изд. – Санкт-Петербург: «Лань», 2023. – 244 с.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕГИСТРАЦИОННЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ МЕЖДУНАРОДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ПУНКТА ПРОПУСКА

Ушаков Н.М.*, *Федин А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: nekit-w7@mail.ru

AUTOMATIC RECOGNITION OF STATE REGISTRATION PLATES OF VEHICLES IN THE VISUALIZATION AND CONTROL SYSTEM OF THE INTERNATIONAL AUTOMOBILE CHECKPOINT

Ushakov N.M.*, *Fedin A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Автоматическое распознавание государственных регистрационных знаков транспортных средств (ГРЗ ТС) является актуальной проблемой в современном мире, где международные автомобильные пункты пропуска играют важную роль в контроле перемещения транспортных средств через границу. Автоматическое распознавание ГРЗ ТС - это программная технология, которая позволяет компьютерным системам автоматически считывать регистрационный номер транспортных средств с цифровых изображений [1].

Принцип работы распознавания ГРЗ ТС заключается в использовании камер, способных считывать изображения номерных знаков автомобилей. Камеры установлены на въездах и выездах пункта пропуска и работают в режиме непрерывной записи видео. После записи видео происходит обработка изображений с помощью специального программного обеспечения (ПО), которое распознает номерные знаки и добавляет их в базу данных зарегистрированных автомобилей [2].

В системе визуализации и контроля международного автомобильного пункта пропуска автоматическое распознавание ГРЗ ТС имеет следующие функциональные возможности: формирование базы данных распознанных ГРЗ ТС (номер автомобиля, дата и время фиксации, направление движения, изображение, тип кузова, марка автомобиля, тип регистрационного знака), проведение выборки оператором по базе данных по различным признакам (частично или полностью распознанному номеру, дате и времени проезда, временному диапазону, направлению, типу регистрационного знака).

Автоматическое распознавание ГРЗ ТС является ключевым компонентом системы визуализации и контроля международного автомобильного пункта пропуска и помогает значительно ускорить процесс проезда через пункт пропуска, предотвратить незаконные перевозки товаров и контрабанду, а также позволяет обеспечить более точный контроль перемещения транспортных средств через границу.

Литература:

1. EvoGeek.ru - информационный IT портал. Статья «Использование машинного обучения для автоматического определения номерных знаков транспортных средств» [Электронный ресурс]. – URL: https://evogeek.ru (дата обращения 27.09.2023).

2. VIDEOMIR - информационный IT ресурс. Статья «Распознавание автомобильных номеров» [Электронный ресурс]. – URL: https://videomir.pro (дата обращения 27.09.2023).

ДЕТЕРМЕНИРОВАННЫЙ ХАОС В НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: АНАЛИЗ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Филимонов Д.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: filimonov2801011@mail.ru

DETERMINED CHAOS IN NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS: ANALYSIS AND APPLICATIONS

Filimonov D.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Детерминированный хаос – это явление в нелинейной динамике, характеризующееся экстремальной чувствительностью к начальным условиям, что делает предсказание поведения системы трудным. Изучение и понимание детерминированного хаоса играет важную роль в различных научных и практических областях, от физики и химии до биологии и финансов [1].

В первой части исследования мы анализируем математические основы детерминированного хаоса. Это включает в себя обзор ключевых концепций, таких как аттракторы и структурная устойчивость, и рассмотрение классических нелинейных динамических систем, проявляющих хаотическое поведение, например, уравнения Лоренца и систему Хенон.

Во второй части исследования мы проводим численные эксперименты для анализа динамики хаотических систем. Мы изучаем аттракторы и оцениваем влияние различных параметров на хаос. Особое внимание уделяется начальным условиям и их влиянию на будущее развитие системы.

В третьей части исследования мы рассматриваем приложения детерминированного хаоса в различных областях. Мы обсуждаем его роль в метеорологии, гидродинамике, финансах, биологических системах и других областях. Детерминированный хаос может помочь в прогнозировании и понимании сложных процессов.

В заключительной части мы обсуждаем возможные направления будущих исследований. Детерминированный хаос остается актуальной и интересной темой, предоставляя множество вызовов и возможностей для дальнейших исследований. Понимание и использование хаотической динамики могут привести к новым инсайтам и инновациям в различных областях науки и инженерии.

Детерминированный хаос – это важное явление, которое требует более глубокого анализа и исследования. Изучение этого явления может привести к более точным прогнозам и новым технологическим разработкам, открывая путь к новым открытиям и применениям в различных дисциплинах науки и инженерии [2].

Литература:

1. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных // Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Под ред. С.А. Айвазяна. – Москва: Финансы и статистика, 1993.- 471с.
2. Болшев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – Москва: Наука, 1965.- 464с.

КОНТРОЛЬ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ

Филимонов Д.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: filimonov2801011@mail.ru

CONTROL OF CHAOTIC OSCILLATIONS IN NONLINEAR SYSTEMS

Filimonov D.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Контроль хаотических колебаний в нелинейных системах представляет собой важный аспект исследований в области нелинейной динамики и инженерии. Детерминированный хаос, проявляющийся в таких системах, может быть как вызовом, так и возможностью, исходя из контекста применения. В данном тезисе мы исследуем методы и техники контроля хаоса, а также их приложения в различных дисциплинах [1].

В первой части исследования мы представляем обзор динамики хаотических систем. Мы рассматриваем ключевые характеристики хаоса, такие как аттракторы и структурная устойчивость. Это позволяет понять природу хаотических колебаний и разработать стратегии для их контроля.

Во второй части исследования мы изучаем различные методы контроля хаоса. Эти методы включают в себя методы Оттой и Пикарда, адаптивные методы управления и другие техники. Мы исследуем их принципы и эффективность в различных контекстах.

В третьей части исследования мы рассматриваем практические приложения контроля хаоса в различных областях. Это включает в себя стабилизацию хаотических колебаний в механических системах, управление хаотическими осцилляторами, а также применение в телекоммуникациях и синхронизации систем.

В заключительной части мы обсуждаем будущие направления исследований в области контроля хаоса. Новые методы и стратегии, разработанные в этой области, могут предоставить новые возможности для решения практических задач в разных областях науки и инженерии.

Исследование контроля хаоса в нелинейных системах представляет собой важное направление, которое имеет потенциал для решения сложных задач и создания более стабильных и эффективных систем. Понимание и применение методов контроля хаоса могут способствовать новым технологическим разработкам и инновациям в различных областях науки и инженерии [2].

Литература:

1. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных // Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Под ред. С.А. Айвазяна. – Москва: Финансы и статистика, 1993.- 471с.
2. Болшев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – Москва: Наука, 1965.- 464с.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СРЕДЕ MathCAD

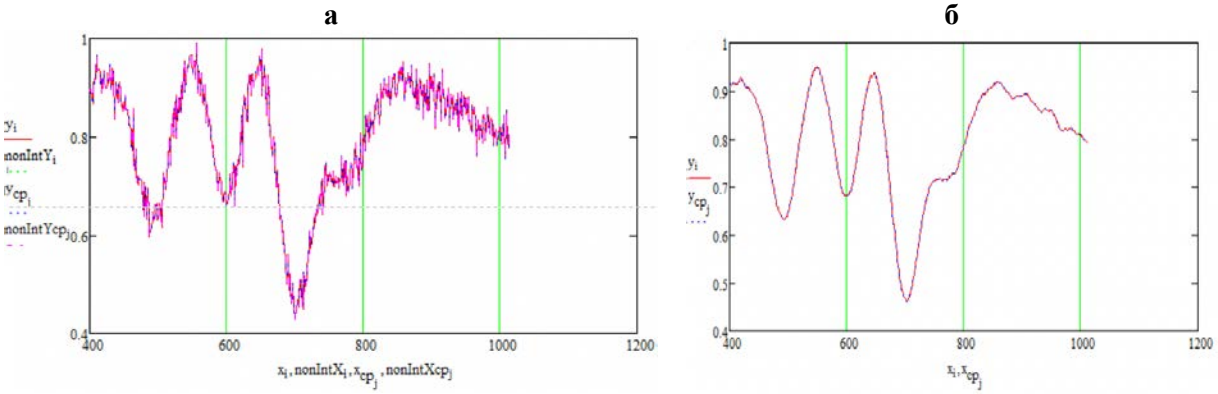
Фоминых П.А.*, *Захарова Н.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: natalia-online@mail.ru

COMPUTER ANALYSIS OF SPECTRAL DATA IN THE MathCAD

Fominykh P.A., Zakharova N.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Спектральные методы исследования широко используются для изучения веществ и процессов. Эти методы основаны на способности атомов и молекул вещества поглощать, испускать или рассеивать электромагнитное излучение. Регистрируя излучение электромагнитных волн анализируемой системой, получают совокупность сигналов, которые чаще всего состоят из набора линий или полос, каждая из которых характеризует те или иные свойства исследуемого материала. Для получения информации об объекте исследования подобные спектры нуждаются в математической обработке, основная задача которой заключается в оценке количественных характеристик каждой из полос [1]. Это легко можно осуществить с помощью программы Mathcad.

На сегодняшний день существует множество программных пакетов, предназначенных для компьютерной обработки спектральных данных, как в рамках программного обеспечения, управляющего работой спектрометров, так и разрабатываемых независимыми поставщиками. В данной работе необходимо было сгладить спектр методом Савицки-Голея и определить положение, интегральные интенсивности полос в модельном ИК - спектре вещества с учетом случайного шума и нелинейного фона с использованием среды Mathcad.



а – исходный спектр; б – спектр после усечения, интерполяции и сглаживания
Рисунок – Спектр пропускания образца до и после обработки в Mathcad

Таким образом, показано, что программное обеспечение и возможности среды Mathcad позволяют обрабатывать спектральные данные и получать спектры с надежными данными для дальнейшей оценки качественного и количественного анализа.

Литература:

1. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов в химической технологии в Mathcad и Excel: уч. пособие для вузов / В.А. Холоднов и др.; СПбГТИ(ТУ).- СПб: 2007.- 433 с.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ СТЕПЕНЬЮ УСАДКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Фомичева П.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: polinafom6@gmail.com

THE STRUCTURE OF THE SOFTWARE PACKAGE FOR TRAINING IN CONTROLLING THE DEGREE OF SHRINKAGE OF POLYMER FILMS

Fomicheva P.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Термоусадочные полимерные пленки – это пленки, способные сокращаться под воздействием температуры. Высокие требования предъявляются к величине усадки и силе усадки, являющейся характеристикой способности пленок к формованию. Современные полимерные производства выпускают широкий ассортимент термоусадочных упаковочных пленок, являются гибкими и перенастраиваемыми на различные типы продукции и требования по качеству [1]. Сложность обучения управлению усадкой с наставником, заключается в том что на производственных линиях усадка полимерных материалов не измеряется непосредственно на линии.

Разработка программного комплекса, предназначенного для обучения управлению степенью усадки полимерных пленок, является актуальной, так как позволяет сформировать у обучающихся необходимые умения и навыки.

Программный комплекс включает интерфейсы обучаемого (каландровожатого) и инструктора. С помощью интерфейса администратора доступна возможность редактирования информационного обеспечения, включающего базу данных (БД) характеристик стадии охлаждения и требований к качеству полимерных пленок и библиотеку математических моделей для вычисления степени продольной усадки в зависимости от управляющих воздействий на стадии охлаждения. Интерфейс инструктора включает модуль задания сценария обучения, а также модуль просмотра протоколов обучения. Посредством интерфейса обучаемого (каландровожатого) предоставлена возможность получения задания на обучение, подсистема 3D визуализации модели пульта управления охлаждающим устройством в режиме виртуальной реальности (VR) включает модуль варьирования управляющих воздействий на процесс охлаждения пленки, а также модуль построения трендов управляющих воздействий и степени усадки, в модуле расчета степени продольной усадки полимерной пленки, с использованием БД характеристик стадии охлаждения и требований к качеству полимерных пленок, рассчитывается степень усадки, после чего формируется протокол обучения.

Входными данными для тестирования программного комплекса являются производственные данные, включающие конфигурацию съемно-вытяжного и охлаждающего устройства, тип материала и регламентные диапазоны скоростей вращения и температур валков охлаждающего устройства, полученные со второй экструзионно-каландровой линии завода по производству полимерных пленок компании «Клёкнер Пентапласт Рус».

Литература:

1. Чистякова Т.Б., Аразтаганова А.М., Колерт К. Математические модели и программные комплексы для исследования и управления качеством термоусадочных полимерных пленок // Известия СПбГТИ(ТУ). 2018. № 46. С. 123-127.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР АСУ ТП

Халимон В.И.*, *Простителько О.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: vihalimon@gmail.com

RESEARCH OF INFORMATION STRUCTURES OF ACS TP

Khalimon V.I.*, *Prostitenko O.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сложные системы, в нашем случае автоматизированные системы управления технологическими процессами, в которых функции управления распределяются между человеком и техническими средствами, характеризуются определенной целостностью.

В работе рассматривается способ описания системы управления с помощью упорядоченной таблицы координат функциональных операторов, геометрическим образом которой является блок-схема взаимосвязи отдельных функциональных задач. Вершины блок-схемы соответствуют отдельным задачам (или группам задач), а дуги характеризуют информационные связи между ними.

Информационное поле служит основой организации данных. Один из важных принципов организации данных – организация связей между данными.

Для реализации алгоритма построения информационного поля в качестве исходных объектов для формирования функциональных операторов предложен довольно полный перечень функциональных задач управления технологическими процессами.

Составление полного перечня функциональных задач с указанием информационных связей между ними, т.е. построение дерева функций - непременный этап работ, связанных с автоматизацией исследования отдельных функциональных операторов при разработке структуры системы управления технологическим объектом.

Используя методику построения сетевых графиков (диаграмма Ганта) и выделенные классы задач, можно построить универсальное информационное поле в виде граф-схемы для всех возможных функциональных операторов на предложенном наборе функциональных задач [1].

Анализ функциональных операторов, осуществляющих различные алгоритмы управления технологическими процессами, реализуются с использованием программного комплекса «GRAF TOOLBOX» [2].

Инструменты разработанного комплекса позволяют строить графовые структуры большой сложности и проводить всесторонний анализ этих структур. Весь анализ осуществляется на матричных и списковых представлениях графов и вводить можно матрицу, графическое представление на экране будет получено автоматически.

Таким образом, реализована возможность использования операций на графах для исследования информационного поля, в частности, информационной среды для исследования структур управления технологическими процессами с точки зрения анализа информационных связей и соответственно нагрузок на вычислительные средства при реализации той или иной структуры системы управления.

Литература:

1. Халимон В.И., Простителько О.В. Использование операций на графах для исследования информационных структур систем управления технологическими процессами / ИТНОП-2023: сборник трудов IX Международной научно-технической конференции (г. Белград, 31 мая – 2 июня 2023 г.), - С.49-54.
2. Халимон В.И., Рогов А.Ю., Простителько О.В. Программный комплекс «GRAF TOOLBOX» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ) / Рег. №2002611910. Зарегистрировано 12 ноября 2002г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА СОСТАВА SiC-Mo

***Чекуряев А.Г.*[1,2], *Бритов В.П.*[1], *Николаев А.Н.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения*

[2]*НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»*

e-mail: achekuryaev@bk.ru

RESEARCH OF MICROSTRUCTURE OF CERAMIC MATERIAL COMPOSITION SiC-Mo

***Chekuryaev A.G.*[1,2], *Britov V.P.*[1], *Nikolaev A.N.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*

[2]*NRC «Kurchatov Institute» - CRISM «Prometey»*

Концепция цифрового материаловедения [1] предполагает проектирование, изготовление, испытание, исследование, характеристику и оптимизацию материалов на основе цифровых технологий, включающих анализ количественных параметров микроструктуры материалов.

Анализ взаимосвязей состав-технология-структура-свойства для таких неупорядоченных композиционных материалов требует разработки численных инструментов для характеристики их структуры, включая взаиморасположение фаз.

Одним из методов количественной оценки микроструктуры является расчет информационной энтропии Вороного как оценка количества информации для определения состояния системы [2]. Была изучена микроструктура реакционно-спеченной керамики состава SiC-Mo, при варьировании доли Mo от 10 до 50 % масс.

Сопоставление характеристики хаотичности структуры материала, энтропии Вороного (Sv) с прочностью на изгиб представлено на рисунке.

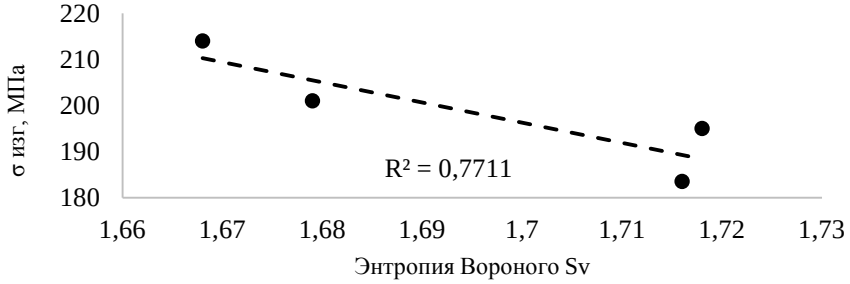


Рисунок - Зависимость прочности на изгиб от энтропии Вороного, рассчитанной только по фазе $MoSi_2$.

Анализ данных показал, что с прочностью на изгиб коррелирует энтропия Вороного, рассчитанная только для фазы $MoSi_2$. Это говорит о том, что на прочностные свойства помимо основной фазы (SiC) сильное влияние также оказывает вводимая в небольших количествах добавка Mo, при это влияет именно характер распределения этой фазы.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-73-30019.

Литература:

1. Sychov MM, Chekuryaev AG, Bogdanov SP, Kuznetsov PA. Digital Materials Science. In: Res. Sci. Technol. Educ. Inter-Academia 2021, LNNS, Vol. 422 (Eds: Khakhomov, S., Semchenko, I., Demidenko, O., Kovalenko, D.) Springer, Singapore, Singapore 2021.

2. Bormashenko E, Frenkel M, Vilk A, Legchenkova I, Fedorets AA, Aktaev NE, Dombrovsky LA, Nosonovsky M. Characterization of Self-Assembled 2D Patterns with Voronoi Entropy. Entropy. 2018; 20(12):956. https://doi.org/10.3390/e20120956

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫМИ ИНЖЕНЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Шахов М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: javawaker@yandex.ru, diamond11187@mail.ru

AUTOMATED SYSTEMS FOR REMOTE MONITORING AND MANAGEMENT OF STATIONARY ENGINEERING FACILITIES

Shakhov M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

С развитием прикладных информационных систем, сетевых протоколов и стандартов передачи данных выполняется перевод инженерных сооружений, научно-исследовательских объектов, промышленных линий с локального контроля и мониторинга на дистанционный (RCM). Преимущества применения технологии RCM (Remote Control and Management) – удобство, прозрачность и оперативность отслеживания нестационарных параметров, централизация, высокая скорость реакции на нештатные ситуации. Примеры инженерных объектов с применением RCM: «СМИК» – Ворошиловский мост (г. Ростов-на-Дону), Бугринский мост (г. Новосибирск), Адлерская ТЭС (Краснодарский край), Майнская ГЭС (Республика Хакасия), Останкинская телебашня (г. Москва) [1].

Для научно-исследовательских объектов используются программно-аппаратные дистанционные лаборатории. Например, в норвежском университете науки и технологии (NTNU) и политехническом институте (г. Хьеллер) используются платформа AIM-Lab и Lab-on-Web для дистанционного исследования полупроводниковых приборов. В национальном университете Сингапура используется дистанционная лаборатория для доступа к физическому оборудованию (осциллографу, функциональному генератору и т.д.). В национальном институте Сербии функционирует дистанционная лаборатория ACEL. В инженерном колледже г. Майсур запущена дистанционная лаборатория управления биореактором [2].

В СПбГТИ(ТУ), г. Санкт-Петербург на кафедре систем автоматизированного проектирования и управления совместно с кафедрой механики разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК) для дистанционного мониторинга и управления стационарными учебно-исследовательскими объектами. ПАК проходит апробацию на реакторе открытого типа периодического действия с механическим перемешивающим устройством [3].

Литература:

1. ЗЭТЛАБ – Зеленоградская Электротехническая Лаборатория. Официальный сайт: https://zetlab.com. – Яз. рус. Режим доступа – свободный. (Дата обращения: 10.10.2023 г.).

2. Евдокимов, Ю.К. Дистанционные автоматизированные учебные лаборатории и технологии дистанционного учебного эксперимента в техническом вузе / Ю.К. Евдокимов, А.Ю. Кирсанов, А.Ш. Салахова // Открытое образование. – 2009. – № 5. – С. 101-116. – EDN JUOUGY.

3. Петров, Д.Н. Автоматизированная система дистанционного мониторинга и управления учебно-исследовательской лабораторией / Д.Н. Петров, Э.А. Павлова, А.Н. Луцко // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2023. – №65(91). – С. 90-96.

ПЕРЕДАЧА ПОКАЗАНИЙ АНАЛОГОВЫХ ДАТЧИКОВ ПО СЕТИ Wi-Fi С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА БАЗЕ АРДУИНО ESP8266

Ананченко И.В., Шепотковский А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: anantchenko@yandex.ru, artem3071@icloud.com

TRANSMISSION OF ANALOG SENSOR READINGS OVER A Wi-Fi NETWORK USING AN ARDUINO-BASED ESP8266 MICROCONTROLLER

Ananchenko I.V., Shepotkovskii A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Промышленные устройства на базе Arduino предлагают широкие возможности для создания эффективных и надежных систем в самых разных областях промышленности. Благодаря доступности и простоте использования Arduino, разработку промышленных IoT устройств можно осуществлять быстро и удобно [1]. Гибкость платформы позволяет адаптировать устройства под индивидуальные требования каждого проекта (рисунок). Использование Arduino в промышленных устройствах снижает издержки, упрощает разработку и обеспечивает высокую надежность и точность работы.

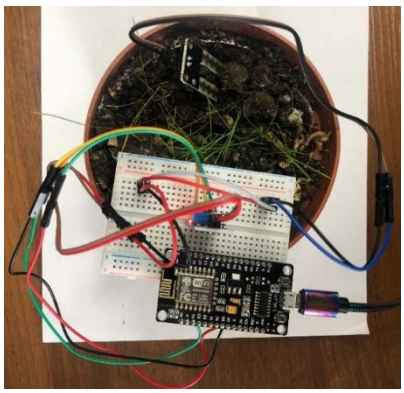


Рисунок – устройство измерения влажности почвы

Был разработан алгоритм, реализованный программно, передача показаний аналоговых датчиков по сети Wi-Fi с использованием микроконтроллера на базе Ардуино ESP8266. Аналоговый сигнал (4-20 мА) берется с датчика и поступает на ESP8266, оцифрованное значение передается в сеть Wi-Fi. Использование сети Wi-Fi позволяет собирать данные со многих датчиков без необходимости развертывания проводной сети, что может быть достаточно дорогим решением требующем значительного времени на монтаж оборудования.

Литература:

1. Современное состояние и перспективы развития интернета вещей (IoT) в разных отраслях промышленности. Ананченко И.В., Ал-Хуссеини М.Д. В сборнике: World science: problems and innovations. Сборник статей LXX Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 33-36.

АРХИТЕКТУРА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Шишко Д.Ю., Колесникова А.В., Федин А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: alinakolesnikova0101@gmail.ru, daniil-shishko@mail.ru

ARCHITECTURE OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR LEARNING HOW TO CONTROL THE PROCESS FOR PRODUCING SOLID ALLOYS

Shishko D.Y., Kolesnikova A.V., Fedin A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство твердых сплавов актуально в современном мире, они применяются в различных областях промышленности. Твердые сплавы используются в элементах оборудования и машин, эксплуатируемых при высоких нагрузках, например, буровые установки или ножи грейдеров.

Создание программного комплекса (виртуального тренажера) для обучения операторов вакуумно-компрессионных печей управлению процессом получения твердых сплавов позволит повысить эффективность подготовки операторов за счёт моделирования различных нештатных ситуаций (в том числе редко возникающих на реальном производстве), приводящих к появлению различных дефектов продукции, а также сократить время на выполнение режимно-наладочных работ. Тренажер будет работать на базе технологии виртуальной реальности, что позволит осуществить процесс обучения наглядно и удобно для обучаемого, а также подробно рассмотреть нештатные ситуации, методы их предотвращения и работы в случае их возникновения.

Разработана структура программного комплекса, включающая: базу данных внештатных ситуаций, свойств материалов, характеристик оборудования, технологических режимов и базу данных учетных записей пользователей, модуль расчета показателей качества (пористости, среднего размера зерна материала, плотности материала), модуль синтеза эмпирических зависимостей показателей качества от режимных параметров, модуль расчета характеристик процесса синтеза, модуль формирования сценария обучения, модуль погружения в виртуальное пространство, модуль формирования протокола обучения, интерфейс инструктора, интерфейс обучаемого (исследователя).

У обучающегося есть доступ к двум модулям: модуль базы данных со справочной информацией для обучения и модуль принятия решений. Модуль принятия решений содержит модуль выбора параметров для работы вакуумно-компрессионной печи и модуль моделирования ситуаций с использованием технологий виртуальной реальности. Интерфейс обучающегося позволяет выбирать параметры работы вакуумно-компрессионной печи.

Программный комплекс разрабатывается с использованием технологий 3D- моделирования Blender, среды разработки Unity и языка программирования C#.

Тестирование программы проводилось на данных предоставленных ООО «Вириал» (Санкт-Петербург), в них входят: характеристики спекаемого материала, эмпирические коэффициенты модели, зависящие от типа материала, характеристики оборудования.

Литература:

1. Чистякова, Т.Б. Система электронного обучения управлению процессами получения твёрдых сплавов / Т.Б. Чистякова, И.Г. Корниенко, И.В. Новожилова // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – Т. 5. – № 3 (21). – С. 157-163.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Яковлева К.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: yakovleva.st@gmail.com

INFORMATION SUPPORT FOR THE COMPUTER SYSTEM FOR SELECTION OF LIGHTING EQUIPMENT IN THE DISTRICT ST. PETERSBURG

Iakovleva K.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Санкт-Петербург – город с массовой жилой застройкой, красивой исторической архитектурой; при проектировании городского освещения необходимо подчеркивать исторический облик города, поэтому актуальна разработка информационно-справочной системы, с помощью которой инженер-проектировщик будет осуществлять выбор осветительного оборудования под различные объекты строительства.

Одной из важных составляющих информационно-справочной системы для выбора, анализа и визуализации осветительного оборудования района Санкт-Петербурга является информационное обеспечение, которое состоит из базы данных характеристик осветительного оборудования и базы данных учетных записей пользователей.

Ядром информационного обеспечения программного комплекса является база данных осветительного оборудования, содержащая данные о светильниках, а именно: марка, тип, стоимость, производитель, поставщик, страна производства, способ установки, адрес объекта строительства, значения цветовой температуры, кривых сил света, мощностей, светового потока.

База данных учетных записей пользователей содержит пользовательские данные, предусмотренные для работы с программным комплексом, среди которых типы пользователей (администратор, инженер-проектировщик), логины и пароли пользователей в хешированном виде.

Для реализации информационного обеспечения информационно-справочной системы был проведен анализ представленных на рынке реляционных систем управления базами данных (СУБД). Исходя из требований, предъявляемых системе и анализу различных СУБД, была выбрана MySQL, которая будет включать базу характеристик осветительного оборудования и базу учетных записей пользователей. Важной особенностью MySQL является такая архитектура подсистемы хранения, в которой обработка запросов и другие серверные задачи отделены от хранения и извлечения данных. Подобное разделение задач позволяет выбирать способ хранения данных, а также настраивать производительность, ключевые характеристики и др. [1].

Тестирование информационного обеспечения подтвердило работоспособность и гибкость информационно-справочной системы за счет возможности внесения в базы данных нового осветительного оборудования и дополнительных характеристик. Инженер-проектировщик СПб ГБУ «Ленсвет» с помощью компьютерной системы будет осуществлять быстрый поиск необходимого оборудования по заданным параметрам.

Литература:

1. Б. Шэрон. MySQL по максимуму / Б. Шэрон, П. Зайцев, В. Ткаченко. – 3-е изд.– Санкт-Петербург: Питер, 2018 – 864 с.

РАЗДЕЛ V.
ХИМИЧЕСКАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЯ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



ВЛИЯНИЕ ГАЗА-НОСИТЕЛЯ НА РЕАКЦИИ $VOCl_3$ И PCl_3 С ПОВЕРХНОСТЬЮ КРЕМНЕЗЕМА

Ахматнабиев М.Ф., Бодалев И.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения

e-mail: marsel.akhmatnabiev@mail.ru

EFFECT OF CARRIER GAS ON REACTIONS OF $VOCl_3$ AND PCl_3 WITH SILICA SURFACE

Akhmatnabiev M.F., Bodalyov I.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы в связи с потребностью предприятий химической промышленности в новых катализаторах активно развивается сектор наногетерогенного катализа. В частности, перспективными являются каталитические системы, полученные нанесением соединений фосфора и ванадия на пористый носитель методом молекулярного наслаивания (МН).

В данной работе был проведен синтез ванадий-фосфороксидных наноструктур на поверхности диоксида кремния методом молекулярного наслаивания (МН). Исследование проводили на образце, полученном попеременной обработкой парами $VOCl_3$ и H_2O и PCl_3 и H_2O исходной матрицы (SiO_2) на установке МН проточного типа в токе азота с гравиметрическим контролем.

Ранее было показано, что на стадии обработки хлоридом фосфора (хемосорбции PCl_3) происходит стравливание ванадия с поверхности матрицы. Была предложена схема реакции стравливания (рисунок а)), согласующаяся с данными химического анализа на ванадий и хлор.

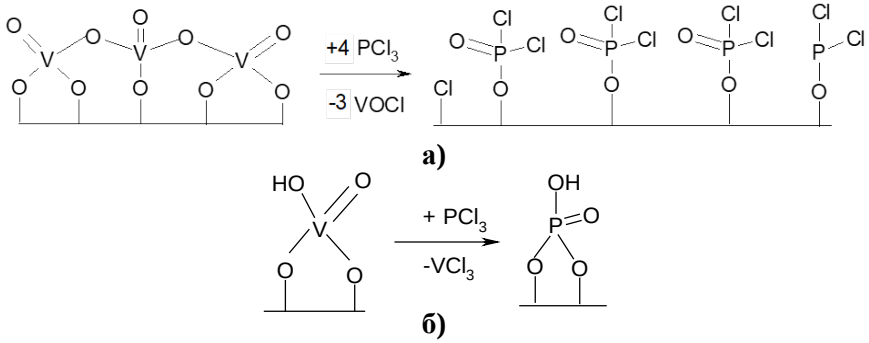


Рисунок – Схемы реакций стравливания атомов ванадия при синтезе в токе азота а) и гелия б)

Исходя из сопоставления данных гравиметрии insitu и химического анализа, было выдвинуто предположение о том, что из-за неизбежного наличия кислорода в газе-носителе, азоте, который подавался из сосуда Дьюара, могут происходить побочные реакции, в частности окисление атомов ванадия и фосфора. С целью проверки этого предположения дополнительно проведен синтез с использованием в качестве газа-носителя гелия, подаваемого из баллона, с содержанием кислорода не более 0,0001 %.

По результатам проведённого эксперимента было установлено существенное уменьшение количества хлора, присоединяющегося к матрице на стадии хемосорбции PCl_3, из чего следует, что атомы ванадия, вероятно, уходят в составе соединения VCl_3 в связи с иным механизмом стравливания в отсутствии кислорода. Исходя из полученных данных, предложена схема стравливания атомов ванадия на стадии обработки образца парами PCl_3 при отсутствии кислорода (рисунок б)).

Работа выполнена в ИЦТМН СПбГТИ(ТУ) (соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2021-028 от 24.03.2021)

КВАНТОВОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ВАНАДИЙ-ТИТАНОКСИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНЕЗЕМА

Балыш З.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: balyshzoe@gmail.com

QUANTUM CHEMICAL ANALYSIS AND SYNTHESIS OF VANADIUM-TITANIUM OXIDE STRUCTURES ON THE SILICA SURFACE

Balysh Z.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Перспективным методом синтеза ванадий-титаноксидных систем на поверхности пористых носителей, используемых в качестве эффективных каталитических систем окисления легких углеводородов, является метод молекулярного наслаивания (МН, ALD) [1]. Однако изучение состава и локального строения получаемых наноструктур может затрудняться протеканием в ходе синтеза конкурирующих процессов, среди которых наиболее часто выделяют хлорирование функциональных групп [1], вытеснение или поликонденсацию элементоксидных центров [1, 2]. Дополнительную информацию о механизмах протекания подобных реакций, а также влиянии концентрационного и температурного факторов на состав и строение продуктов синтеза наряду с физико-химическими методами исследования позволяет получить квантовохимическое моделирование.

Для выявления основных тенденций протекания структурно-химических превращений при синтезе ванадий-титаноксидных наноструктур на поверхности кремнезема квантовохимические расчеты выполнялись в программном пакете Gaussian®16 на уровне теории B3LYP/6-31G(d,p). Активные центры поверхности были представлены кластерными моделями $Si_{10}OH$ на основе сечения(111) β-кристобалита.

Ванадий-титаноксидные структуры получали на поверхности силикагеля КСК-2 ($S_{уд}$ = 350 $м^2/г$, фракция 0,2-0,4 мм), предварительного очищенного от примесей и прокаленного при 200 °С и 600 °С, путем его обработки при 200 °С парами $VOCl_3$, $TiCl_4$ и H_2O в заданной последовательности в установке проточного типа.

Термодинамический прогноз состава покрытия демонстрирует влияние исключительно температурного фактора на состав формируемых систем. Сопоставление расчетных данных с результатами рентгенофлуоресцентного и химического анализа свидетельствует о большей реакционной способности $TiCl_4$. Так, на втором цикле наблюдается практически полное вытеснение ванадийоксидных центров, протекающее с повышение функциональности образующихся структур. Значительное содержание титана в синтезируемых образцах указывает на возможность немонослойного роста покрытия, вероятно, из-за побочных газофазных реакций. При обработке титансодержащих групп парами $VOCl_3$ протекают процессы хлорирования.

Анализ экспериментальных ИК-спектров синтезированных образцов, выполненный за счет сопоставления с результатами расчетных прогнозов колебаний элементоксидных групп в ангармоническом приближении, позволил выявить в области (960-1020) $см^{-1}$ полосы поглощения, отвечающие валентным колебаниям связей V-O-Ti и V-O-V.

Литература:

1. Малыгин А.А. ЖОХ. 2002. Т. 72. № 4. С. 617-632.

2. Дроздов Е.О., Бузина Д.В., Малков А.А., Малыгин А.А. Известия СПбГТИ(ТУ). 2022. Т. 63. С. 35-44.

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ФЕРРИТОВ

***Беляева И.Д.*[1], *Беляева А.Д.*[1], *Мартинсон К.Д.*[2], *Няникова Г.Г.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза*

[2]*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук*

e-mail: belyaevairina97@gmail.com

NANOCOMPOSITES BASED ON CHITOSAN AND FERRITES

***Beliaeva I.D.*[1], *Beliaeva A.D.*[1], *Martinson K.D.*[2], *Nianikova G.G.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Ioffe Physical Technical Institute*

Исследования наноматериалов приобрели значительную привлекательность в научном мире и способствовали разработке новых композитов для применения в различных областях, например, в медицине, экологии, тяжёлой промышленности, для создания биокатализаторов и др. [1]. Несмотря на уже существующие инновации, сохраняется потребность в их совершенствовании с целью соответствия постоянно растущему спросу на многофункциональные материалы.

Нанокомпозиты – универсальный класс материалов, обладающий различнымисвойствами, которые не присущи их отдельнымсоставляющим. Благодаря объединению двух и более несмешивающихся фаз, из которых, по крайней мере одна имеет нанометрический размер, различные физико-химические и биологические свойства нанокомпозитных материалов могут быть улучшены, открывая обширное поле возможностей для создания особого класса веществ.

В последние годы сообщается о ряде исследований различных типов магнитных нанокомпозитов на основе полимеров: парафина, декстрана, полисорбата, полиэтиленгликоля, полианилина, хитозана и др. Присущие им своеобразные структура и свойства делают их особенно привлекательными для применения в медицинских целях (биосенсоры, средства доставки лекарств, контрастные агенты для МРТ, антимикробные материалы, гипертермические агенты, магнитные липосомы и др.) [2-3].

Среди полимеров для создания нанокомпозитов стоит отметить хитозан, имеющий развитую морфологию и высокую реакционную способность (благодаря своей химической структуре). Он безопасен, биосовместим, обладает высокой селективной адсорбционной способностью и антимикробной активностью.

Ферритные порошки также биосовместимы и обладают рядом выделяющих их физико-химический свойств: высокой магнитной кристаллической анизотропией, коэрцитивной способностью, намагниченностью, высокой фотокаталитической активностью в видимом свете, химической стабильностью и др.

Комбинирование характеристик ферритов и хитозана позволяет создавать комплексный препарат, который найдёт своё применение во многих сферах.

Литература:

1. Preparation and characterization of chitosan-coated manganese-ferrite nanoparticles conjugated with laccase for environmental bioremediation / A. Apriceno [et al.] //Polymers. – 2021. – Vol. 13. – №. 9. – 1453.

2. Mohammed, I., Srivastava, A.K. Polymer-nanoferrite composites: structural, transport, and magnetic properties / I. Mohammed, A.K. Srivastava //Magnetic Nanoferrites and their Composites. – Woodhead Publishing. – 2023. – P. 117-140.

3. Amiri, S., Shokrollahi, H. The role of cobalt ferrite magnetic nanoparticles in medical science / S. Amiri, H. Shokrollahi //Materials Science and Engineering: C. – 2013. – Vol. 33. – №. 1. – P. 1-8.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАФЕНОВЫХ НАНОСТРУКТУР И ИХ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ, КАК СОРБЕНТОВ

Возняковский А.П.[1], Ваганова А.М.[2]

[1]Научно-исследовательский институт синтетического каучука им. академика С.В.Лебедева,

[2]Санкт-петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: vaganova.anastasiia@mail.ru

STRUCTURAL FEATURES OF GRAPHENE NANOSTRUCTURES AND THEIR PROSPECTS AS SORBENTS

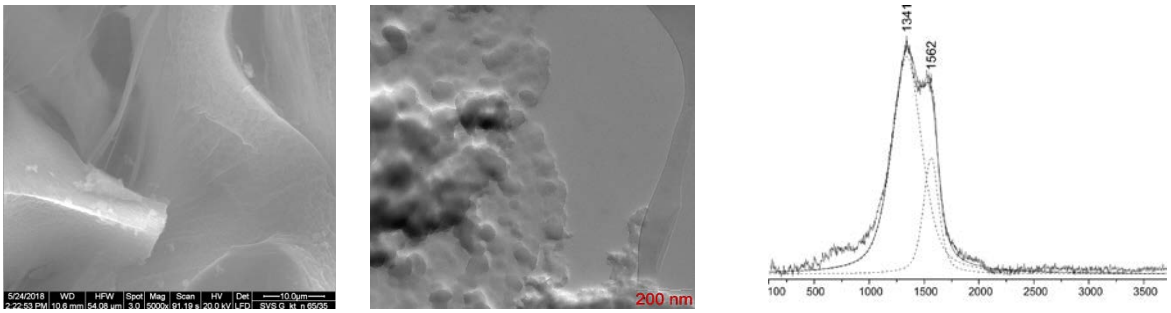
Voznyakovsky A.P.[1], Vaganova A.M.[2]

[1]Research Institute of Synthetic Rubber,

[2]Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нами были синтезированы графеновые наноструктуры, обладающие способностью сорбировать БАВ, и в последствии, которые могут быть использованы в качестве эффективных энтеросорбентов.

Полученный карбонизированный продукт был охарактеризован методом растровой электронной микроскопии. Изображения порошка карбонизированной микроцеллюлозы, полученные методами СЭМ и ПЭМ представлены на рисунке. Как видно из рисунка, а, частицы полученного продукта представляют собой криволинейно-плоскостные структуры, являющиеся следствием дефектности их планарной поверхности.



а **б** **в**

Рисунок–Микрофотографии полученного продукта: а – СЭМ и б – ПЭМ, Спектр Рамановского рассеяния – в

Рассматривая частицы карбонизированного продукта при большем увеличении (рисунок б) можно отметить, что каждая частица имеет сложную иерархическую структуру и представляет собой агломерат первичных плоскостных структур размерами 100 – 200 нм.

Из данных рисунка Рамановского рассеяния (в сопоставлении с данными литературы) можно заключить, что спектр частиц карбонизированной микроцеллюлозы характерен для слабо упорядоченного углерода. В спектре отчетливо выделяются D-полоса с положением 1341 $см^{-1}$ и G-полоса 1562 $см^{-1}$, характерных для дефектных графеновых структур.

Данные микроскопии и Рамановского рассеяния указывают на дефектность планарной поверхности синтезированных частиц. Понятно, что любой дефект повышает энергию кристалла. Таким образом, в случае рассматриваемых нами 2D графеновых структур дефектность планарной структуры графеновых структур можно рассматривать как появление энергонасыщенных центров, и, соответственно, непротиворечиво предсказать повышение адсорбционной активности их поверхности.

2D-НАНОУГЛЕРОДЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Возняковский А.П.[1], Неверовская А.Ю.[1], Ваганова А.М.[2]

[1]Научно-исследовательский институт синтетического каучука им. академика С.В. Лебедева,

[2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: vaganova.anastasiia@mail.ru

2D NANOCARBONS AS EFFECTIVE SORBENTS BIOACTIVE SUBSTANCES

Voznyakovsky A.P.[1], Neverovskaya A.Yu.[1], Vaganova A.M.[2]

[1]Research Institute of Synthetic Rubber,

[2]Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нами были синтезированы графеновые наноструктуры, обладающие способностью эффективно сорбировать БАВ. В качестве объекта исследования была выбрана циклопиазоновая кислота (ЦПК). Выбор ЦПК обусловлен тем, что она является распространенным микотоксином, который очень вреден для животных и человека.

Таблица 1 – Сорбция-десорбция микотоксина «циклопиазоновой кислоты»

Сорбент	Q, % адсорбции	DS, % десорбции	QS, % «Истинной» адсорбции
FLGsvs	70,0	20,0	56
Цеолит	52,0	53,8	24

Для оценки эффективности использования, полученного графена как сорбента ЦПК в таблице 1 также приведены данные по сорбции ЦПК традиционно используемыми для этой цели цеолитами. Анализ полученных данных явно демонстрирует преимущество синтезированного нами сорбента. Данные по поверхностным характеристикам полученных частиц представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Поверхностные характеристики полученных частиц

Тип пор	Объем пор, $см^3/г$	Удельная поверхность, $м^2/г$
микропоры (<2 нм)	0,1671	497.00
мезопоры (2-50 нм)	0,0164	1,93
макропоры (>50 нм)	0,0099	0,27
Суммарно	0,1934	499,20

Особенно неожиданно полученные результаты выглядят на фоне того, что по величине удельной поверхности цеолиты значительно превосходят величину удельной поверхности, определенной нами для синтезированных нами FLGsvs – 499 $м^2/г$ и 750-800 $м^2/г$ для цеолита, соответственно. Можно предположить, что эффективность процесса сорбции определяется не столько суммарной величиной удельной поверхности, как парциальными вкладами пористой структуры сорбента, которая в случае синтезированного нами сорбента оказалась более эффективной.

КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНЕЗЕМА

Володина Д.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: dasha13129@gmail.com

QUANTUM CHEMICAL SIMULATION CYCLIC SYNTHESIS OF THE PHOSPHOROUS CONTAINING NANOSTRUCTURES ON THE SILICA SURFACE

Volodina D.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фосфороксидные системы, нанесенные на поверхность пористого кремнезема, активно используются в качестве катализаторов и сорбентов [1, 2]. Одним из эффективных способов их получения является метод молекулярного наслаивания. Хотя процессы взаимодействия силанольных групп поверхности кремнезема с парами $POCl_3$ ранее были исследованы с точки зрения усредненного химического состава получаемых продуктов [1], остаются нераскрытыми вопросы, связанные со спецификой протекания реакций и оценкой влияния концентрационного и температурного факторов на состав продукта. Для получения дополнительной информации о механизме протекания подобных реакций и возможности более точной идентификации состава и локального строения покрытий, получаемых на поверхности твердотельных матриц, привлекается аппарат квантовохимического моделирования [1].

Цель работы – расчетный прогноз состава получаемого покрытия, активационных барьеров и констант скоростей возможных химических превращений, оценка наиболее вероятных маршрутов реакций, а также сопоставление расчетных результатов с экспериментальными данными. Квантовохимические расчеты выполнялись с использованием программного пакета Gaussian®16 на уровне теории B3LYP/6-31G(d,p) [1]. Поверхность кремнезема рассматривали в форме кластерной модели на основе сечения (111) β-кристобалита, содержащей 10 атомов кремния [2]. Синтез МН проводили в установке проточного типа (газ-носитель – осушенный воздух) на предварительно прокаленном при 200 °С силикагеле КСК-2 ($S_{уд}$ = 450 $м^2/г$, фракция 0,2-0,4 мм) за счет его последовательной обработки парами $POCl_3$ и H_2O при 200 °С.

На основе термодинамического прогноза состава показан рост функциональности образующихся структур с повышением температуры на стадии обработки поверхности кремнезема парами $POCl_3$. Присутствие фосфорсодержащих структур было дополнительно подтверждено ИК-спектроскопией, результатами рентгенофлуоресцентного и химического анализа, которые на качественном уровне совпадают с экспериментальными данными. Методом IRC был осуществлен прогноз пути реакции взаимодействия изолированной и вицинальных силанольных групп с молекулой $POCl_3$ и определена энергия активации образования фосфорсодержащих групп различной функциональности. Сопоставление констант скоростей реакций, протекающих на стадии хемосорбции, позволило обосновать предположение о строении продуктов МН и установить, что быстрее протекает реакция с образованием тридентатных структур.

Литература:

1. Дроздов Е.О., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2016. Т. 86. № 10. С. 1613-1623.

2. Дроздов Е.О., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2020. Т. 90. № 5. С. 795-805.

РЕЗИНА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА ГРАФЕН-ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД

Генералов Р.И.*, *Нечаева Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: roma.generaloff@gmail.com

ON THE ISSUE OF THE CLASSIFICATION OF GRAPHENE-LIKE MATERIALS

Generalov R.I.*, *Nechaeva E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современная наука о полимерных материалах стремится к широкому использованию различных форм наноуглеродов в качестве модификаторов полимерных матриц. Основной мотивацией для этого является стремление расширить границы того, что можно достичь в области улучшения характеристик материалов, осуществив эффект усиления. Под понятием «полимерные нанокомпозиты» обычно подразумевают полимерные материалы, в которых один или несколько компонентов находятся в наномасштабных размерах.

Технической углерод марки П-328 модифицировали графеном в ходе проведения процесса СВС. В результате получили гибридный материал, включающий в себя графеновые наночастицы и технический углерод. Протекание процесса СВС способствовало улучшению параметров исходного технического углерода, о чём свидетельствуют результаты проведённого ранее исследования дисперсности тех. углерода очищенного в ходе протекания процесса СВС без модификации графеном.

Результаты исследования дисперсности тех. углерода, очищенного методом СВС, показывают снижение среднего размера частиц. Предположительно, при обработке исходного тех. углерода в условиях температуры и окислительной среды, происходит разрушение наиболее крупных агрегатов и удаление самых малых, за счёт преобразования последних в графеновые структуры, что в целом улучшит структуру исходного материала повысив его однородность. Также в ходе процесса СВС происходит удаление примесей непрореагировавшей органики, что также положительно влияет на качество исходного материала.

На основе полученного гибридного материала и бутадиен-нитрильного каучука СКН-18 изготовили образцы резины. Исходное содержание тех. углерода П-328 составляло 40 масс.ч., далее 3 и 6 масс.ч. обычного тех. углерода были замещены на 3 и 6 масс.ч. модифицированного графеном в ходе метода СВС тех. углерода соответственно. Далее провели испытания для установления влияния модифицированного тех. углерода на прочностные свойства резин. Исходя из полученных результатов механических испытаний модифицированных резин можно судить о значительном улучшении прочностных характеристик образцов с увеличением содержания модифицированного по методу СВС технического углерода. Использование полученного гибридного материала технический углерод-графен для частичного замещения технического углерода в составе резин на основе бутадиен-нитрильного каучука является крайне перспективным направлением, в виду малого расхода гибридного материала (замещались 3 и 6 масс.ч. из 40 исходных) и значительного прироста прочностных характеристик полученных образцов резин.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ЛИТИЯ В ЭЛЕКТРОДЫ НА ОСНОВЕ ОКСИФТОРИДА ТИТАНА

***Грушина А.А.*[1,2], *Ложкина Д.А.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники*

[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН*

e-mail: gruschina@bk.ru

ELECTROCHEMICAL INTRODUCTION OF LITHIUM INTO ELECTRODES BASED ON TITANIUM OXIFLUORIDE

***Grushina A.A.*[1,2], *Lozhkina D.A.*[2]**

[1]*Saint-Peterburg State Institute of Technology,*

[2]*The Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences*

Оксифторид титана ($TiOF_2$) является перспективным анодным материалом, который можно рассматривать как альтернативу титанату лития. Так как, несмотря на то, что данные материалы имеют близкий потенциал внедрения лития, емкость $TiOF_2$ (526 мАч/г) в несколько раз превышает емкость титаната лития (175 мАч/г) [1]. При этом в литературе относительно мало работ, посвященных изучению электрохимического поведения $TiOF_2$. В связи с этим цель данного исследования заключалась в исследовании электрохимических характеристик электродов на основе оксифторида титана с помощью гальваностатического циклирования и спектроскопии электрохимического импеданса. Получение $TiOF_2$ осуществлялось путем взаимодействия металлического титана с плавиковой кислотой на воздухе. Электроды изготавливались по намазной технологии, измерения проводились в двухэлектродных ячейках с Li противоэлектродом.

В результате гальваностатического циклирования установлено, что электроды на основе $TiOF_2$обладают емкостью ~370 мАч/г, значение которой они сохраняют на протяжении длительного циклирования. Измерения частотной зависимости импеданса показали (рисунок), что кинетика электрохимического внедрения/извлечения лития определяется следующими стадиями: перенос ионов/атомов лития через SEI (Solid-Electrolyte Interphase), их разряд/ионизация и диффузия Li в объеме материала.

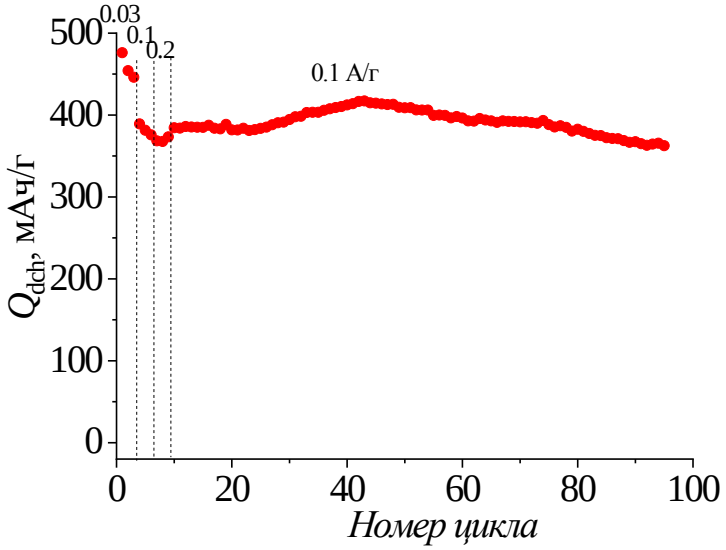


Рисунок – Зависимость разрядной емкости от номера цикла

Литература:

1. Myung S.-T., Kikuchi M., Yoon C. S. *J. Power Sources*, 2015, **288**, 376.

НАНОЧАСТИЦЫ В ВКВС МУЛЛИТОКОРУНДОВОГО СОСТАВА

Дякин П.В.

ООО Научно-Внедренческая Фирма «Керамбет-Огнеупор»

e-mail: ceramika-1@mail.ru

NANOPARTICLES IN THE HCBS MULLITE-CORUNDUM COMPOSITION

Diakin P.V.

Scientific research and development company «Kerambet – Refractory» LLC

Создание новых высокоэффективных огнеупорных материалов во многих случаях решается с применением нанотехнологий. Существенным недостатком является тот факт, что при введении в незначительном количестве (1-3 %) наночастиц, существует проблема их равномерного распределением в объеме материала. В виду высоких адгезионных свойств, при хранении или транспортировке наночастицы образуют достаточно прочные агломераты.

Значительный интерес в данном аспекте представляют ВКВС–ые технологии. В настоящей работе проведены исследования матричной системы на основе ВКВС композиционного состава, состоящей (по массе сухого материала) из 66,5 % спеченного китайского боксита марки Rota HD, 22,0 % плавленого электрокорунда и 11,5 % высокодисперсного плавленого кварца. В качестве корунда использовали неликвидную фракцию (мельче 0,25 мм) в виде отсева при получении абразивного шлифзерна.

Процесс получения высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) высокоглиноземистого состава осуществляется в щелочной среде (pH~8-8,5), при высокой концентрации твердой фазы, повышенной температуре и предельном разжижении. При механо-химическом процессе в ВКВС «нарабатываются» наночастицы, осуществляется образование золей SiO_2 и Al_2O_3, вступающих в реакцию взаимодействия с выделением на поверхности частиц алюмокремниевой кислоты. При сушке и низкотемпературной обработке за счет прохождения поликонденсационных процессов проходит образование прочных связей, что способствует упрочнению материала. Методом седиментационного осаждения из состава ВКВС выделены наночастицы. Определено их влияние на процессы измельчения, структурообразования, формирования поровой структуры, изучен химико-минеральный состав. Установлено, что матричная система характеризуется существенно меньшей температурой спекания, образования в ней вторичного муллита. Оптимальное содержание наночастиц в ВКВС и формовочных системах определяет тонкопористую структуру материалов, что способствует повышению коррозионной стойкости и увеличению сроков службы тепловых агрегатов.

Изучено влияние температуры обжига образцов на фазовый состав, структуру и некоторые их свойства. Образцы с исходным содержанием Al_2O_3 81 %, SiO_2 14 %, после обжига в интервале 1400-1640 °С характеризуются общим содержанием муллита 38–42 % и корунда 50–55 %. На основе ВКВС, входящих в состав матричных систем керамобетонов, в ОАО «Динур» изготавливается значительный ассортимент как формованных, так и неформованных огнеупоров.

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ Cr- И P-СОДЕРЖАЩИМИ РЕАГЕНТАМИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРА

Киселева Д.А.*, *Новожилова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: dascha_2001@mail.ru

INFLUENCE OF THE SEQUENCE OF SURFACE'STREATMENT OF HIGH PRESSURE POLYETHYLENE WITH Cr- AND P-CONTAINING REAGENTS ON THE ENERGY PROPERTIES OF POLYMER

Kiseleva D.A.*, *Novozhilova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полимерные материалы обладают довольно большим рядом функциональных свойств, благодаря чемушироко применяются в различных областях науки, техники, медицины и др. Химическая модификация поверхности полимерных материалов с применением технологии молекулярного наслаивания позволяет расширять области их применения за счет изменения таких параметров пленок, как смачиваемость, термоокислительная стойкость и электретные свойства.

Целью данной работы является исследование влияния последовательности обработки пленок полиэтилена высокого давления (ПЭВД) фосфор- и хромсодержащими реагентами на параметры смачиваемости и энергетические характеристики поверхности полимера.

Синтез двухкомпонентных (P-Cr и Cr-P) систем на поверхности пленки ПЭВД (ГОСТ 16337-77) проводили в установке молекулярного наслаивания проточного типа при температуре 60 °C. В качестве низкомолекулярных реагентов для модифицирования полимера применяли оксохлорид фосфора (V), диоксид-дихлорид хрома (VI) и H_2O. Пленку ПЭВД-Cr-Робрабатывали парами CrO_2Cl_2 и H_2O, а затем парами $POCl_3$ и H_2O, а образец ПЭВД-P-Crмодифицировали в обратной последовательности.

Для оценки изменений энергетических свойствмодифицированных пленок проводили измерения краевых углов смачивания двумя тестовыми жидкостями (глицерин и вода) с последующим расчетом поверхностной энергии образцов по методу Фоукса [1].

Было установлено, что прививка двухкомпонентных Cr-Ри P-Cr-систем на поверхности ПЭВДприводит к повышению гидрофильности полимера, однако полученные значения краевых углов смачивания модифицированных пленок водой между собой отличаются незначительно. Прежде всего, последовательность обработки пленки реагентами оказывает значительное влияние на изменение поверхностной энергии образцов, в частности, на перераспределение значений между её составляющими. Для образца ПЭВД-P-Cr наибольший вклад в значение величины полной поверхностной энергии вносит полярная составляющая, тогда как для образца ПЭВД-Cr-P – дисперсионная. Таким образом, пленка ПЭВД-P-Cr обладает самым высоким значением полярной составляющейповерхностной энергии и является наиболее гидрофильной.

Исследование выполнено в Первом всероссийском инжиниринговом центре технологии молекулярного наслаивания СПбГТИ(ТУ) при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2021-028).

Литература:

1.Fowkes, F.M., Ind. Eng. Chem., 1964, vol. 56, no. 12, pp. 40–52.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ

Малыгин А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: malygin@lti-gti.ru

CREATING OF NEW MATERIALS BY USING OF THE MOLECULAR LAYERING NANOTECHNOLOGY

Malygin A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработанный в середине прошлого века учеными ЛТИ им. Ленсовета В.Б. Алесковским и С.И. Кольцовым метод молекулярного наслаивания (МН), в настоящее время является одним из наиболее востребованных при создании твердофазных наноматериалов различного функционального назначения [1-3]. Экспериментальная реализация процесса МН связана с послойным (с точностью до одного монослоя) наращиванием новых структурных единиц на поверхности твердого тела путем его обработки по заданной программе соответствующими химическими реагентами [2, 3].

Впродуктах, полученных методом МН, были выявлены эффекты монослоя, перекрывания подложки, многокомпонентной системы, взаимного согласования структуры подложки и наращиваемого слоя[3, 4].

Эффект монослоя проявляется в резком изменении свойств материала при нанесении на его поверхность от одного до трех-четырех монослоев вещества. На его основе можно синтезировать эффективные сорбенты, гетерогенные катализаторы, наполнители композиционных материалов[3, 4].

Эффект перекрывания подложки связан с формированием равномерного по толщине (после 4-6 и более монослоев) слоя вещества, полностью изолирующего поверхность матрицы. В качестве примера реализации указанного эффекта синтезированы композиции на основе белой сажи с оксидными покрытиями, титана(IV), цинка(II), хрома(III), железа(III), которые обладали свойствами объемных белых и цветных пигментов [3,4].

Эффект многокомпонентной системы представляет интерес при получении гетерогенных катализаторов, различных видов добавок в полимерные материалы для снижения их горючести, улучшения электретных характеристик и др. Созданы с применением метода МН электролюминесцентные панели, содержащие трехзонную структуру «диэлектрик-люминофор-диэлектрик» [3,4].

Эффект взаимного согласования структуры подложки и наращиваемого слоя нашел применение при оптимизации режимов термокомпактирования (например, снижение температуры) керамических материалов, протекания твердофазных химических реакций [4].

Работы в области молекулярного наслаивания выполняются при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2021-028).

Литература:

1. Кольцов С.И., Алесковский В.Б. // ЖФХ.- 1968.- Т. 42. -№ 5. -С. 1210-1214.

2. Алесковский В.Б. // ЖПХ. - 1974.- Т. 47.- № 10. С. 2145-2157.

3. А.А. Малыгин.// Российские нанотехнологии.- 2007. – Т. 2, №4.- С. 87 – 100.

4. Соснов. Е.А., Малков А.А., Малыгин А.А. //ЖПХ. - 2021. - Т. 94. - Вып. 9 - С. 1104-1137.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ БЕЛКОВ РАЗЛИЧНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЕСА СИНТЕТИЧЕСКИМИ СЛОИСТЫМИ СИЛИКАТАМИ СО СТРУКТУРОЙ МОНТМОРИЛЛОНИТА

***Мирошкина А.А.*[1,2], *Аликина Ю.А.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,*

[2]*Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: mirow_hed@mail.ru

INVESTIGATION OF THE ADSORPTION OF PROTEINS OF VARIOUS MOLECULAR WEIGHTS BY SYNTHETIC LAYERED SILICATES WITH THE STRUCTURE OF MONTMORILLONITE

***Miroshkina A.A.*[1,2], *Alikina Yu.A.*[2]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences*

Глинистые минералы, слоистые силикаты магния и алюмния, обладают рядом уникальных свойств (наличие пор, полостей и каналов различных размеров, обменных катионов и активных центров на поверхности), в связи, с чем имеют большой потенциал применения в различных областях промышленности. Однако использование природных минералов для решения некоторых задач медицины может быть ограничено в силу их неоднородности по фазовому составу, дисперсности и текстурным характеристикам, которые сильно варьируются в зависимости от месторождения. В связи с этим актуальной задачей является разработка и исследование свойств синтетических аналогов данных минералов.

Целью работы является исследование сорбционной ёмкости синтетических монтмориллонитов различного состава по отношению к белкам, имитирующим токсины крови. Для исследования были выбраны образцы монтмориллонита Al 0 (состав $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ H_2O) и Al 1.0 (состав $Na_{1.0}Al_{1.0}Mg_{1.0}Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$,), синтезированные в лаборатории химии силикатных сорбентов ИХС РАН. В качестве образца сравнения использовали медицинский активированный уголь. Сорбционная ёмкость образцов изучалась в отношении модельныхрастворов белков-маркеров среднемолекулярных, низкомолекулярных и высокомолекулярных токсинов: альбумина, окситоцина и иммуноглобулина.

Из представленных на рисунке изотерм адсорбции видно, что монтмориллониты являются более эффективными сорбентами по сравнению с активированным углем. При этом наибольшее значение адсорбционной емкости по отношению к низкомолекулярному белку отмечается у Al 1.0, а к средне- и высокомолекулярному – у Al 0. Предположительно, причиной этому является различие в изоэлектрических точках белков и поверхностных свойствах монтмориллонитов разного химического состава. Таким образом, синтетические монтмориллониты можно рассматривать как перспективные материалы для разработки на их основе сорбентов медицинского назначения.

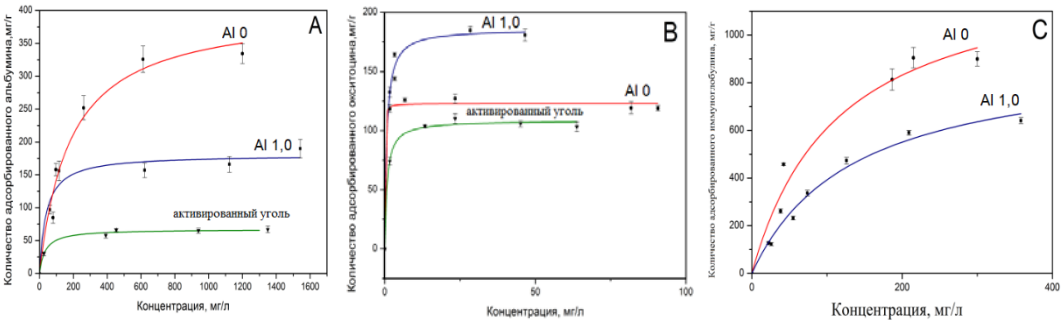


Рисунок – изотермы адсорбции белков монтмориллонитами различных составов - А – альбумина, В – окситоцина, С – иммуноглобулина

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ 3-5 КЛАССОВ ОПАСНОСТИ

Никифоров И.С.*, *Буракова Л.Д.*, *Хохлачев С.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: inikiforov205@mso365.technolog.edu.ru

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING MIXED CHEMICAL ABSORBERS BASED ON TECHNOGENIC WASTE OF 3-5 HAZARD CLASSES

Nikiforov I.S.*, *Burakova L.D.*, *Khokhlachev S.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сорбция вредных газов и паров - важная задача в промышленности. Химические поглотителииспользуются для осушки реакционных сред, но их производство дорого и трудоемко из-за использования активных углей. Исследования направлены на разработку более выгодных и эффективных способов получения химических поглотителей.

Целью данной работы является оценка возможности получения смесевых химических поглотителей (СХП) и сравнение их характеристик с импрегнированными поглотителями (ИП).

В задачи работы входило исследование влияния порядка смешения компонентов при получении химических поглотителей итермообработкиматериалов при разных температурах.

Материалы получали двумя способами, отличие которых заключалось в изменении порядка смешения связующего, наполнителя и модифицирующей добавки. В качестве наполнителя использовался технический углерод, полученный из автомобильных покрышек. В качестве связующеговыбрана кембрийская глина, представленная отходом котлованных работ. В качестве хемосорбционной добавки использовали хлорид кальция. Количественный состав и влажность формовочной пасты оставались одинаковыми для всех методов получения. Сырые материалы высушивались при 110 °С и спекались притемпературах в диапазоне от 330 °С до 780 °С. Сравнение производили с импрегнированными ХП идентичного качественного и количественного составов.

Полученные материалы исследовались назначения предельного объема сорбционного пространства (W_S) по бензолу, влагопоглощения (A) и прочности на раздавливание. Результаты приведены в таблице.

Таблица – Характеристики СХП и ИП при температуре спекания равной 530 °С

Материал	W_S, см^3/г	А, см^3/г	Прочность, МПа
СХП	0,29	0,63	3,09
ИП	0,26	0,58	4,14

В результате исследования был сделан вывод о том, что смесевые химические поглотители могут служить альтернативой импрегнированным химическим поглотителям, которые широко используются в производственной практике.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕМЕНТОКСИДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

Подкопаева Е.Д.*, *Новожилова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники

e-mail: podkop.1701@gmail.com

INVESTIGATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND THERMAL OXIDATIVE STABILITY OF POLYPROPYLENE FIBER MODIFIED WITH ELEMENTOXIDE NANOSTRUCTURES

Podkopaeva E.D.*, *Novozhilova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Значительному расширению областей применения полимеров способствует использование различных методов химического модифицирования. Одним из перспективных методов поверхностной модификации полимеров является метод молекулярного наслаивания (МН). Ранее было показано, что модификация полимерных материалов элементоксидными структурами оказывает существенное влияние на их химический состав, энергетические характеристики, термоокислительную устойчивость [1].

В данной работе был проведен синтез оксидных наноструктур фосфора, титана, хрома и ванадия на полипропиленовом волокните (ППВ) с использованием установки МН проточного типа. Полученные в ходе синтеза композиционные материалы, различающиеся временем обработки ППВ реагентами и элементом-модификатором (таблица), были исследованы методами рентгенофлуоресцентного анализа (РФлА) и дифференциально-термического анализа (ДТА).

Таблица – Синтезированные образцы

Обозначение образца	Реагенты	Время хемосорбции, мин
ППВ-P-10/20/30	$POCl_3$, H_2O	10/20/30
ППВ-Ti-10/20/30	$TiCl_4$, H_2O	10/20/30
ППВ-V-10/20/30	$VOCl_3$, H_2O	10/20/30
ППВ-Cr-10	CrO_2Cl_2, H_2O	10

В ходе исследований установлено, что прививка титан- и ванадийсодержащих структур приводит к увеличению концентрации титана и ванадия в образцах с увеличением времени хемосорбции. Для фосфорсодержащих структур с увеличением времени обработки волокнита (в течение 20, 30 мин) концентрация фосфора в образцах уменьшается, предположительно, ввиду протекания параллельного процесса, препятствующего взаимодействию паров реагента с поверхностными функциональными группами. Для образца ППВ-Cr-10 характерно частичное разрушение материала, поскольку оксохлорид хрома является сильным окислителем, то, возможно, в процессе хемосорбции его пары могут разрушать макромолекулы полимера. Исследование теромооксилительной устойчивости образцов показало, что при обработке ППВ парами галогенидов и воды происходит и увеличение термической стабильности образцов – температуры начала разложения и 50% потери массы сдвигаются в более высокотемпературную область. Так, наилучшая термостабильность характерна для волокнита, обработанного парами $VOCl_3$ и H_2O.

Литература:

1. Трифонов С.А., Соснов Е.А., Малыгин А.А. Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2005. Т. 5. №13. С. 219-232.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА НА СТРУКТУРУ НАНОВОЛОКОН АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ - ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Подцепилова О.А.*, *Успенская М.В.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
e-mail: poa1307@mail.ru

EFFECT OF ELECTROSPINNING CONDITIONS ON THE STRUCTURE OF CELLULOSE ACETATE - POLYETHYLENE GLYCOL NANOFIBERS

Podtsepilova O.A.*, *Uspenskaya M.V.
ITMO University

Электроспиннинг является надежным и универсальным методом получения непрерывных нановолокон из полимеров. Во время данного процесса на поверхность капли полимерного раствора подается высокое напряжение, образующее конус Тейлора. Когда сила электростатического напряжения превышает суммарную силу поверхностного натяжения, раствор полимера вытягивается, что сопровождается испарением растворителя, и на поверхности коллектора образуются полимерные мембраны [1, 2].

В настоящей работе методом электроспиннинга были получены нановолокна на основе 10 % полимерного раствора, содержащего ацетат целлюлозы и полиэтиленгликоль в соотношении 1:1. Растворителем системы выступала 60 % уксусная кислота. Получение полимерного нановолокна проводили на установке Nanon с варьированием параметров объемного расхода прядильного раствора и подаваемого на коллектор напряжения, с целью оценки их влияния на морфологические параметры получаемых волокон и качества мембраны. Размер нановолокон определяли по микрофотографиям (рисунок) с помощью программного обеспечения ImageJ.

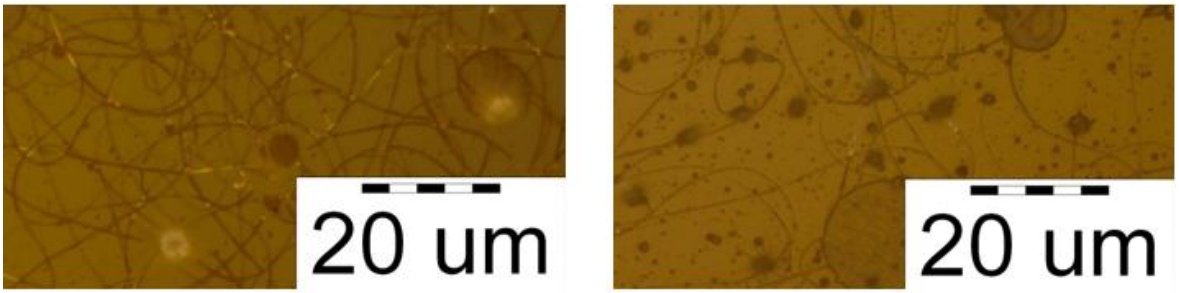


Рисунок – Микрофотографии нановолокон ацетат целлюлозы/полиэтиленгликоль, полученные в ходе вариации параметров

На основе проведенных исследований была выявлена зависимость влияния скорости подачи раствора и напряжения на диаметр получаемых нановолокон и определены оптимальные условия электроспиннинга. Показано, что представленные материалы могут быть перспективными в качестве сорбентов органических соединений из водных растворов.

Литература:

1. Guo-Rong, X. Electrospun nanofibrous membranes as promising materials for developing high-performance desalination technologies / X. Guo-Rong, X. Yu-Lei, W. Min // Desalination – 2022. – Т. 528 – С.1356-1390.
2. Diradyl, I. Cellulose acetate-based membrane for wastewater treatment—A state-of-the-art review / I. Diradyl, F. Jalal Uddin, M. Shahruzzaman // Materials Advances – 2023 – Т. 4 – С.4054-4102

ВЛИЯНИЕ НАНЕСЕННЫХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ВАНАДИЯ(V) НА ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ СПЕКАНИИ ТВЕРДОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

***Румянцев Н.И.*[1,2], *Бодалёв И.С.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов*

[2]*ООО «Вириал»*

e-mail: nikivarum8777@gmail.com

EFFECT OF VANADIUM(V) OXIDE THIN FILMS GROWN BY THE MOLECULAR LAYERING METHOD ON THERMAL TRANSFORMATIONS OCCURRING IN THE COURSE OF SINTERING OF A HARD ALLOY BASED ON TUNGSTEN CARBIDE

***Rumyantsev N.I.*[1,2], *Bodalyov I.S.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Virial Ltd.*

В данной работе сравнивалось влияние оксида ванадия(V), нанесенного на поверхность карбида вольфрама методом молекулярного наслаивания (МН), и карбида ванадия, внесенного в состав смеси WC – Co методом механического смешения (МС), на термические процессы, происходящие при спекании твердого сплава.

Результаты синхронного термического анализа представлены на рисунке.

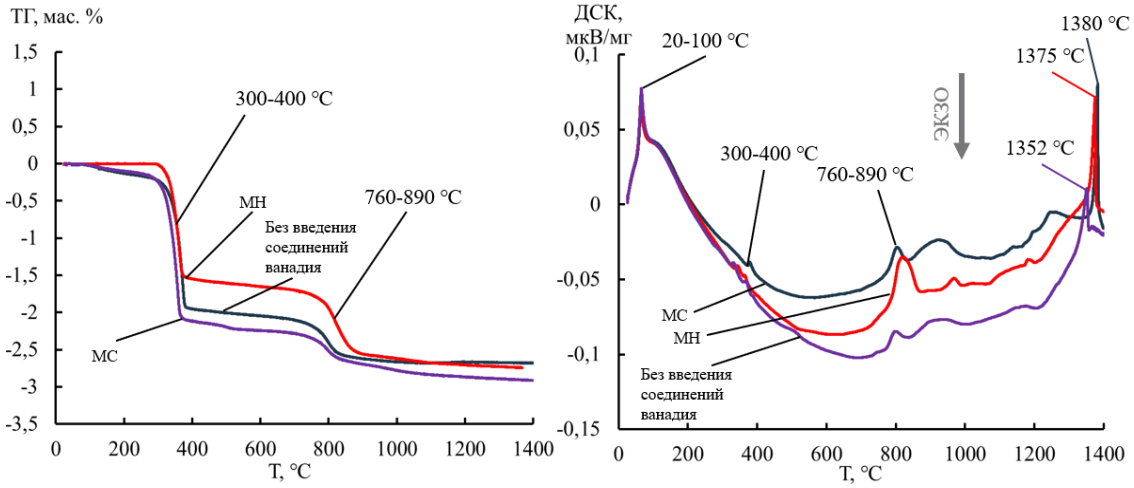


Рисунок – Термогравиметрические кривые и результаты дифференциальной сканирующей калориметрии

Показано, что плавление системы (эндотермический эффект при 1352–1380 °C) при введении МС начинается раньше и протекает в более широком температурном диапазоне, нежели у образца без введения соединений ванадия, тогда как при введении оксида ванадия (V) методом МН начало плавления смещается гораздо меньше, а диапазон температур плавления практически не меняется.

Определено, что введение оксида ванадия (V) методом МН, в отличие от введения МС, усиливает испарение оксида вольфрама (VI) при 760–890 °C, что может объясняться каталитическим воздействием оксида ванадия, нанесенного методом МН, на процесс окисления карбида вольфрама. После 1000 °C испарение оксида вольфрама полностью завершается и не оказывает влияния на дальнейший процесс спекания.

Синтез и синхронный термический анализ модифицированных образцов были выполнены в ИЦТМН СПбГТИ(ТУ) (договор с Минобрнауки России № 075-15-2021-028).

СИНТЕЗ НАНОКРИСТАЛЛА ПЕРОВСКИТА СОСТАВА CSPBBR3 И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ

Слинкин Т.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: t.slinkin@yandex.ru

SYNTHESIS OF A PEROVSKITE NANOCRYSTAL OF CSPBBR3 AND A RESEARCH OF ITS SPECTRAL- LUMINESCENT PROPERTIES

Slinkin T.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нанокристаллы перовскитов с галогенидной группой состава $CsPbX_3$ (X = Cl, Br, I), синтезированные при помощи нанохимии, с каждым годом представляют всё больший интерес к исследованию методик и технологий постановки синтеза. Это обусловлено широкой областью применения данных веществ в самых различных отраслях. Данные современные полупроводниковые материалы имеют своего рода уникальные оптические и люминесцентные свойства, одним из которых является узкий спектр излучения, который возможно регулировать замещением анионов, катионов и технологией синтеза. Так с помощью упомянутых кристаллов при грамотном выборе реагентов, возможно, получить излучение во всём видимом спектре, что подчеркивает потенциал использования нанокристаллов перовскитов в различных сферах (например, в энергетике).

Отдельного внимания заслуживает перовскит состава $CsPbBr_3$ из-за своей устойчивости и наличия большого показателя интенсивности люминесценции по сравнению с кристаллами другого анионного состава. Доступные и качественные технологии постановки синтеза $CsPbBr_3$ стали предметом многих современных исследований.

В данной работе для получения перовскита $CsPbBr_3$ была использована сравнительно новая и воспроизводимая методика синтеза из CsBr и $PbBr_2$ при помощи вспенивания и последующего высушивания водного раствора (образец №1). Далее был проведён сравнительный анализ с образцом №2 идентичного состава, полученным ранее без вспенивания. Спектр люминесценции полученных нанокристаллов характеризовался максимумом при 508 и 543 нанометрах соответственно для образца №1 и №2. Результаты измерений представлены на рисунке 2. Так можно отметить, что при помощи данной методики возможно изменение спектра без изменения анионного и катионного состава.

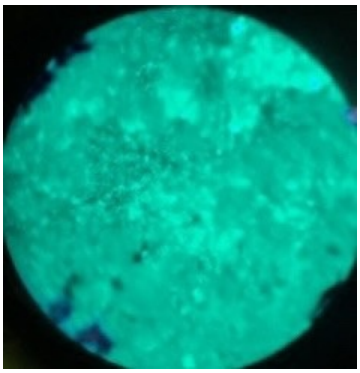


Рисунок 1 – Люминесценция $CsPbBr_3$ при облучении УФ

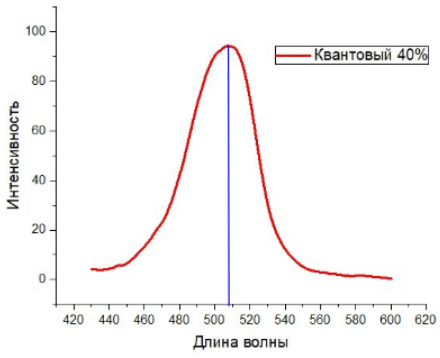


Рисунок 2 – Измерение интенсивности люминесценции полученного образца №1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АДДУКТА ЛЕГКОГО ФУЛЛЕРЕНА С ГЛИЦИНОМ $C_{60}(NHCH_2COOH)_2H_2$

***Субботин Д.И.*[1], *Ростокин А.А.*[1], *Кескинов В.А.*[2], *Чарыков Н.А.*[1,2,3], *Летенко Д.Г.*[4], *Матузенко М.Ю.*[1], *Клепиков В.В.*[1], *Акулова Ю.П.*[1], *Черепкова И.А.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии,*

[2]*Центр превосходства «Veritas», Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,*

[3]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,*

[4]*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

e-mail: keskinov@mail.ru

IDENTIFICATION AND SOME PROPERTIES OF AQUEOUS SOLUTIONS OF LIGHT FULLERENE ADDUCT WITH GLYCINE $C_{60}(NHCH_2COOH)_2H_2$

***Subbotin D.I.*[1], *Rostokin A.A.*[1], *Keskinov V.A.*[2], *Charykov N.A.*[1,2,3], *Letenko D.G.*[4], *Matuzenko M.Yu.*[1], *Klepikov V.V.*[1], *Akulova Yu.P.*[1], *Cherepkova I.A.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*Priority Department Centre «Veritas» D. Serikbayev East Kazakhstan technical university,*

[3]*Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»,*

[4]*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE)*

В работе описан синтез бис-аддукта незаменимой кислоты – глицина, NH_2CH_2COOH, и легкого фуллерена - C_{60}: $C_{60}(NHCH_2COOH)_2H_2$, методом гетерогенно-каталитического присоединения. Синтезу, идентификации, изучению основных физико-химических, биологических и др. свойств водорастворимых соединений легких фуллеренов посвящен целый ряд наших работ [1-7]. Идентификация кристаллогидрата бис-аддукта проведена методами: элементного ($C-H-N$) анализа; электронной и инфракрасной спектроскопии; ядерного магнитного резонанса; комплексного термического анализа; высокоэффективной жидкостной хроматографии. Ассоциация частиц бис-аддукта в водном растворе изучалась методом динамического светорассеяния (определены линейные размеры ассоциатов 1, 2, 3 порядков). Методом изотермического насыщения в ампулах определена политермическая растворимости бис-аддукта в водных растворах.

Исследования были поддержаны Российским Научным Фондом проект № 23-23-00064.

Литература:

1. Pochkaeva E.I., Podolsky N.E., Zakusilo D.N. et al. Progress in Solid State Chemistry. 2020. V. 57. P. 100255. https://doi.org/. P. 100255.
2. Serebryakov E.B., Zakusilo D.N., Semenov K.N. et al. J. Mol. Liq. 2019. V. 279. P. 687.
3. Semenov K.N., Kurilenko A.V., Charykov N.A. et al. Russ. J. Phys. Chem. A. 2019.V. 93. №. 7. P. 1258.
4. Nikolay A. Charykov, Viktor A. Keskinov et.al. Processes. 2021, *9* (2), P.349
5. N.A. Charykov, V.A. Keskinov, and A.V. Petrov. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2021, Vol. 95, No. 11, pp. 2183–2199. DOI: 10.1134/S0036024421110066
6. N.A. Charykov, V.A. Keskinov, and A.V. Petrov. Russian Journal of Physical Chemistry A, 2021, Vol. 95, No. 12, pp. 2359–2373.
7. Safyannikov N.M., Charykov N.A., Garamova P.V. et al. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 2018. V. 9. № 1. P. 46.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА С МАГНИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ: МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

***Шмелькова С.А.*[1,2], *Бердоносов Д.Ю.*[2], *Седов В.П.*[1], *Орлова Д.Н.*[1], *Сергеев А.А.*[1,2], *Суясова М.В.*[1]**

[1]*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,*
[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений*
e-mail: sabinauchitsya@yandex.ru

MODIFIED CELLULOSE WITH MAGNETIC PROPERTIES: METHODS OF PRODUCTION AND APPLICATION POSSIBILITIES

***Shmelkova. S.A.*[1,2], *Berdonosov D.Y.*[2], *Sedov V.P.*[1], *Orlova D.N.*[1], *Sergeev A.A.*[1,2], *Suyasova M.V.*[1]**

[1]*Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of NRC «Kurchatov Institute»,*
[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Перспективным направлением использования новых материалов в современной технике является получение полимерных материалов, обладающих электрическими и магнитными свойствами. Целью данной работы являлась модификация ферромагнитными частицами природного полимера – целлюлозы для придания ей магнитных свойств [1]. Модифицированную целлюлозу с магнитными свойствами можно использовать для защиты ценных бумаг, в 3D-печати, в аудио- и видеоустройствах, в оптических устройствах и для маркировки материалов [2].

Модификацию целлюлозы проводили путем внедрения ферромагнитных материалов в поры капиллярно-пористой структуры целлюлозных волокон (метод «загрузки просвета»).

В представленном исследовании в качестве объектов были выбраны порошковая и микрокристаллическая целлюлоза, модификацию которых проводили ферритом кобальта и эндометаллофуллереном железа. Полученные образцы обладают явно выраженными магнитными свойствами. По данным ИК- и КР-спектроскопии [3] можно предположить, что в случае использования феррита кобальта наблюдается взаимодействие гидроксильных групп с металлом, а в случае эндометаллофуллерена железа проявляется только адсорбционное взаимодействие.

Полученные образцы будут использованы для получения новых материалов на основе целлюлозы.

Литература:

1. Nypelo T. Magnetic cellulose: does extending cellulose versatility with magnetic functionality facilitate its use in devices? / Journal of Materials Chemistry C (RSC Publishing)-2022

2. Sánchez J. Rheological behavior of magnetic pulp fiber suspensions / Sánchez J., Quintana G., Herrera A. // Tappi Journal. – 2021. – Т. 20. - №6. – С. 393-403.

3. Awan, F. Enhanced radical scavenging activity of polyhydroxylated C60 functionalized cellulose nanocrystals / F. Awan // Cellulose. – 2016. – № 23. – С. 3589-3599.

RESEARCH AND POSSIBLE AGRONOMIC APPLICATIONS OF $C_{60}(OH)_{24}$ ADDUCTS WITH HEAVY METALS FOR CROP TREATMENT

Shaimardanov Zh.K.[1], Kulenova N.A.[1], Sadenova M.A.[1], Shaimardanova B.K.[1], Shushkevich L.V.[1], Blokhin A.A.[1,2], Charykov N.A.[1,2,3], Keskinov V.A.[1], Gur'eva A.A.[2], German V.P.[2], Letenko D.G.[4]

[1]Priority Department Centre «Veritas» D. Serikbayev East Kazakhstan technical university,
[2]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[3]St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI»
[4]Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE)
e-mail: keskinov@mail.ru

The topic of our investigation is the synthesis of fullerenol - $C_{60}(OH)_{24}$ adducts with some heavy metals - $C_{60}(ONa)_x(O_2Me)_{(24-x)/2}$; $C_{60}(ONa)_x(O_3Me)_{(24-x)/3}$; Me = Co; Cu; Mn; Zn; Gd; Tb. The most popular and available fullerenol-24 $C_{60}(OH)_{24}$ was used for synthesis [1-3], the possible agrotechnical application of which (and some of its derivatives) was previously studied [3-11]. The identification of adducts was carried out by the methods of: elemental analysis, infrared and electronic spectroscopy, complex thermal analysis, high-performance liquid chromatography and dynamic light scattering. The solubility of adducts in aqueous solutions in the natural temperature range has been studied. The use of these adducts as micronutrients for spring barley crops in the Republic of Kazakhstan is considered. When using these nano-preparations, a general increase in yield, nutrient content and moisture resistance of seeds, as well as the resistance of the latter to the effects of pathogenic microorganisms, was noted.

This research has been supported by the Project IRN BR10965186 «Development and implementation of geoinformation support for «Smart» agriculture to improve the management of the agro-industrial complex», funded by the Science Committee of The Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Investigations are also supported by the Russian Scientific Foundation - RNF (project N 23-23-00064).

Литература:

1. Vladimir V. Sharoyko, Sergei V. Ageev, Nikolay A. Charykov, et al. J. Molec. Liquids. Volume 311, 1, 2020, 113360-113411. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113360
2. Nikolay A. Charykov, Viktor A. Keskinov, Kirill A. Tsvetkov, et.al Processes. 2021 , *9* (2), P.349; https://doi.org/10.3390/pr9020349
3. K.N. Semenov, N.A. Charykov, V.N. Postnov et.al. Progress in Solid State Chemistry 2016. V. 44 (2). P. 59-74.
4. Marco A. Marcos, David Cabaleiro, Luis Lugo et.al. Journal of Molecular Liquids. Volume 278, 15 March 2019, Pages 342-355.
5. G.G. Panova, K.N. Semenov, O.A. Shilova et.al. Agrophysics (rus.). 2018. N3. P.48-58. DOI: 10.25695/AGRPH.2018.03.09
6. G.G. Panova, E.V. Kanash, K.N. Semenov et.al. Agricultural Biology (rus.). 2018, V. 53, N1, P.38-49. doi: 10.15389/agrobiology.2018.1.38rus
7. G.G. Panova, K.N. Semenov, O.A. Shilova et.al. Agrophysics. 2015. N4. P.37-48.
8. G.G. Panova, I.N. Ktitorova, O.V. Skobeleva et al. Plant Growth Regulation. 2016, Volume 79, Number 3, Page 309-318. DOI 10.1007/s10725-015-0135-x.
9. Vladimir V. Kuznetsov, Nikolay A. Charykov, et.al. 2023. SSRN Electronic Journal. DOI:10.2139/ssrn.4329833.
10. N.A. Charykov, A.A. Gur'eva, V.P. German et.al. Rus. J. Phys. Chem. 2023, V. 97, № 7, proofreading. DOI: 10.31857/S0044453723070051.
11. N.A. Charykov, A.A. Gur'eva , V.P. German et.al. Rus. J. Phys. Chem. 2023, T. 97, № 8, proofreading. DOI: 10.31857/S0044453723080228

РАЗДЕЛ VI.
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



БИОМОНИТОРИНГ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Беляева И.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: belyaevairina97@gmail.com

EARTH DAMS BIOMONITORING

Beliaeva I.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Влиянию микробиологического фактора на свойства и долговечность гидротехнических сооружений в течение многих лет уделяется значительное внимание, так как оно может вызывать негативные последствия для экономики и безопасности объектов. Сооружения, изделия, материалы и сырьё часто подвергаются негативному воздействию живых организмов и являются объектами биоповреждений.

Биоповреждения могут возникать в водной и воздушной средах, почве и грунтах. Гидротехнические сооружения (ГТС) особо подвержены им, так как на данных конструкциях присутствуют различные факторы, создающие благоприятные условия для роста микроорганизмов: влажность, недостаточная вентиляция, закрытые пространства и др.

Грунтовые плотины не являются исключением и требуют особого внимания, так как являются средой с большим количеством питательных веществ для развития микроорганизмов. Опасность микробиологической трансформации грунтов и возникновения коррозионно-опасных ситуаций определяется не только численностью микроорганизмов, но и зависит от состава их метаболитов – различных органических и неорганических веществ, в частности, углекислого газа, сероводорода, аммиака, серной и азотной кислот и др.

Основной метод прогноза влияния микробиологического фактора на грунты и оценки биологической нагрузки на сооружение – биомониторинг. Данный вид комплексного контроля позволяет оценить пространственно-временные изменения состава и структуры микробных сообществ, определить динамику накопления микроорганизмов в различных водоносных горизонтах, оценить уровень опасности микроорганизмов для устойчивости грунтов и развития биокоррозии материалов и конструкций ГТС, а также выявить влияние факторов окружающей среды на формирование микробиоты в подземном пространстве на территории ГТС.

Биомониторинг грунтовых плотин имеет специфические особенности. В бетонных и железобетонных сооружениях процессы биокоррозии и биоповреждений могут быть обнаружены визуально, что невозможно в случае грунтовых сооружений. Так, объектами биомониторинга становятся пробы воды из различных водоносных горизонтов, которые могут оказывать влияние на грунтовое сооружение.

В ходе работы был разработан план проведения биомониторинга грунтовых плотин. Эта программа включает в себя следующие этапы:

1) проведение осмотра объекта;
2) отбор проб воды из намеченных точек;
3) проведение микробиологических анализов отобранных проб экспресс-методом;
4) проведение метагеномных анализов отобранных проб.

Данный план позволяет делать выводы об изменениях состава микроорганизмов, тенденциях увеличения или уменьшения их количества в различных водоносных горизонтах, что, как следствие, позволяет устанавливать уровень микробиологической опасности для грунтового сооружения, а также составить прогноз развития биокоррозионных процессов в теле грунтовой плотины.

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И ИОНООБМЕННЫХ СВОЙСТВ ФОСФОРНОКИСЛЫХ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ И КАРБОНИЗАТОВ

Далидович В.В., Григорьева Л.В., Белянкин Е.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: dalidovich.vera@mail.ru

COMPARISON OF PARAMETERS OF POROUS STRUCTURE AND ION EXCHANGE PROPERTIES OF PHOSPHORIC ACID ACTIVE CARBONS AND CARBONIZATES

Dalidovich V.V., Grigoryeva L.V., Belyankin E.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

С целью изучения возможности получения фосфорнокислых активных углей (АУ) из отходов лесопромышленного комплекса при максимально возможном сохранении ими ионообменных свойств, присущих карбонизатам из этого же сырья, были получены карбонизаты и активаты из опилок и лигнина.

Для этого использовалась в качестве активатора фосфорная кислота H_3PO_4 40 % (масс. доли). Были получены АУ и карбонизаты, таблетированные при давлении 15 МПа (соотношение опилок и лигнина составляло 7:3, 6:4, 1:1 и 3:7, исходной смеси отходов и активатора 1:1,5) с последующим их термоотверждением в течение 3 часов при температуре 110 °С, которые затем подвергались карбонизации и паро-газовой активации при температуре соответственно 750 °С и 850 °С и времени изотермической выдержки 60 минут, с дальнейшей отмывкой и сушкой в течение 2 часов при температуре 130 °С. Оптимальными по параметрам пористой структуры и сохранении ионообменных свойств после активации были АУ и карбонизат, полученные при соотношении опилок и лигнина 6:4. Величина обгара активных углей составляла 35 %.

Результаты сравнения свойств АУ и карбонизата представлены в таблице.

Таблица – Свойства фосфорнокислых активных углей и карбонизата из опилок и лигнина

Сорбент	ПОЕ по NaOH, мг-экв/г	Предельный объем сорбционного пространства по бензолу, Ws, $см^3/г$	Объем микропор, Vми, $см^3/г$	Объем мезопор, Vме, $см^3/г$	Объем макропор, Vма, $см^3/г$	Суммарный объем пор, V_Σ, $см^3/г$	Удельная поверхность пор, $S_{уд}$, $м^2/г$
АУ	2,2	0,43	0,38	0,05	1,28	1,70	920
Карбонизат	3,4	0,32	0,25	0,02	0,85	1,15	-
СКТ-3	-	0,43-0,55	0,37-0,46	0,06-0,09	0,25-0,32	не менее 0,80	1200
СМ-1	3,0	-	-	-	-	-	-

В качестве образцов сравнения были использованы сульфоуголь марки СМ-1 и активный уголь марки СКТ-3.

Стадия паро-газовой активации несколько снижает ионообменные свойства углей при одновременном развитии пористости. В связи с этим дальнейшие исследования предполагается проводить в направлении оптимизации параметров предварительной подпрессовки на стадии формования и температуры химической и паро-газовой активации.

АБСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПРОИЗВОДСТВА КОФЕ

Дулецкая Д.А.*, *Астафьева Е.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа
e-mail: duletzkaja.darya@yandex.ru

ABSORPTION PURIFICATION OF WASTE GASES OF COFFEE PRODUCTION

Duletskaya D.A.*, *Astafyeva E.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Актуальная задача очистки отходящих газов в процессе обжарки зеленых зерен кофе, содержащих большое количество органических веществ, которые существенно меняют состав и позволяют зерну приобрести необходимый вкус, может решаться с использованием систем дожигания факельными горелками, каталитических технологий, плазменно-каталитическими установками типа «ПЛАЗКАТ». Интерес представляет применение абсорбционного метода очистки в сочетании с окислением озоном. В ходе работы кофейные зерна загружались в ростер и обжаривались. Образующиеся газы под действием вытяжной газодувки попадали через фильтр Шотта в цилиндрический абсорбер, где происходила стадия абсорбционной очистки; для расширения исследований в установку был включен озонатор в качестве окислителя органических соединений. Условия проведения опыта: температура 240 °С; время обжарки 5 минут.; навески зеленых зерен в серии испытаний с использованием озонатора – 7,5 г; без озона - 3 г. Отходящие при обжарке газы имеют главным образом кислый характер, с целью их возможной хемосорбции были выбраны щелочные агенты, такие, как раствор NaOH с массовой концентрацией 10 %, $Ca(OH)_2$ массовой концентрацией 2,5 % и вода. Наибольшая разница в показаниях TDS до и после очистки наблюдалась у суспензии $Ca(OH)_2$, что свидетельствует об эффективности гетерогенных процессов г-ж и г-ж-т.

Таблица – Показатели качества абсорбционных растворов до и после очистки

Показатель		Раствор абсорбента					
		Вода		$Ca(OH)_2$		NaOH	
		-	O_3	-	O_3	-	O_3
До очистки	pH	7.3	8.5	12.6	12.7	11.4	11.8
	TDS, ppm	48	57	3620	3800	8120	8120
	ORP, mV	320	349	2	40	-59	-23
После очистки	pH	7.0	8.2	12.6	12.7	11.4	11.7
	TDS, ppm	94	75	3670	3950	8420	8120
	ORP, mV	191	225	-40	-10	-138	-51
Разница после и до очистки	ΔTDS, ppm	46	18 (45 экв.)	50	150 (375 экв.)	300	0

При этом результаты анализа состава очищенных газов и сопоставления их с данными ПДК загрязняющих веществ свидетельствуют о необходимости дополнительного 3-х кратного разбавления свежим воздухом после очистки известковым молоком в присутствии озона для достижения природоохранных нормативов.

Авторы признательны руководителю работ доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за организационное, материальное и методическое сопровождение исследований.

РАЗРАБОТКА АДСОРБЕРА С ДВИЖУЩИМСЯ СЛОЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Дуничев М.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: vip.dunichev@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN ADSORBER WITH A MOVING BED FOR PURIFICATION OF WASTEWATER FROM PETROLEUM PRODUCTS

Dunichev M.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Увеличение эффективности процессов очистки сточных вод от НП может быть достигнуто благодаря разработке нового конструктива массообменных аппаратов, совмещающих процессы адсорбции и десорбции в замкнутом контуре [1].

Следовательно, оптимальным решением является разработка установки адсорбционной очистки с применением массообменного аппарата с подвижным слоем адсорбента. Спроектированная установка (рисунок) может быть использована в химической, нефтегазохимической, энергетической и других отраслях промышленности.

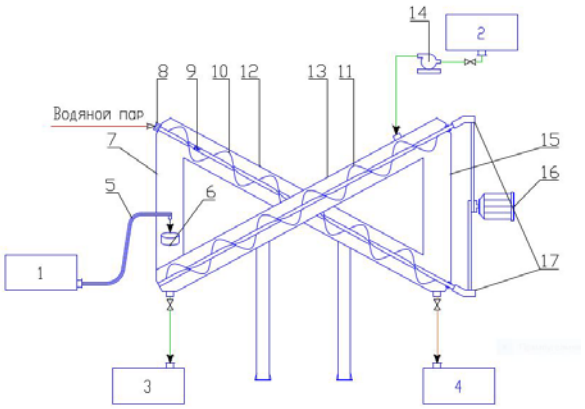


Рисунок – Экспериментальная установка адсорбционной очистки

Благодаря соединению камер адсорбции 13 и десорбции 12 переточными секциями 15 и 7 в замкнутом контуре существенно снижается время проведения процесса адсорбции, расход адсорбента. Расположение камер параллельно друг другу в крестообразной форме под углом 30° повышает эффективность работы массообменного аппарата. Применение шнековых транспортеров 10 и 11 для перемещения адсорбента, обеспечение минимального зазора между внутренним винтом(шнеком) и стенкой камеры, не превышающим эквивалентный диаметр частицы адсорбента, создание противоточной схемы движения сред позволяет полностью использовать поверхность адсорбента.

Предлагаемая установка адсорбционной очистки с массообменным аппаратом с подвижным слоем адсорбента, по сравнению с существующими аналогами, обеспечивает более высокую эффективность, многоразовое использование адсорбента, повышает степень очистки жидкой фазы от НП в 2-2,5 раза, позволяет осуществлять непрерывный процесс регенерации без прерывания движения потока адсорбента.

Литература:

1. В.Н. Филиппов, А.П. Зиновьев. Марушкинские чтения, «Теория и практика массообменных процессов хим. технологии», Материалы 2-й Междунар. науч. конф., Изд-во УГНТУ, Уфа, 2001, с. 164.

УЧЕТ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ЛУЧШЕГО ЗАПОМИНАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО БЕЗОПАСНЫМ СПОСОБАМ И МЕТОДАМ ВЕДЕНИЯ РАБОТ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

Донцов С.А., Шешина Н.И., Земцева А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерная защита окружающей среды

e-mail: dontsovgroup@mail.ru

CONSIDERATION OF PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A HUMAN FOR BETTER REMEMBERING INFORMATION ON SAFE WAYS AND METHODS OF CONDUCTING HIGH-DANGER WORK

Dontsov S.A., Sheshina N.I., Zemtseva A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для выбора эффективных практик запоминания действующих правил охраны труда было выполнено практическое изучение скорости забывания полученных знаний [1] с учетом существующих рекомендаций основателя школы психологии памяти Германа Эббингауза [2] и предложено два решения: «двухдневная модель» - для краткосрочного запоминания и ограниченности времени на реализацию и «трехмесячная модель» - для запоминания информации на длительный срок – рисунок.



Рисунок – Модели для лучшего запоминания информации по безопасным способам и методам ведения работ повышенной опасности

Литература:

1. Донцов, С.А. Психологические особенности обучения персонала по вопросам охраны и безопасности труды / Донцов С.А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. Т. 8. № 4 (48). С. 239-244.

2. Эббингауз, Герман. Ассоциативная психология / Г. Эббингауз, А. Бэн. М.: АСТ-ЛТД, 1998 – 528 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ И СТЕПЕНЬ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА СТРАН СНГ И ЕАЭС

Зыкова П.Д.*, *Усачева У.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

e-mail: polly02z@yandex.ru, ul.usa4eva@yandex.ru

CURRENT ENVIRONMENTAL TRENDS AND THE DEGREE OF THEIR IMPLEMENTATION IN CEMENT PRODUCTION IN THE CIS AND EAEU COUNTRIES

Zykova P.D.*, *Usacheva U.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время наблюдается тенденция к осуществлению оптимизации технологий промышленности, направленной на улучшение экологической составляющей того или иного производства. Цементная промышленность не является исключением. К сожалению, основной экологической проблемой является тот факт, что в СНГ по-прежнему превалирует производство цемента по мокрому способу, поскольку при его реализации затраты топлива и энергии в 1.5-2.0 раза больше по сравнению с сухим методом.

Тем не менее, также ведётся активная разработка дополнительных подходов для снижения вреда окружающей среде: постепенное замещение традиционных видов топлива альтернативными источниками (старые автомобильные шины, RDF-топливо и др.), разработка цементов с меньшим содержанием цементного клинкера, повышение эффективности оборудования.

Согласно последним опросам компании EY, наиболее актуальным направлением в обеспечении промышленной безопасности представители стран Евразийского экономического союза считают повышение эффективности использования ресурсов (в т.ч. энергоресурсов) [1]. Результаты опросов отражают действительность. Например, в этом году введена в эксплуатацию новая установка по регулировке выбросов азота на Белорусском цементном заводе в Костюковичах [2]. На предприятиях компании «Цементум» в г. Коломна и г. Ферзиково производство цемента осуществляется с применением альтернативного топлива (ТКО – твёрдых коммунальных отходов, отработанных шин, высушенного осадка сточных вод). Средний процент замещения пока составляет около 15 %, что связано с отсутствием необходимого объема производства таких видов топлива. Следствием данного факта являются высокие цены на альтернативное топливо; совместно с отсутствием инвестиций возникает сложность перевода других производств на использование более экологичных источников энергии. Однако можно заключить, что существует большие возможности для развития цементной промышленности в странах СНГ и ЕАЭС в области сокращения влияния производства на атмосферу.

Литература:

1. Cement industry in the Eurasian Economic Union - Research by the company «EY». Электронный ресурс. URL: https://pdfslide.net/documents/cement-industry-in-the-eurasian-economic-union-ey-cement-industry-in-the-eurasian.html?page=36 (дата обращения: 03.10.2023).

2. Новая установка по регулировке выбросов азота введена в эксплуатацию на Белорусском цементном заводе. Журнал «Цемент и его применение». Электронный ресурс. URL: https://jcement.ru/content/news/novaya-ustanovka-po-regulirovke-vybrosov-azota-vvedena-v-ekspluatatsiyu-na-belorusskom-tsementnom-za/ (дата обращения: 30.09.2023).

ОТВЕРЖДЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО СЕРНОКИСЛОТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА, ИСПОЛЬЗЕМОГО ПРИ СОВМЕЩЕННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ СТАЛИ

Ильина Е.А.*, *Акатов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии

e-mail: Radioecology_dept@technolog.edu.ru

SOLIDIFICATION OF SPENT SULFURIC ACID ELECTROLYTE USED IN COMBINED ELECTROCHEMICAL AND ULTRASONIC DECONTAMINATION OF STEEL

Ilina E.I.*, *Akatov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В запатентованном способе совмещённой электрохимической и ультразвуковой дезактивации радиоактивно загрязненных металлов [1] в качестве электролита предлагается использовать разбавленные кислоты, анионы которых при реакции с кальцийсодержащими соединениями образуют нерастворимые осадки. Эксперименты, проведённые на кафедре ИРРТ СПбГТИ(ТУ), а также в рамках опытно-промышленных испытаний (на ЛАЭС, АЭХК и др.) показали, что наибольшей эффективности и скорости очистки можно добиться при использовании в качестве дезраствора разбавленной серной кислоты. В вышеупомянутом патенте предлагается перерабатывать отработавшие сернокислотные дезрастворы путём цементирования суспензии, полученной в результате их нейтрализации мелкодисперсным оксидом или гидроксидом, или карбонатом кальция. Цель данной работы заключается в том, чтобы проверить применимость такого способа переработки отработавших сернокислотных электролитов с условием получения твердого цементного компаунда минимального объёма. Компаунд должен отвечать нормативным требованиям (НП-093-14), в частности, по показателям механической прочности и водоустойчивости.

Исследования проводились на имитаторе отработавшего дезраствора с концентрацией серной кислоты 1 М и такой же концентрацией сульфата железа (II). Раствор нейтрализовали негашёной известью до pH 10, а полученную суспензию после отделения избыточной жидкости смешивали с цементом при водо-цементном отношении 0,5. Опыты показали, что нормативные требования выполняются вплоть до достаточно высоких степеней включения суспензии в компаунд – ориентировочно до 40 % (масс.) по сухим солям, причем ограничивающим фактором является скорость выщелачивания ^{137}Cs. Для смягчения этого ограничения можно рекомендовать удалять радионуклиды цезия из дезраствора путём его пропускания через фильтр, заполненный селективным сорбентом, или вводить сорбент в состав компаунда.

Вместе с тем, отдельной задачей являлось сокращение объёма компаунда за счёт снижения количества образующегося при нейтрализации осадка. Имитатор отработавшего раствора готовили путем анодного растворения углеродистой (Ст3) или нержавеющей (08Х18Н10Т) стали в ≈ 1 М серной кислоте до достижения концентрации растворённого материала ≈ 30 г/дм^3. Имитатор нейтрализовали мелкодисперсными порошками оксида или гидроксида, или карбоната кальция, взятыми в количестве 1,2 от требуемого по стехиометрии. Суспензию разделяли на центрифуге и определяли отношение массы осадка к массе нейтрализованного раствора: в большинстве случаев оно оказалось около 0,5. Таким образом, выбор нейтрализующего агента по этому показателю сделать не удалось.

Литература:

1. Пат. RU 2635202 (опубл. 2017). Способ переработки металлов, содержащих прочнофиксированные поверхностные радиоактивные загрязнения.

КОАГУЛЯЦИЯ И ДЕГАЗАЦИЯ ПОЛИГОННОГО ФИЛЬТРАТА ОЗОНОМ В УСЛОВИЯХ ПОЛИГОНА ТКО

Пидгайко Е.А.*, *Слабченко М.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: pidgayko00@mail.ru

COAGULATION AND DEGASATION OF LANDFIL FILTRATE WITH OZONE IN CONDITIONS OF A MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

Pidgaiko E.A., Slabchenko M.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полигонный фильтрат (ПФ) – продукт утилизации твердых коммунальных отходов на полигонах ТКО, содержащий окисляемые органические вещества, тяжелые металлы, соли, газы, гумусовые и фульвовые кислоты [1]. На этапе коагуляции при pH<7 гуминовые кислоты теряют свою растворимость и осаждаются в присутствии двух- и трехвалентных катионов. Для коагуляции целесообразно использовать сульфат алюминия, дешевый и доступный коагулянт: в растворе сульфат алюминия подвергается многоступенчатому гидролизу, с итоговой реакцией (1), вследствие чего образуются гидроксидные соединения алюминия и уменьшается pH раствора:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \quad (1)$$

В ПФ большую часть газов составляют: метан, сероводород и аммиак. Для их окисления предлагается использование сильного окислителя – озона (2):

$$\begin{gathered} CH_4 + O_3 = HCOOH + H_2O; \\ 3H_2S + 4O_3 = 3SO_3 + 3H_2O; \\ 6NH_3 + 5O_3 = 6NO + 9H_2O \end{gathered} \quad (2)$$

При окислении газов озоном возможно образование кислотных оксидов серы и азота, муравьиной кислоты, воды, следовательно, и кислот. Для нейтрализации кислотной компоненты предполагается применение извести. Образующиеся при этом соли кальция, формиат и сульфат, могут выступать в качестве компонентов для формования бетонных изделий при консервации тела полигона и строительства дорог внутри полигона. Так идея коагуляции и дегазации ПФ озоном способна реализоваться в техническое решение по нейтрализации негативного воздействия на окружающую среду ПФ.

Авторы благодарны доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за всемерную поддержку при разработке и реализации идей и технических решений по нейтрализации ПФ.

Литература:

1. Логинов, С.В. Эффективное техническое решение по обезвреживанию полигонного фильтрата полигона ТКО/ С.В. Логинов, Н.Н. Рагузина // Сборник научных работ IX Международного молодежного конкурса - Липецк: Научное партнёрство «Аргумент», 2018.- 212 с.

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ПРОГРЕССИВНЫЙ СПОСОБ ОБУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ПО ОХРАНЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Донцов С.А., Габриэль П.О., Раджабов М.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерная защита окружающей среды

e-mail: dontsovgroup@mail.ru

GAMIFICATION AS A PROGRESSIVE WAY OF TRAINING WORKERS ON OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Dontsov S.A., Gabriel P.O., Radzhabov M.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Документ [1] выделяет основные 5 видов обучения по охране труда (ОТ). Выбор конкретной формы и/или метода обучения зависит от ряда факторов, включая возраст обучаемых [2], сегодня существующий формальный стиль, слабо воспринимается и запоминается без интерактивного подкрепления, так как в обыденной жизни работник давно привык к обилию аудиовизуальной информации. Особое значение это имеет для представителей поколения Z, предпочитающих интерактивное взаимодействие и всевозможные гаджеты, которым достаточно сложно сконцентрироваться на информации, подаваемой в устной или письменной форме.

Глубокое вовлечение в цифровые технологии работников поколения Z (родившихся в 1995-2009 гг.) требует особой формы обучения, с помощью различных форм интерактивного взаимодействия – «чтобы было быстро, увлекательно и легко», что явно не соответствует традиционно устно-письменной форме инструктажа. Решением этой проблемы является геймификация, включающая настольные и компьютерные игры, а также технологии VR, предполагающих взаимодействие работника со специальным оборудованием или материалами. Использование деловых игр позволяет не только обеспечить вовлеченность обучающихся, но и выполнить реальную проверку имеющихся знаний и обучение конкретным методам поведения работников в опасной производственной среде.

Онлайн-игры по ОТ – универсальный инструмент, удобный для использования, информация, полученная в ходе такого обучения, лучше усваивается благодаря аудиовизуальному взаимодействию, активируются знакомые с детства поведенческие паттерны: пользователь, играя за персонажа от первого лица, получает эмоции от самого формата видеоигры, самостоятельно принимает решения и оттачивает навыки безопасного поведения. Обучение в виртуальной реальности VR происходит без угрозы для жизни и здоровья, риска для оборудования и производственного цикла, а ситуации, которые невозможно или сложно имитировать в реальности, легко воссоздаются в виртуальном мире. Использование рассмотренных технологий помогает снизить количество несчастных случаев и профессиональных заболеваний, отойти от формального, нормативного стиля обучения и перейти к проактивному, направленному на получение обратной связи от работника, а также повышения лояльности сотрудников к работодателю.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 N 2464 (ред. от 30.12.2022) «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда».

2. Донцов, С.А. К вопросу исследования стресса и выгорания на рабочем месте офисных служащих / Материалы X юбилейной межрегиональной научно-практической online конференции молодых ученых и специалистов с международным участием. Саратов. 2020. С. 75-77.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЦИОННО-АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ШИХТЫ СИЛИКАГЕЛЕЙ ПОЛИДИСПЕРСНОГО СОСТАВА И ЗОЛЯ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ

Рыкалова Т.А., Григорьева Л.В., Далидович В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: sekretar_sorbentov@mail.ru

PRODUCTION OF COMPOSITE SORPTION-ACTIVE MATERIALS BASED ON SILICA GEL CHARGE WASTES OF POLYDISPERSE COMPOSITION AND SILICIC ACID SOL

Rykalova T.A., Grigoryeva L.V., Dalidovich V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Основным недостатком силикагеля – широко известного осушителя – является низкая устойчивость к капельной влаге, что приводит к его частичному разрушению. Одним из способов устранения этого недостатка является создание композиционных сорбционно-активных материалов (КСАМ). Технология КСАМ на основе крошки силикагеля и связующего позволит решить две задачи – получить композит, устойчивый к капельной жидкости, и утилизировать раскрошившийся силикагель.

В проводимом исследовании в качестве исходного сырья использовались отходы шихты силикагеля марки КСМГ. В качестве связующего материала использовался щелочной 30 %-й золь кремниевой кислоты (ЗКК).

Крошку силикагеля марки КСМГ рассеивали и смешивали с ЗКК в соотношениях, представленных в таблице. Смесь таблетировали прессованием при давлении 1 МПа, термообрабатывали в течение (2–3) ч при температуре 180 °С.

Были исследованы следующие характеристики полидисперсных по составу образцов: предельный объем сорбционного пространства (W_s), эффективный объем микропор ($V_{микропор}$), сняты изотермы адсорбции и кинетические кривые по парам воды.

Состав композитов и результаты исследования их свойств представлены в таблице.

Таблица – Состав и свойства исследуемых материалов

Номер образца	Массовое содержание (%) фракции с размером частиц, мм			Массовое содержание ЗКК, %	Ws, $см^3/г$	$V_{микропор}$, $см^3/г$
	1,0–0,5	0,5–0,16	менее 0,16			
1	30	-	30	40	0,38	0,2
2	30	30	-	40	0,39	0,17
3	-	30	30	40	0,40	0,16
4	20	20	20	40	0,41	0,19
5	Исходный гранулированный силикагель КСМГ				0,37	-

Вид кинетических кривых поглощения паров воды при P/Ps = 0,85 и изотерм адсорбции паров воды композиционными материалами на основе ЗКК позволяет утверждать, что они достаточно близки между собой.

Исходя из полученных данных, можно сказать, что образцы, имеющие различный по дисперсности наполнителя состав, обладают почти равными сорбционными свойствами.

Поэтому можно предполагать, что в процессах переработки и дальнейшего повторного использования силикагелей может быть использована любая фракция материала без предварительного рассева, поскольку материал не теряет своих сорбционных свойств по сравнению с гранулированным силикагелем.

РАЗДЕЛ VII.
БИОТЕХНОЛОГИЯ



СВОЙСТВА РЕЗИСТЕНТНОГО КРАХМАЛА

Алхатиб Р.
Национальный исследовательский университет ИТМО
e-mail: reemhalkhateeb11@gmail.com

PROPERTIES OF RESISTANT STARCH

Alkhateeb R.
National Research University ITMO

Крахмалы представляют собой полисахариды, состоящие из ряда молекул моносахаридов или сахара (глюкозы), соединенных вместе -D-(1-4) и/или -D-(1-6) связями. Крахмал состоит из 2 основных структурных компонентов: амилозы, которая по существу представляет собой линейный полимер, в котором остатки глюкозы связаны с -D-(1-4), что обычно составляет от 15 % до 20 % крахмала, и амилопектина, который представляет собой более крупную разветвленную молекулу с -D-(1-4) и -D-(1-6) связывает и является основным компонентом крахмала [1].

Резистентный крахмал (RS) - это фракция крахмала, которая не гидролизуется до D-глюкозы в тонком кишечнике в течение 120 минут после употребления, но которая ферментируется в толстой кишке. Многие исследования показали, что RS представляет собой линейную молекулу a-1,4-D-глюкана, по существу полученную из ретроградизированной фракции амилозы.

Резистентный крахмал является одним из наиболее распространенных пищевых источников неперевариваемых углеводов и может быть столь же важен, как NSP (некрахмалистые полисахариды), для укрепления здоровья толстой кишки и профилактики воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК) и колоректального рака (КРР), но оказывает меньшее влияние на метаболизм липидов и глюкозы. Физиологические свойства резистентного крахмала (и, следовательно, потенциальная польза для здоровья) могут сильно варьироваться в зависимости от плана исследования и различий в источнике, типе и дозе потребляемого резистентного крахмала. Есть доказательства того, что бутират может снижать риск злокачественных изменений в клетках. Пищевые волокна и резистентный крахмал, ферментируясь в толстом кишечнике, вырабатывают высокие уровни масляной кислоты или ее солей, поскольку эксперименты *in vitro* также продемонстрировали особую роль резистентного крахмала в стимулировании бактерий, способных продуцировать масляную кислоту. Поскольку бутират является одним из основных энергетических субстратов для эпителиальных клеток толстого кишечника и ингибирует злокачественную трансформацию таких клеток *in vitro,* это делает легко ферментируемые фракции RS особенно интересными для профилактики рака толстой кишки. Продукты, содержащие RS, снижают скорость переваривания, а медленное переваривание RS имеет последствия для его использования в системах с контролируемым высвобождением глюкозы, и, следовательно, можно ожидать снижения реакции на инсулин и расширения доступа к использованию накопленного жира, таким образом, препятствуя накоплению жира, что, несомненно, важно при диабете. Устойчивый крахмал улучшает всасывание ряда минералов в подвздошной кишке. RS может оказывать положительное влияние на всасывание кальция и железа в кишечнике [2].

Литература:

1. Sajilata, M.G., Singhal, R.S., & Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch–a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *5*(1), 1-17.

2. Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J.A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, *43*(4), 931-942.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БИОРЕАКТОРОВ

Байрамова А.О.*, *Кайда А.А.*, *Пашкова Е.С.*, *Хвостова Е.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: a-bajramova02@mail.ru

MODERN APPROACHES TO DESIGNING BIOREACTORS

Bayramova A.O.*, *Kayda A.A.*, *Pashkova E.S.*, *Khvostova E.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Биореактор — это оборудование для смешивания культуральных сред при микробиологическом производстве лекарств, вакцин, пищевых продуктов, создании установок по переработке нефти и полисахаридов, а также для биоконверсии крахмала.

В конструкции биореактора предусмотрена вертикальная ёмкость. Объем малых биореакторов варьируется от 1 до 10 литров, крупных промышленных – до 1000 литров. Также ферментёры оснащены мешалками, паровой рубашкой, барботёрами, отбойниками и фильтрами. Основным материалом производства является сталь с высокой степенью полировки – титан. По способу смешивания и аэрации биореакторы делятся на устройства с механическим, пневматическим и циркуляторным перемешиванием.

Устройства с механическим перемешиванием (наиболее распространены в современной микробиологической промышленности) – имеют механическую мешалку с центральным валом и лопастями. В устройствах с пневматическим перемешиванием мешалка отсутствует, а жидкость перемешивается пузырьками газа [1]. Устройства с циркуляционным перемешиванием оснащены насосами и эжекторами, которые создают поток жидкости, направленный по замкнутому контуру – простая конструкция и надежная эксплуатация.

В настоящее время в конструировании биореакторов применяются следующие подходы:

1. Использование биосенсоров и автоматизация процессов. Интеграция биосенсоров и систем автоматического управления позволяет непрерывно контролировать и регулировать процессы в биореакторе [2]. Онлайн-мониторинг pH, содержания кислорода и концентрации продукта, позволяет операторам быстро реагировать на изменения в процессе и улучшать контроль.
2. Микрофлюидная технология. Она позволяет точнее контролировать условия культивирования клеток и микроорганизмов, что особенно важно в биомедицинских исследованиях.
3. Использование одноразовых биореакторов. Одноразовые системы снижают риск контаминации и упрощают масштабирование процессов [2].

Биореакторы играют ключевую роль в современной биотехнологии и способствуют разработке новых продуктов и лекарств. Исследования и внедрение новшеств в области биореакторов продолжаются, что позволяет улучшать эффективность биотехнологических процессов и расширять области их применения.

Литература:

1. Невзоров В.Н., Мацкевич И.В. Разработка способа и оборудования для объемно-винтового перемешивания в биореакторах // Контактная информация организационного комитета конференции. – 2017. – С. 50.
2. Коротаева Е.О. Современное оборудование, используемое в биотехнологическом производстве. Ферментеры и биореакторы разных производителей // ББК 53.5+ 54.1 П 44. – 2021. – С. 319.

МИКРОВОДОРОСЛЬ *CHLORELLA VULGARIS* КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ БИОУДОБРЕНИЕ ДЛЯ *GINKGO BILOBA*

Беспалов Д.С.*, *Утёмов А.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра кафедры ресурсосберегающих технологий
e-mail: den_chim@mail.ru

MICROALGAE *CHLORELLA VULGARIS* AS A HIGHLY EFFECTIVE BIOFERTILIZER FOR *GINKGO BILOBA*

Bespalov D.S.*, *Utemov A.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Богатый химический состав и уникальные биостимулирующее и адаптогенное свойства микроскопических протококковых водорослей *Chlorella vulgaris* (далее в тексте Х.) во многом определяют всё возрастающий сырьевой интерес к ним. Однако, использование культуры *Х.* всё ещё не получило по-настоящему широкого распространения в растениеводстве. Отсюда вытекает актуальность темы изучения биологического действия микроводорослей *Х.* на растения.

Для изучения длительного воздействия суспензии микроводорослей *Х.* на растительные культуры было подобрано неприхотливое растение с длинным вегетационным периодом. Всем требованиям эксперимента удовлетворяет *Ginkgo biloba*. Настоящее исследование является примером использования суспензии *Х.* в секторе редких и лекарственных растений, что подкрепляет его научную новизну.

Эксперимент заключался в систематическом поливе группы растений *Ginkgo biloba* в горшках суспензией культуры *Х.* в период с апреля по август 2023 года. Контрольная группа растений поливалась в течение того же периода раствором, аналогичным по составу культуральной среде для выращивания *Х.*, но не содержащим водорослей. Условия содержания растений были в остальном идентичны.

Анализ результатов эксперимента заключался в сопоставлении биометрических показателей растений из группы, получавшей в рассматриваемый период суспензию Х. (Рисунок а), и группы, получавшей в это же время «пустую» культуральную среду (Рисунок б). Растения из первой группы демонстрируют густо-зелёный цвет листвы в течение всего контрольного периода, а на листьях растений второй группы заметны локальные пожелтения. Одревеснение побега на растениях второй группы задержалось в среднем на 2 месяца. Средняя высота побега в первой группе (33,7 см) на 167,5 % выше таковой для второй группы (12,6 см). Средняя длина листовой пластины в первой группе (13,8 см) на 130 % выше таковой для второй группы (6 см). Средняя ширина листовой пластины в первой группе (13,4 см) на 191,3 % выше таковой для второй группы (4,6 см). Во второй группе наблюдалось ветвление побегов.

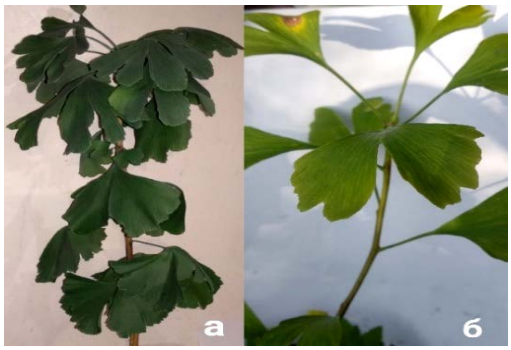


Рисунок – Растения, участвовавшие в эксперименте.

Таким образом, было выявлено и оценено ярко выраженное благотворное действие суспензии микроводорослей Chlorella vulgaris на культуру *Ginkgo biloba*.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛИПИДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Видлер А.Д.*, *Молодкина Н.Р.
Университет ИТМО
e-mail: advidler@itmo.ru

CULTIVATION OF MICROALGAE WITH HIGH LIPID CONTENT FOR USE IN THE FOOD INDUSTRY.

Vidler A.D.*, *Molodkina N.R.
ITMO University

В современном мире существует проблема недостаточной нутрициевтической ценности питания. С ростом ежедневного стресса и ростом темпа жизни, многие люди сталкиваются с недостатком полезных пищевых компонентов в своей диете. Фрукты, овощи и зерновые продукты, не всегда могут обеспечить необходимое количество питательных веществ. Это приводит к возникновению потребности в поиске новых источников полезных пищевых компонентов, которые могут быть использованы для повышения нутрициевтической ценности пищи. Микроводоросли с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот и общих липидов представляют собой одно из перспективных направлений в этой области.

Целью данного исследования является оптимизация условий культивирования микроводорослей и повышение содержания ценных компонентов, с целью использования их в пищевой промышленности. В результате исследования ожидается получение микроводорослей, обладающих высокой пищевой ценностью, стабильностью и безопасностью, и отвечающих растущему спросу на здоровое питание.

В качестве объектов исследования были выбраны микроводоросли видов *Chlorella, Haematococcus, Synechocystis, Scenedesmus.* Выбор объектов исследования был основан на данных многочисленных работ, которые показали высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот и общих липидов у представителей этих видов. Также важным фактором стала доступность и широкая изученность представителей данных видов микроводорослей.

Одной из основных задач является разработка эффективных методов культивирования микроводорослей, которые обеспечат высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот и общих липидов. Также предполагается проведение анализа влияния различных факторов, таких как состав среды, освещение, температура и другие условия, на обогащение микроводорослей полиненасыщенными жирными кислотами и липидами.

Результатом исследования станет комплексная оценка качественных и количественных характеристик исследуемых штаммов микроводорослей, их пищевой ценности, стабильности и безопасности для использования в пищевой промышленности. А также будут предложены рекомендации для оптимального использования микроводорослей в качестве ингредиента в различных продуктах питания.

ИЗМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ КУР В ОНТОГЕНЕЗЕ

Волкова А.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: ali56mlr447liv@gmail.com

CHANGING THE BACTERIAL COMMUNITY IN THE GASTROINTESTINAL TRACT OF CHICKENS IN ONTOGENESIS

Volkova A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Целостность желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и микробное сообщество кишечника играют жизненно важную роль в усвоении пищи, развитии иммунитета и устойчивости к болезням. Изменения в микробном сообществе ЖКТ могут оказывать неблагоприятное воздействие на эффективность корма, продуктивность и здоровье курицы. В связи с этим актуально изучение изменений микробиоценоза ЖКТ в процессе онтогенеза. Важность исследований обусловлена воздействием экологического соотношения между облигатными видами микроорганизмов пищеварительного тракта в течение жизни на метаболические процессы, состояние здоровья и продуктивность.

Бактериальное сообщество пищеварительного тракта в течение жизни птицы претерпевает последовательные изменения, связанные с рядом факторов, основные из которых — рост и развитие кишечного тракта, режим кормления и состав корма.

В некоторых публикациях, авторы которых с использованием классических микробиологических методов, а также ПЦР в реальном времени продемонстрировали, что микроорганизмы способны колонизировать ЖКТ птиц внутри яйца на стадии эмбрионального развития. Используя молекулярно-генетический метод T-RFLP (terminal restriction fragment length polymorphism), впервые проанализировали состав бактериального сообщества ЖКТ кур в онтогенезе — от эмбриона до взрослой птицы.

В результате было выявлено, что по сравнению с эмбрионами у взрослых особей значительно повышалось количество бактерий класса Negativicutes, которые играют важную роль в пищеварении, ферментируя органические кислоты, включая лактат, с образованием летучих жирных кислот, необходимых для обеспечения птицы энергией

Выявлено, что в процессе онтогенеза в ЖКТ птицы происходит развитие бактериального сообщества, в его составе появляются новые микроорганизмы. Структура сообщества слепых отростков 26-суточных цыплят, а также 150- и 300-суточной птицы представлена большим разнообразием микроорганизмов, включая условно-патогенные и патогенные. Можно заключить, что становление микробиоэкологической системы птиц происходит уже на стадии эмбрионального развития. Вероятно, структура микробиотопа ЖКТ эмбриона формируется под влиянием микрофлоры несушки посредством вертикальной передачи с помощью бактериальной транслокации. Возможно, что микрофлора, колонизирующая ЖКТ куриных эмбрионов, проникает через поры в оболочке яйца. При этом микроорганизмы, присутствующие в ЖКТ эмбриона, служат основой формируемого стартового кишечного биоценоза у вылупившихся цыплят, которым во многом определяется их жизнеспособность, устойчивость к патогенам и развитие.

Литература:

1. В.И. Фисинин, Г.Ю. Лаптев, И.Н. Никонов, Л.А. Ильина, Е.А. Йылдырым, В.А. Филипова, Н.И. Новикова, А.А. Грозина, Т.А. Егорова, Т.Н. Ленкова, В.А. Манукян, И.А. Егоров Микробиом и продуктивность // Сельскохозяйственная биология. — 2016. — № 6. — С. 883-890.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ МОЛОК РЫБ СЕМЕЙСТВА ЛОСОСЕВЫХ

Герасимчик Г.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: bedgoga@gmail.com

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTION OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS FROM SALMON SOFT ROE

Gerasimchik G.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время существует острая нехватка омега-3 и омега-6 ненасыщенных жирных кислот в суточном рационе жителей большинства европейских стран и России, поскольку в их рационе в недостаточном количества представлены жирная морская рыба и морепродукты, являющиеся основным источником полиненасыщенных жирных кислот. Многочисленные исследования показывают, что, помимо самих гидробионтов, большое количество незаменимых жирных кислот также содержится в отходах от их разделки. Поэтому целесообразно использовать эти отходы для получения ненасыщенных жирных кислот для дальнейшего получения из них биологически активных добавок (БАД) [2].

Известно при переработке рыбы образуется значительное количество отходов, содержащих ценные в пищевом и биологическом значении компоненты. Однако в настоящее время большинство отходов рационально не используется. Например, молоки от разделки рыб отряда Сельдеобразных преимущественно используются в качестве добавок в паштеты и фаршевые изделия или замораживаются.

В ходе работы исследованы различные способы экстрагирования полиненасыщенных жирных кислот из молок рыб семейства Лососевых, а также определен выход и исследованы их физико-химические свойства.

Рассчитано рекомендуемое количество ежедневного приема липидов с учетом известных норм их потребления [1,3].

Установлено, что целесообразно использование молок для получения новых видов биологически активных веществ омега-3 и омега-6 жирных кислот. Разработаны технология экстрагирования липидов и омега-3 и омега-6 жирных кислот из молок рыб семейства Лососевых. Определены выходы полученных продуктов. Исследованы физико-химические свойства липидов, выделенных из молок.

Литература:

1. Федосеева Е.В. Молоки лососевых рыб как сырье для получения продуктов, обладающих биологической активностью / Е.В. Федосеева, Н.В. Бондар // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2010. - № 17. – С. 8-11.
2. Разработка технологии получения эссенциальных жирных кислот из гидролизатов рыб повышенной жирности / Е.Э. Куприна, [и др.] // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 23, № 2. – С. 119-130.
3. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ПРОНИКАЮЩИХ В КЛЕТКИ ПЕПТИДОВ

Драчук А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: tichka208@gmail.com

HISTORY OF THE DISCOVERY OF CELL PENETRATING PEPTIDES

Drachuk A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Пептиды, проникающие в клетки (CPP) были впервые обнаружены в конце 1980-х при изучении способности некоторых белков проникать в клетки. Первые CPP были идентифицированы в составе трансактивирующего белка Tat вируса иммунодефицита человека и гомеодоменного белка Antennapedia дрозофилы [1]. В 1994 году группа Прошианца выделила 16-аминокислотный пептид из Antennapedia, названный пенетратином, который сохранял способность проникать в клетки [2].

В 1997 году был идентифицирован минимальный пептидный фрагмент Tat, необходимый для клеточного поглощения. В 1998 году группа Лебле определила, что олигоаргининовые последовательности обладают высокой клеточной проницаемостью.

Первое доказательство концепции *in vivo* применения CPP было продемонстрировано в 1999 году группами Дауди и Лангеля, которые показали доставку пептидов и ПНК в мышей с использованием Tat и химерного пептида Транспортан [3].

С тех пор было разработано множество новых CPP, включая первично амфифильные пептиды Pep-1 и MPG в 2001 и 2003 годах, обеспечивающие нековалентную доставку белков и нуклеиновых кислот в клетки.

Существует несколько возможных путей транспорта CPP в цитоплазму клеток [4]. Один из основных механизмов основан на взаимодействии заряженных CPP с липидными компонентами мембраны и образовании ими пор или каналов, через которые осуществляется транслокация пептидов в клетку. Другой путь - эндоцитоз CPP, опосредованный связыванием с мембранными рецепторами и захватом внутрь клетки транспортными везикулами. Также возможно проникновение через межклеточные контакты за счет взаимодействия с мембранными и цитоскелетными белками.

CPP стали исследоваться в качестве векторов для доставки биологически активных соединений. Конъюгация CPP с НК позволяет транспортировать эти молекулы в клетки и достигать ингибирования экспрессии мишенных генов. С помощью CPP удалось реализовать доставку различных пептидов, белков, лекарственных препаратов, наночастиц.

Литература:

1. Joliot A, Pernelle C, Deagostini-Bazin H, Prochiantz A. Antennapedia homeobox peptide regulates neural morphogenesis. Proc Natl Acad Sci U S A. 1991;88(5):1864-8.

2. Derossi D, Joliot AH, Chassaing G, Prochiantz A. The third helix of the Antennapedia homeodomain translocates through biological membranes.J BiolChem. 1994;269(14):10444-50.

3. Vives E, Brodin P, Lebleu B. A truncated HIV-1 Tat protein basic domain rapidly translocates through the plasma membrane and accumulates in the cell nucleus. J Biol Chem. 1997;272(25):16010-7.

4. Kawamoto S., Takasu M., Miyakawa T., Morikawa R., Oda T., Futaki S., Nagao H. Inverted micelle formation of cell-penetrating peptide studied by coarse-grained simulation: Importance of attractive force between cell-penetrating peptides and lipid head group. J Chem Phys. 2011;134:095103.

ОКИСЛЕНИЕ ПОЛНОЖИРНОЙ СОЕВОЙ МУКИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Жданова А.П.*, *Франсеш Пиреш М.*, *Самоделкин Е.А.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
e-mail: zhdanovaganna26@yandex.ru

OXIDATION OF FULL-FAT SOY FLOUR DURING STORAGE

Zhdanova A.P.*, *Francesh Piresh M.*, *Samodelkin E.A.
ITMO University

Среди бобовых и зерновых культур соя считается одним из лидеров по содержанию белка. Для получения белковых гидролизатов из соевого сырья распространено использование соевых изолятов и обезжиренной соевой муки, но в этих видах гидролизатов содержатся фракции нерастворимых белков, образующиеся в результате денатурации белка, которая происходит во время тепловой обработки при обезжиривании соевых семян. Перспективно производство гидролизатов из не обезжиренной соевой муки, не подвергшейся такому тепловому воздействию. Кроме того, использование полножирной муки позволяет сохранить в составе жирные кислоты, полезные для усвоения организмом человека.

В исследовании проведена сравнительная характеристика полножирной соевой муки, полученной на УДА-установке и сои, измельченной на кофемолке. Химический состав муки был представлен сырым протеином (33,21 % на сухое вещество), сырым жиром (21,40 % на сухое вещество), массовая доля влаги и летучих веществ составила 5,51 %. Размер частиц муки, полученной на ударно-дезинтеграторной установке, составил от 0 до 100 мкм - 51,02 %, от 100 до 1000 мкм – 49 %.

Для оценки срока годности муки было измерено кислотное число полножирной муки после УДА-обработки, а также измельченной на кофемолке сои после 0, 4 и 12 месяцев хранения. Результат представлен в таблице.

Таблица - кислотное число полножирной соевой муки

Срок хранения	Мука, полученная в ходе УДА-обработки	Мука, полученная в ходе РНО-обработки
0 месяцев	35,80	36,38
4 месяца	53,51	71, 69
12 месяцев	55,03	72,16

Выводы. Анализ показал, что кислотное число в полножирной соевой муки, прошедшей РНО-обработку за 12 месяцев хранения при комнатной температуре увеличилось в 2 раза, в то время как кислотное число муки, прошедшей УДА-обработку, данный показатель увеличился только на 54 %. Предположительно, увеличение срока хранения при УДА-обработке объясняется ингибированием окислительных ферментов в ходе измельчения на ударно-дезинтегратоной установке. Полученные результаты говорят о перспективности данного способа обработки сои, что позволяет сроки применения данного вида муки при включении их в кормовые добавки или при получении белковых гидролизатов из полножирной соевой муки.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ CHROMOBACTERIUM VISCOSUM ИЛИ CHROMOBACTERIUM VIOLACEUM ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИПАЗ

***Задириенко М.И.*, Гонтарева Д.В., Бурдинская В.О., Мораева М.В.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: sweetunicorn81@gmail.com, nailamaziyalabiba@gmail.com

MODERN APPROACHES TO CULTIVATION CHROMOBACTERIUM VISCOSUM ИЛИ CHROMOBACTERIUM VIOLACEUM FOR OBTAINING LIPASES

***Zadirienko M.I.*, Gontareva D.V., Burdinskaya V.O., Moraeva M.V.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Липазы - ферменты класса гидролаз, которые катализируют расщепление липидов в ходе обменных процессов в организме. У человека имеются панкреатическая, гормон чувствительная и другие липазы. Работая вместе с желчью, липаза расщепляет жиры и жирные кислоты, а также жирорастворимые витамины A, D, E, K, перерабатывает их в энергию.

Способ получения липазы путем выращивания ее продуцентов на питательной среде, содержащей источники углеводов, азота и жиры, например, оливковое, рапсовое, соевое масла, в присутствии минеральных солей с последующим выделением липазы из культуральной жидкости. В качестве продуцента используют бактерии рода *Chromobacterium viscosum* или *Chromobacterium violaceum*. В качестве источников углерода могут быть использованы глюкоза, сахароза, лактоза, мальтоза, растворимый «крахмал, декстрин, меласса». В качестве источника азота может быть использовано любое подходящее азотсодержащее соединение, обычно используемое для этих целей, например, измельченные соевые бобы, обезжиренная мука из соевых бобов, мука из хлопковых семян, пептон, мясной экстракт, дрожжевой экстракт, измельченные сухие дрожжи, мочевина, гидролизат «казеина, соль аммония. В качестве минеральных солей применяют соли ортофосфорной «кислоты, например, магниевые, кальциевые и калиевые соли. В питательную среду вводят как растительные, так и животные жиры, такие как оливковое, соевое, хлопковое масла, свиное сало, говяжий жир, сливочное масло. Жиры вводят в количестве равном 0,5-5 % от веса культуральной среды. Выращивание продуцента можно производить как поверхностным, так и глубинным методом, но целесообразнее использовать последний.

При использовании твердой среды липазу экстрагируют водой. При использовании жидкой среды из последней отделяют клетки, например, фильтрованием под вакуумом или центрифугированием. Полученный таким образом фильтрат или экстракт конденсируют, или в него вводят осадители ферментов, такие как хлористый натрий, сульфат аммония или органические растворители, например, этанол, ацетон. Фильтрат или конденсат можно высушивать распылением после введения в них стабилизаторов, например, мальт декстрина, лакт. Ранее было установлено, что оптимальная температура для культивирования этих бактерий составляет от 25 до 30 °C.

Литература:

1. Описание изобретения к патенту №416958, СССР. Способы получения липазы: опубликовано 25.11.1974 / Дзинносуке Абе, Дутому Ямагути, Канго Мияути, Нориюки Муроя, Тецуо Ватанабе, Тосихару Нито/ https://yandex.ru/patents/doc/SU416958A3_19740225 (дата обращения 25.09.2023)

2. Purification and characterization of an alkaline lipase from Pseudomonas fluorescens AK102 / Y Kojima, M Yokoe, T Mase / опубликовано 7 января 1994 / Purification and characterization of an alkaline lipase from Pseudomonas fluorescens AK102 - PubMed (nih.gov) (дата обращения 23.09.2023)

БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОНОСТЕАРАТА ГЛИЦЕРИНА

Зайцев Г.А.*, *Смирная А.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: gr.zaitsev.sb@gmail.com

BIOCATALYTIC SYNTHESIS OF GLYCEROL MONOSTEARATE

Zaitsev G.A.*, *Smirnaya A.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Моностеарат глицерина – это сложный эфир, состоящий из одного молекулярного остатка стеариновой кислоты и глицерина. В виду особенностей строения, таких как наличие гидрофильного и липофильного концов эта молекула может проявлять эмульгирующие свойства, а наличие двух свободных гидроксильных групп, образующих водородные связи, обеспечивает ей также свойства гелеобразователя и смазывающего агента. Благодаря широкому набору полезных свойств, и в частности нулевой токсичности глицерил-моностеарат (ГМС) используют, например, в кулинарии, как эмульгатор, упругий компонент или в качестве стабилизатора в сливочных кремах. Помимо этого, он используется в косметике, в производстве пластмасс в качестве антистатического агента и как смазочное средство для пластиковых поверхностей [1]. Однако до сих пор в России не налажено производство такого полезного компонента, а импортные закупки осложнены современной политической обстановкой, которая приводит к ограничению числа доступных поставщиков и усложнению логистики.

Существуют исследования по синтезу ГМС путем биокатализа. Согласно этим работам в сравнении с используемым на данный момент прямым синтезом, этот путь выгодно отличается меньшими энергетическими затратами и объемом выбросов, соответствуя принципам зелёной химии [2]. Также к преимуществам биокаталитического синтеза ГМС можно отнести повышенный выход и менее сложные условия реакции. Освоение такой технологии позволит обеспечить отечественное производство данным сырьем, повысить конкурентоспособность и сделать его более экологичным.

В данный момент сотрудниками кафедры технологии микробиологического синтеза ведётся разработка технологии получения моностеарата глицерина с использованием собственных ферментов.

Литература:

1. Adriana, Ramzi Jalal, Yuniati; Antistatic effect of glycerol monostearate on volume resistivity and mechanical properties of nanocomposite polystyrene-nanocrystal cellulose. AIP Conf. Proc. 26 June 2018; 1977 (1): 030047

2. Priyanka V. Jawale & Bhalchandra M. Bhanage (2023) Kinetic and docking study of synthesis of glyceryl monostearate by immobilized lipase in non-aqueous media, Biocatalysis and Biotransformation, 41:2, 123-132

СУПЕРБАКТЕРИИ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Иванова М.А.*, *Федорова Н.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: mirokkk@yandex.ru

SUPERBACTERIA AND WAYS TO COMBAT THEM

Ivanova M.A.*, *Fedorova N.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В эволюции человека ведущая роль, как фактора естественного отбора, отводится различным инфекциям. В начале XX века были открыты противомикробные препараты, что дало возможность победы над многими заболеваниями. Смертность населения от инфекций значительно снизилась, и вместе с тем увеличилась продолжительность жизни [1]. Однако в современном мире большую угрозу для здоровья людей несут инфекции, возбудителями которых являются бактерии с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ). Сегодня такие патогенные бактерии именуются «супербактериями» (в зарубежной научной литературе – «superbugs»). Их огромная численность, удивительная пластичность генетического материала, а также способность обмениваться генетической информацией между совершенно разными видами открыли бактериям путь к бесконечной адаптации [2].

Основными причинами резистентности патогенных бактерий являются: нерациональное назначение антибиотиков амбулаторно и в стационарах; распространение самолечения; широкое применение «сверхдоз» антибиотиков в агроиндустрии; низкое качество очистки сточных вод и как следствие загрязнение окружающей среды (почва, водоемы) устойчивыми молекулами противомикробных препаратов [2]. В настоящее время 60–80 % врачей в России для перестраховки назначают антибиотик, не проверяя, будет ли он действовать на данный штамм бактерии у конкретного пациента. Все это ставит под угрозу достижения современной медицины. Возвращение в доантибиотиковую эру может привести к тому, что многие инфекционные болезни в будущем станут неизлечимыми и неконтролируемыми. Во многих странах уже сейчас действуют государственные программы по борьбе с антибиотикорезистентностью [3]. Несмотря на появление все более мощных АБ, заболеваемость и смертность от инфекционных болезней после десятилетий спада в последние годы повышается [2]. Ученые разрабатывают альтернативные антибиотикам лекарственные средства для борьбы с инфекциями. Наиболее перспективные из них считаются:

- Фаговая терапия – использование бактериофагов против возбудителей инфекций;
- Синтетические препараты на основе наночастиц;
- Использование пептидов из слюны животных (крупных ящериц) как антибактериальные препараты.

Литература:

1. Илькевич Т.Г., Тейге С.В. Современные аспекты применения антибактериальных препаратов в условиях повышенной инфекционной опасности // Материалы международного форума «Образование. Наука. Культура». 2021. С. 77-78.

2. Джиоев Ю.П. и др. Анализ проблемы «супербактерий» и современные подходы к ее решению // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – №. 4 (31). – С. 665-678.

3. Кузьмин В.Н. Антибиотикорезистентность как эпидемиологическая проблема инфекционно-воспалительных заболеваний в современных условиях // Медицинский оппонент. – 2020. – №. 3. – С. 20-26.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ БИОСЕНСОРЫ КАК ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Ионов Я.А.*, *Хасанов Д.Г.*, *Назарова Е.А.
Национальный исследовательский университет ИТМО, химико-биологический кластер
e-mail: ionov@scamt-itmo.ru

FLUORESCENT BIOSENSORS AS INDICATORS OF FOOD QUALITY

Ionov Y.A.*, *Khasanov D.G.*, *Nazarova E.A.
ITMO University, ChemBio Cluster

В последние несколько лет сенсоры становятся все более распространенными методами контроля качества продукции, наиболее перспективные из них – это оптические индикаторы. Для качественного или количественного определения анализируемого вещества на сенсоре может изменяться агрегатное состояние, цвет или степень свечения материала. Одним из таких оптически-активных материалов являются углеродные точки, на основе которых можно создавать индикаторы для детекции различных фальсифицирующих продукты питания веществ, например, мочевины. Мочевина – простая молекула и компонент, использующийся в косметологии для увлажнения, в качестве удобрения и в виде пищевой добавки E927b. Но данное вещество могут использовать недобросовестные производители для повышения показателя белка в продукте (1 % мочевины в результате считается за 3 % белка) [1].

Таким образом, целью данной работы является разработка нового биосенсорного подхода в создании альтернативного метода детекции мочевины на основе флуоресцирующих под ультрафиолетом углеродных точек.

Для реализации идеи данной работы используются углеродные точки (УТ), синтезированные из хитина панцирей креветок, являющегося по сути отходом производства [2]. Предлагаемое решение заключается в разработке биосенсорной системы уреаза/УТ для определения мочевины. Компоненты могут быть как в связанном через аминопропилтриэтоксисилан и глутаровый альдегид [3], так и в свободном виде, находясь в одном растворе. Система уреаза/УТ вступает в контакт с образцом с мочевиной, в процессе разложения мочевины ферментом выделяется аммиак, который, взаимодействуя с УТ, изменяет поверхностные функциональные группы и, соответственно, интенсивность флуоресценции [4].

Данный сенсор может стать хорошей альтернативой другим методам детекции для анализа качества или свежести продуктов питания, такие как молочные, мясные продукты.

Литература:

1. Shalileh, A. Sensing approaches toward detection of urea adulteration in milk / F. Shalileh, H. Sabahi, M. Dadmehr, M. Hosseini // Microchemical Journal. – 2023. – V. 193.
2. Ngo, T. S. Reusable carbon dot/chitin nanocrystal hybrid sorbent for the selective detection and removal of Cr(VI) and Co(II) ions from wastewater // T. S. Ngo, C. T. Tracey; A. G. Navrotskaya, [et. al.] // Carbohydrate Polymers. – 2023. – V. 304.
3. Sangubotla, R. Fiber-optic biosensor based on the laccase immobilization on silica-functionalized fluorescent carbon dots for the detection of dopamine and multi-color imaging applications in neuroblastoma cells / R. Sangubotla, J. Kim // Materials Science and Engineering. – 2021. – V. 122.
4. Wang, H. Presence of fluorescent carbon nanoparticles in baked lamb: their properties and potential application for sensors / H. Wang, Y. Xie, S. Liu, [et. al.] // Journal Agricultural and Food Chemistry. – 2017. – V. 65.

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ CAR-T

Князева А.Д., Драчук А.С.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии
e-mail: celezneva6000@gmail.com

HISTORY OF THE DISCOVERY OF CAR-T

Knyazeva A.D., Drachuk A.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

CAR-T терапия представляет собой персонализированный подход в иммуноонкологии, основанный на генетической модификации Т-лимфоцитов пациента. Суть метода заключается во встраивании в геном Т-клеток химерного антигенного рецептора (CAR), направляющего их против опухолевых клеток с экспрессией соответствующего антигена. CAR представляет собой синтетический белок, состоящий из внеклеточного домена связывания с антигеном, трансмембранного домена и одного или нескольких внутриклеточных доменов, активирующих Т-лимфоциты [1]. CAR перепрограммирует Т-клетки для распознавания опухолевых клеток и их элиминации в организме пациента.

Первые CAR были созданы в конце 1980-х годов и содержали внеклеточный антигенсвязывающий домен и внутриклеточный активирующий домен CD3ζ или FcRγ [2]. Однако такие CAR первого поколения были малоэффективны.

В начале 2000-х для усиления активации Т-клеток в CAR был добавлен костимулирующий домен CD28 или 4-1BB [3], что привело к созданию CAR второго поколения. Это позволило достичь высокой противоопухолевой эффективности CAR-T клеток против В-клеточных злокачественных новообразований.

Дальнейшее улучшение CAR достигалось путем оптимизации их химической структуры, в частности варьирования длины и состава междоменных регионов. Это позволило модулировать силу активационных сигналов и цитокиновый ответ CAR-T клеток [4]. Также для снижения иммуногенности CAR стали использовать гуманизированные антитела в их конструкции. Точная настройка химической структуры и свойств CAR-T клеток открывает возможности для расширения их клинического применения.

Литература:

1. June CH, O'Connor RS, Kawalekar OU, Ghassemi S, Milone MC. CAR T cell immunotherapy for human cancer. Science. 2018 Mar 23;359(6382):1361-1365. doi: 10.1126/science.aar6711. PMID: 29567707.

2. Gross G, Waks T, Eshhar Z. Expression of immunoglobulin-T-cell receptor chimeric molecules as functional receptors with antibody-type specificity. Proc Natl Acad Sci U S A. 1989 Dec;86(24):10024-8. doi: 10.1073/pnas.86.24.10024. PMID: 2513569; PMCID: PMC298636.

3. Maher J, Brentjens RJ, Gunset G, Rivière I, Sadelain M. Human T-lymphocyte cytotoxicity and proliferation directed by a single chimeric TCRzeta /CD28 receptor. Nat Biotechnol. 2002 Jan;20(1):70-5. doi: 10.1038/nbt0102-70. PMID: 11753365.

4. Alabanza L, Pegues M, Geldres C, Shi V, Wiltzius JJW, Sievers SA, Yang S, Kochenderfer JN. Function of Novel Anti-CD19 Chimeric Antigen Receptors with Human Variable Regions Is Affected by Hinge and Transmembrane Domains. Mol Ther. 2017 Nov 1;25(11):2452-2465. doi: 10.1016/j.ymthe.2017.07.013. Epub 2017 Jul 27. PMID: 28807568; PMCID: PMC5675490.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ МЕТАНА

Кононова У.Е.*, *Латыпова У.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: uliana.kononova@mail.ru

BIOCHEMICAL PATHWAYS FOR METHANE UTILIZATION

Kononova U.E.*, *Latypova U.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Аэробные метанотрофы – группа грамотрицательных бактерий, которые в качестве источника углерода используют метан [1]. Метан окисляется метанотрофами до CO_2 в ходе реакций, представленных на схеме:

$CH_4 \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow CO_2$

Окисление метана осуществляется лабильной ферментной системой - метанмонооксигеназой (ММО). В настоящее время выявлены две ферментные системы - растворимая (sMMO) и мембрансвязанная (pMMO) [2].

Ассимиляция углерода метана может происходить посредством трёх биохимических путей: серинового, рибулозомонофосфатного (РМФ) или рибулозобисфосфатного (РБФ) циклов [3].

При функционировании серинового цикла из формальдегида и CO_2 сначала образуется ацетил-КоА, который превращается через глиоксилат в глицин. Далее акцептируется вторая молекула формальдегида посредством оксиметилирования глицина с образованием серина. В результате последующих превращений образуется 3-фосфоглицерат, являющийся стартовым материалом для биосинтеза клеточных компонентов [2].

В РМФ-пути первичное образование С–С-связи происходит в результате конденсации формальдегида и рибулозо-5-фосфата с образованием гексулозо-6-фосфата, изомеризация которого во фруктозо-6-фосфат и последующий распад шестиуглеродных фосфосахаров приводят к синтезу триоз, которые идут на биосинтез [3].

Метилобактерии, реализующие РБФ-путь, окисляют С1-субстраты последовательно до CO_2, который фиксируется в реакции карбоксилирования рибулозо-1,5-бисфосфата с образованием 3-фосфоглицерата. Ключевым ферментом этого пути является рибулозобисфосфаткарбоксилаза (РБФК/О или Рубиско). РБФК/О может действовать и как оксигеназа, в этом случае образуются фосфоглицерат и фосфогликолат [3].

Таким образом, окисление метана метанотрофами происходит засчёт метанмонооксигеназы и может осуществляться тремя путями: сериновым, рибулозомонофосфатным и рибулозобисфосфатным. Данная биологическая система позволяет получать следующие органические соединения: лактат, 2,3-бутандиол, кротоновую, масляную и 3-гидроксипропионовую кислоты, кадаверин, путрисцин и сукцинат, и др. [4].

Литература:

1. Laskin, Allen I. Advances in applied microbiology – London: Elsevier Inc., 2008 – 344 p.

2. Гальченко, В.Ф. Метанотрофные бактерии – Москва: ГЕОС, 2001 - 465 с.

3. Бут, С.Ю. Биохимические свойства и филогения гидроксипируватредуктаз метанотрофных бактерий, реализующих различные пути С1-ассимиляции / Биохимия. – 2017. – Т.82. - №11. – С. 1647-1656.

4. Gęsicka A., Oleskowicz-Popiel P., Łężyk M. Recent trends in methane to bioproduct conversion by methanotrophs //Biotechnology advances. – 2021. – Т. 53.

МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОГО КРАХМАЛА

Копылова А.А., Павлова А.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: pavlovaa026@gmail.com, angelinakopylova14@gmail.com

LOCATION OF RESISTANT STARCH

Kopylova A.A., Pavlova A.Yu.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Резистентный крахмал-это сложный углевод, который образуется в растениях в качестве запасного питательного вещества. Внутри клеток крахмал накапливается в виде определенных зерен крахмала, которые различаются в зависимости от источника его происхождения. Крахмалы могут иметь разные формы, структуры и размеры зерен, а также разные физико-химические свойства. Для получения крахмала используют клубни картофеля, бобовые, кукурузные зерна, пшеницу, рис и другие растения. Природные источники, содержащие крахмал, а также переработка природного сырья могут образовывать устойчивые крахмалы. Фактором, определяющим возможность образования таких крахмалов, является наличие амилозы в нативном крахмале. Исследования показали, что разрушение нативной структуры крахмала приводит к образованию большее высокой доли резистентной фракции крахмала в пище. В настоящее время резистентные крахмалы (RS) подразделяются на четыре типа - RSI, RS2, RS3 и RS4.

RSI - физически недоступный крахмал, который локализуется внутри стенок клеток в целых и частично разрушенных зернах.

RS2 - нативные банановые, высоко амилозные кукурузные и гороховые крахмалы.

RS3 - кристаллические крахмалы. Образующиеся при ретроградации желатинизированных крахмалов. «Выход» таких крахмалов зависит от содержания амилозы и условий ретроградации. Показано, что увеличение содержания амилозы в нативных крахмалах приводит к увеличению «выхода» RS3.

RS4 - некоторые химически модифицированные крахмалы.

Резистентный крахмал недоступен для ферментации в тонком кишечнике. Однако, попав в толстую и прямую кишку, он становится доступным для ферментации присутствующими здесь бактериями и переваривается с образованием короткоцепочечных жирных кислот, диоксида углерода, водорода и метана. Устойчивые крахмалы и пищевые волокна положительно влияют на толстую кишку и увеличивают выработку фекалий. Однако устойчивые крахмалы способствуют образованию большего количества бутиратов. Бутираты имеют положительный эффект на кишечную микрофлору и способствуют ее развитию, поддерживают наш иммунитет и общее благополучие организма. Кроме того, резистентные крахмалы влияют на метаболизм липидов и глюкозы в организме. Исследования показывают, что употребление устойчивых крахмалов может помочь снизить уровень глюкозы в крови. Кроме того, устойчивые крахмалы можно отнести к пребиотикам - веществам, которые служат источником питания для полезных бактерий в нашем желудочно-кишечном тракте. Это помогает поддерживать баланс микрофлоры и обеспечивать ее оптимальное функционирование.

Литература:

1. Габдукаева, Л.З. Резистентные крахмалы как функциональный ингредиент при производстве продуктов питания / Л.З. Габдукаева, Е.В. Никитина, О.А. Решетник

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕТАНОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ

Латыпова У.М.*, *Кононова У.Е.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: latypovaulyanatwp@gmail.com

TAXONOMIC STRUCTURE OF METHANOTROPHIC BACTERIA

Latypova U.M.*, *Kononova U.E.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Метанотрофы – метилотрофные микроорганизмы, структурно и функционально специализированные на использовании метана [1].

Аэробные метанотрофные бактерии делятся на три основных класса. Первый класс – *Gammaproteobacteria* (тип I или тип X) [2], который делится на 2 подтипа: Ib (роды *Methylococcus, Methylocaldum, Methylogaea, Methylothermus*) и Ia (остальные). Второй класс – *Alphaproteobacteria*, подразделяется на IIa (*Methylocystaceae*) и IIb (*Beijerinckiaceae*) [3, 4]. За рамки основной классификации выходят представители филума *Verrucomicrobia* – третий класс (у большинства из них отсутствуют внутрицитоплазматические мембраны и имеются специфические жирные кислоты) [3].

В последние два десятилетия были открыты микроорганизмы в области архей, способные анаэробно окислять метан с использованием альтернативных акцепторов электронов, таких как сульфат, нитрит, нитрат, железо и марганец [5]. Анаэробные метанотрофные археи разделены на три клады: ANME-1a/b, ANME-2a/b/c и ANME-3. Эти клады связаны с сульфатредуцирующими бактериями [6].

Также существует тип со статусом кандидата – тип NC10. Его представители пока еще не культивированы, знания об этом типе в значительной степени ограничены первым видом *Candidatus Methylomirabilis oxyfera* (*M. oxyfera*). Эти микроорганизмы, способны окислять метан за счет нитрита в качестве акцептора электронов [2, 7].

Таким образом, данная область знаний имеет потенциал к расширению, неизученные аспекты представляют интерес для ученых, поскольку метанотрофы используются в качестве источника пищевого белка.

Литература:

1. Гальченко, В. Ф. Метанотрофные бактерии – Москва : ГЕОС, 2001 - 465 с.

2. Kalyuzhnaya M., Gomez, O., Murrell, J. The Methane-Oxidizing Bacteria (Methanotrophs) / Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology. - Springer Nature : Switzerland, 2019. – P. 26.

3. Бакунина, М.С., Пономарева, А.Л., Дубовчук, С.С., Еськова А.И., Шакиров, Р.Б., Обжиров, А.И. Особенности психрофильных и термофильных метанотрофных микроорганизмов / Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. - 2020. - №5. - С. 43-50.

4. Прокудина, О.В., Песцов, Г.В., Третьякова, А.В. Выделение метанотрофных бактерий из природных биоценозов и подбор питательных сред, оптимальных для культивирования в лабораторных условиях / Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2022. - Т.14. - №6. - С. 107-121.

5. Guerrero-Cruz, S., Vaksmaa, A., Horn, M., Niemann, H., Pijuan, M., Ho, A. Methanotrophs: Discoveries, Environmental Relevance, and a Perspective on Current and Future Applications / Frontiers in Microbiology. - 2021. - V.6. – 28 p.

6. Winkel, M., Mitzscherling, J., Overduin, P. Anaerobic methanotrophic communities thrive in deep submarine permafrost / // Scientific Reports. - 2018. - № 8. - 13 p.

7. He, Z., Cai, C., Wang, J., Xu, X., Zheng, P., Jetten, M., Baolan, H., A novel denitrifying methanotroph of the NC10 phylum and its microcolony / Scientific Reports. - 2016. - №6. - 10 p.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОГО КРАХМАЛА

Копылова А.А., Павлова А.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: pavlovaa026@gmail.com, angelinakopylova14@gmail.com

METHODS OF OBTAINING RESISTANT STARCH

Kopylova A.A., Pavlova A.Yu.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Крахмал – самый большой диетический источник углеводов, считается наиболее популярным накопительным полисахаридом в растениях, синтезируется в виде гранул в хлоропластах зеленых листьев, а также в амилопластах семян, корней и клубней. Крахмал обладает высокой пищевой ценностью и широко используется в различных продуктах питания. Однако интерес к крахмалу возник не только из-за его пищевой ценности, но и из-за его неперевариваемых фракций, которые называются резистентными крахмалами. Резистентные крахмалы представляют собой частицы крахмала, которые не полностью перевариваются и не всасываются в тонком кишечнике. Это явление было ранее признано нормальным процессом переваривания крахмала. Исследования показали, что резистентные крахмалы имеют ряд полезных свойств для организма. Они способствуют регуляции уровня сахара в крови, помогают в поддержании нормальной микрофлоры в кишечнике и улучшают работу пищеварительной системы. Кроме того, резистентные крахмалы могут оказывать положительное влияние на обмен веществ, снижать риск развития ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний. Существует несколько типов резистентных крахмалов, которые различаются по своей структуре и способу образования. Некоторые из них находятся в природных продуктах, таких как бобовые, злаки, овощи и фрукты, в то время как другие могут быть созданы в процессе обработки пищевых продуктов. Изучение резистентных крахмалов и их влияния на организм продолжается, и появляется все больше доказательств их положительного влияния на здоровье. Это открывает новые возможности для разработки пищевых продуктов, обогащенных резистентными крахмалами, которые могут способствовать улучшению общего состояния организма и предотвращению различных заболеваний.

Известен способ получения резистентного крахмала из зернового крахмала, при котором из крахмала готовится 10 % суспензия, которая подвергается клейстеризации при температуре 120 °С в течение 30 минут; проводится гидролиз с внесением пуллуланазы Optimax L-1000 при температуре 65 °С в шейкере-инкубаторе в течение 24 часов; инактивация пуллуланазы проводится при температуре 75-80 °С; крахмальная суспензия подвергается 3 циклам замораживания при температуре –4 °С в течение 16 часов и оттаивания при комнатной температуре; суспензия центрифугируется при 3000 оборотах, сушится при 105 °С; полученные резистентные крахмалы измельчаются до размера частиц 150 мкм и просеиваются. Максимальный выход резистентного крахмала составляет 22,8 % (кукурузный крахмал) и 20,25 % (пшеничный крахмал) [1].

Способ производства модифицированного крахмала заключается в клейстеризации крахмальной суспензии с образованием геля, его замораживании и размораживании. Это наиболее распространенные способы получения крахмала, о которых известно на данный момент.

Литература:

1. Патент № 2780025 Российская Федерация, МПК C08B 30/02 (2006.01), C08B 30/14 (2006.01). Способ производства модифицированного крахмала: № 2020130393: заявл. 15.09.2020: опубл. 19.09.2022 / Кузина Л.Б., Литвяк В.В.; заявитель ФГБНУ. – 4 с.: ил.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *ISOPTERICOLA SP.* В КАЧЕСТВЕ ДЕСТРУКТОРА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Подшибякин А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: sikamoralex@mail.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF ISOPTERICOLA SP. AS A CELLULOSE DESTRUCTOR

Podshibiakin A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время по всему миру существует проблема переработки отходов целлюлозной промышленности, которые несут высокую техногенную нагрузку на окружаю среду, в результате чего на данный момент наблюдается повышенный интерес к целлюлозоразрушающим микроорганизмам.

Целлюлоза, являясь продуктом целлюлозно-бумажной, химической, пищевой и текстильной промышленности, в силу своего строения устойчива к различным воздействиям, именно поэтому перспективным деструктором всё чаще начинают рассматривать различные штаммы микроорганизмов с более высоким уровнем биосинтеза целлюлаз.

В настоящем исследовании в качестве перспективного деструктора целлюлозы была выбрана бактерия *Isoptericola sp.*, штамм которой был получен из биофонда НИУ БелГУ. О целлюлозолитической активности судили по изменению оптической плотности колоний бактерий в жидкой минеральной среде с добавлением в качестве единственного источника углерода микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ), которая изначально добавлялась в объёме 0.5 % от объёма среды. Конечный объём среды составил 48 мл. Бактерии культивировали при 25 °С 3 суток.

После наблюдения активного увеличения биомассы было принято решение оценить скорость роста микроорганизмов в зависимости от содержания МКЦ в среде, соответственно было приготовлено 4 ёмкости по 25 мл жидкой минеральной с концентрациями 0,1 г/л, 0.5 г/л, 1 г/л, 2 г/л. Культивирование проводили в течении 15 суток при 25 °С с измерением оптической плотности на каждые 5 сутки. Измерения проводились на лабораторный спектрофотометр (Genesys 20 vis. Thermo Scientific, Великобритания) при длине волны 620 нм.

Таблица – Изменение оптической плотности в результате роста биомассы

Концентрация МКЦ в среде, г/л	0 сутки	5 сутки	10 сутки	15 сутки	Отношение значения оптической плотности 15 суток к 0 суткам, %
0,1	0,435	0,441	0,454	0,46	105,7
0,5	0, 393	0,411	0,439	0,471	119,8
1	0,51	0,561	0,613	0,688	134,9
2	0,526	0,601	0,693	0,761	144,7

Выводы. Относительно данных, полученных в результате эксперимента, можно судить, что *Isoptericola sp.* способна использовать в качестве источника углерода целлюлозу, следовательно, данный микроорганизм можно использовать для переработки отходов целлюлозной промышленности. Кроме этого, с увеличением концентрации целлюлозы также и увеличивался процентный рост биомассы.

ПОСЛЕДСТВИЯ БЕЛОК-БЕЛКОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ИНДУЦИРОВАННОГО ХИМЕРНОЙ МОЛЕКУЛОЙ

Романова А.А.*, *Зенина А.Д.*, *Новикова Д.С.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»
e-mail: angeliina.romanova@outlook.com

CONSEQUENCES OF CHIMERA-INDUCED PROTEIN-PROTEIN INTERACTION

Romanova A.A.*, *Zenina A.D.*, *Novikova D.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

АМФ-активируемая протеинкиназа (*англ.* AMPK) является ключевым энергетическим регулятором клетки. При различных патологических состояниях, обусловленных подавлением киназной активности AMPK, ее фармакологическая активация является перспективным терапевтическим подходом. Однако, при острых ишемических состояниях, а также на некоторых стадиях развития рака гиперактивация AMPK может приводить к фатальным последствиям, что подчеркивает необходимость разработки подходов к ингибированию киназы [1].

PROTAC (Proteolysis targeting chimera) представляет собой успешную концепцию, разработанную для деградации белков в контексте раковых заболеваний. В ее основе лежит химера – гетеробифункциональная молекула, содержащая лиганд Е3 убиквитин-лигазы и лиганд интересующего белка, связанные линкером определенной длины. Подобная химера позволяет сблизить интересующий белок и Е3 убиквитин-лигазу в пространстве и за счет убиквитинирования белка лигазой направить его на деградацию в 26S протеасоме [2].

В нашей лаборатории была синтезирована химера, содержащая лиганд Е3 убиквитин-лигазы MDM2 и лиганд AMPK (рисунок). С одной стороны ее можно рассматривать как классическую PROTAC-структуру. В этом случае белок-белковое взаимодействие AMPK-MDM2 будет приводить к протеасомной деградации AMPK. В то же время, такую химеру можно рассматривать как способ повышения субстратной специфичности киназы, при котором рассматриваемое белок-белковое взаимодействие будет приводить к фосфорилированию MDM2 и активации его регуляторных свойств. Для определения доминирующего механизма при взаимодействии AMPK-MDM2, индуцированного разработанной химерой, было проведено исследование его влияния на клеточные эффекты *in vivo* и *in vitro*.

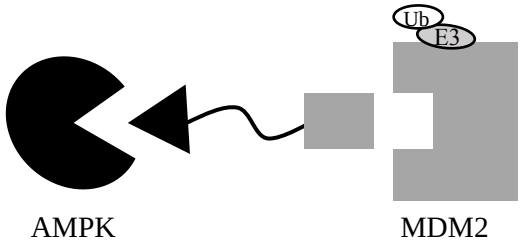


Рисунок – Принцип действия химерной молекулы

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №23-13-00344.

Литература:

1. Novikova D., Garabadzhiu A., Melino G., Barlev N., Tribulovich V. AMP-activated protein kinase: structure, function, and role in pathological processes. Biochemistry (Mosc), 2015, 80(2), 127-144.

2. Li X., Pu W., Zheng Q., Ai M., Chen S., Peng Y. Proteolysis-targeting chimeras (PROTACs) in cancer therapy. Mol. Cancer, 2022, 21(1), 99.

БИФИДОБАКТЕРИИ

Сезганова Е.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: sezganova2003@gmail.com

BIFIDOBACTERIA

Sezganova E.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Бифидобактерии – род грамположительных анаэробных бактерий палочковидной формы. Их культивация происходит на молоке, гидролизированном молоке и гидролизате казеина. Бифидобактерии были обнаружены в средах напрямую связанных с желудочно-кишечным трактом человека и животных: кишечник человека, кишечник животных и полость рта. В процессе своей жизнедеятельности штаммы бифидобактерии образуют широкий ряд органических кислот, которые помогают поддерживать баланс в кишечнике. Тиамин, фолиевая кислота, биотин и никотиновая кислота продуцируются в больших объёмах. Совместная работа бифидобактерий с остальной микрофлорой кишечника обеспечивает нормальное пищеварение и всасывание питательных веществ, а именно усиление гидролиза белков, сбраживание углеводов, омыление жиров, и растворение клетчатки, также стимулируется перистальтика кишечника. В норме, когда бифидобактерии присутствуют в достаточном количестве, они эффективно снижают pH за счет выработки молочной и уксусной кислот. Молочная кислота не только замедляет развитие патогенной, газообразующей и гнилостной флоры, но и помогает развиваться полезной. Снижение pH среды также оказывает антибактериальное эффект. Молочнокислые бактерии оказывают профилактическое действие, не допускающее заражения сальмонеллезом, подавляют возбудителей туберкулеза, стафилококков и другие микроорганизмы, восстанавливают нормальный баланс микрофлоры кишечника после антибиотикотерапии.

Когда бифидобактерий в организме недостаточно, паразитарная микрофлора начинает интенсивно размножаться, вследствие чего наблюдается снижение всасываемости нутриентов, затормаживается перистальтика кишечника, возникают проблемы со стулом, значительно возрастают риски получения кишечных инфекций. Дисбактериоз может привести к различным аллергическим реакциям, язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и желудка и гастриту [2]. Между кишечником, его микрофлорой и мозгом существует двусторонняя взаимосвязь в рамках «оси мозг - кишечник - микробиом». Нервная система и ЖКТ связаны через сеть сигнальных путей, которая, в свою очередь, включает в себя блуждающий нерв, иммунную систему, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось, некоторые трансмиттеры и бактериальные метаболиты. Считается, что микроорганизмы кишечника непосредственно участвуют во многих психических расстройствах. Прием бифидобактерий способствует улучшению памяти и снижению стресса за счет их способности понижать кумулятивный выброс кортизола [1].

Литература:

1. И.Н. Захарова, Д.К. Дмитриева, И.В. Бережная, Л.С. Серикова, Н.Г. Сугян, А.Д. Гостюхина Клинические эффекты влияния пробиотиков на функционирование «оси кишечник - головной мозг» у детей // Медицинский совет. - 2022. - №12/2022. - С. 152-159.

2. Бифидобактерии. Bifidobacterium. Свойства бифидобактерий. Значение бифидобактерий. // Новокузнецкий клинический противотуберкулёзный диспансер URL: https://nvkz-tub.ru/stati/bifidobakterii-bifidobacterium-svojstva-bifidobakterij-znachenie-bifidobakterij.html (дата обращения: 10.10.2023).

РЕЗИСТЕНТНЫЙ КРАХМАЛ – ПИТАНИЕ ДЛЯ БИФИДОБАКТЕРИЙ

Сезганова Е.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: sezganova2003@gmail.com

RESISTANT STARCH – NUTRITION FOR BIFIDOBACTERIA

Sezganova E.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Резистентный (устойчивый) крахмал (RS, Resistant Starch) – это крахмал и продукты его распада, которые у здоровых людей не подвергаются разложению ферментами поджелудочной железы и выводятся из процесса переваривания пищи в тонком кишечнике. Микроорганизмы толстого кишечника способны перерабатывать RS с образованием короткоцепочечных жирных кислот (SCFAs) что способствует разрастанию благоприятной микрофлоры и стимуляции бактерий, синтезирующих бутират, которого при ферментировании устойчивого крахмала формируется значительно больше, чем от иных пищевых волокон. За счёт того, что RS не усваивается в процессе переваривания пищи, он может беспрепятственно поступать в толстый кишечник и ферментироваться его микрофлорой. Таким образом, RS представляет собой пребиотик.

Было доказано, что устойчивый крахмал усваивается микробиотой кишечника гораздо медленнее, чем пребиотики инулин и лактоза, что особенно важно для питания микроорганизмов прямой кишки [1]. Бактерии рода Bifidobacterium используют в своем обмене веществ неусвояемые полисахариды, в том числе и устойчивый крахмал, в качестве источника углерода и энергии. В результате резистентный крахмал оказывает бифидогенный эффект на микрофлору кишечника человека, который обуславливает увеличение количества лактобактерий и бифидобактерий и повышенный синтез масляной кислоты в толстом кишечнике. В связи с этим устойчивый крахмал является неотъемлемым элементом питания человека при лечении и профилактике таких заболеваний, как сахарный диабет, ожирение, колит, рак толстого и прямого кишечника. Употребление резистентного крахмала способствует улучшению комплекса физиологических параметров человека: скорость поступления глюкозы в кровь и интенсивности скачков сахара, липидный состав крови, повышается чувство сытости и снижается энергопотребление [2].

По данным исследования, проведенного на пожилых людях и на животных было выявлено, что употребление устойчивого крахмала приводит к улучшению здоровья кишечника и развитию многообразия микроорганизмов кишечника; тем не менее, результаты могут зависеть от состава микрофлоры кишечника хозяина, так как у различных людей он может отличиться, также у людей и животных он неодинаковый. Помимо этого, необходимо следить за индивидуальным употреблением по причине физиологических различий кишечника, поскольку избыточное употребление RS может стать причиной диареи, рвоты или мягкого стула и других расстройств ЖКТ [1].

Литература:

1. Потенциальная роль пробиотиков, резистентного крахмала и резистентных белков в уменьшении воспаления во время старения (инфламэйджинга) // Пропионикс URL: https://propionix.ru/novosti/news_post/probiotiki-rezistentnyj-krahmal-i-rezistentnye-belki-dlya-zdorovogo-dolgoletiya (дата обращения: 09.10.2023).

2. Л.З. Габдукаева, Е.В. Никитина, О.А. Решетник Резистентные крахмалы как функциональный ингредиент при производстве продуктов питания // Вестник Казанского технологического университета. - 2014. - С. 253-255.

БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОЛЕАТА ПЭГ– 400 И РОДСТВЕННЫХ ЭФИРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И РАЗЛИЧНЫМИ ПЭГАМИ

Смирная А.Д.*, *Зайцев Г.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: smirnaya.ann@yandex.ru

ENZYMATIC SYNTHESIS OF PEG-400 OLEATE AND RELATED ESTERS WITH DIFFERENT FATTY ACID FRAGMENTS AND DIFFERENT PEGS

Smirnaya A.D.*, *Zaitsev G.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сложные эфиры полиэтиленгликолей и жирных кислот используют во многих отраслях промышленности: топливной, химической, целлюлозно-бумажной, косметической и пищевой [1]. Такой широкий спектр применения обуславливается наличием эмульгирующих, диспергирующих, поверхностно-активных, солнцезащитных, чистящих и моющих и многих других свойств.

Особое значение в свете задач, направленных на импортозамещение и принципы зеленой химии, приобретает разработка и совершенствование новых, эффективных методов синтеза обсуждаемых веществ. В настоящее время в России производство эфиров жирных кислот ПЭГ осуществляется химическим путем в условиях температуры выше 100 °С и давлении 1,3—2,0 кПа [2]. Однако химический синтез сопряжен с выбросом токсичных отходов, в то время как уже существует более экологически рациональный способ получения сложных эфиров ПЭГ жирных кислот основанный на принципах биокатализа. Более того, условия проведения ферментативных реакций более мягкие и простые. Проблема внедрения этого метода заключается в импортных ферментах, которые сейчас затруднительно или невозможно приобрести. Создание отечественных биокатализаторов ускорит развитие российской промышленности.

В связи с этим, сотрудники кафедры технологии микробиологического синтеза начали разрабатывать методику и технологические условия получения различных сложных эфиров жирных кислот полиэтиленгликолей, широко используемых в производстве, с помощью биокатализа на основе отечественных ферментов.

Литература:

1. Синтез эфиров полиэтиленгликолей и жирных кислот растительных масел / А.А. Гринева, А.В. Зорина, Н.В. Столповская, А.В. Фалалеев, М.Ю. Крысин // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 3. – С. 19-24.

2. Ферментативный синтез сложных эфиров полиэтиленгликоля-400 / В.С. Гамаюрова, М.Е. Зиновьева, Н.В. Калачева, К.Л. Шнайдер // Катализ в промышленности. – 2015. – № 2. – С. 73-78. – EDN TMGRTL.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕЦИФИЧНОСТИ ЛИПАЗ С ПОМОЩЬЮ НАБОРА ХРОМОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ

***Соловьев Д.С.*[1], *Ионов Я.А.*[1,2], *Беляев Д.Ю.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза,*

[2]*Национальный исследовательский университет ИТМО, химико-биологический кластер*

e-mail: danilsolo01@mail.ru

DETERMINATION OF LIPASE SPECIFICITY USING A SET OF CHROMOGENIC SUBSTRATES

***Solovev D.S.*[1], *Ionov Y.A.*[1,2], *Belyaev D.Y.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*ITMO University, ChemBio Cluster*

Липазы являются широко распространенной группой гидролитических ферментов, катализирующих реакции гидролиза и синтеза липидов. Эти ферменты активно используются в биотехнологической промышленности при производстве таких продуктов как удобрения, косметика, порошки, биодизель, пищевые продукты на жировой основе и т.д. Важное свойство липаз – специфичность к определенным субстратам. Специфичные липазы позволяют получать масложировые продукты уникального состава. Для определения специфичности нового липолитического фермента удобно использовать набор хромогенных субстратов.

В данной работе нами был проведен органический синтез ряда хромогенных субстратов по соответствующей методике [1] с последующей хроматографической очисткой продуктов и определена субстратная специфичность фермента липазы штамма культуры *Penicillium rubens* по методу определения активности на основе гидролиза эфира паранитрофенола и жирной кислоты [2].

При составлении набора субстратов были взяты жирные кислоты, различающиеся по длине цепи (C14:0, C16:0, C18:0) и по количеству двойных связей (C18:0, C18:1, C18:2). Определены константы Михаэлиса и максимальные скорости реакции гидролиза полученных субстратов липазой при 50 °C.

Анализ результатов показал, что данный фермент проявляет специфичность к субстрату на основе стеариновой кислоты – распространенного компонента животных жиров. Использование этого биокатализатора перспективно в ферментативном получении жиров, богатых непредельными кислотами.

Литература:

1. Syntheses of D-erythro-1-deoxydihydroceramide-1-sulfonic acid and phosphonosphingoglycolipid found in marine organisms via a common precursor / K. Ohashi, S. Kosai, M. Arizuka et al. // Tetrahedron. – 1989. – V. 45. – №. 9. – C. 2557-2570.

2. Козлов, Г.В. Биокаталитическая переэтерификация триглицеридов: методические указания к лабораторным работам / Г.В. Козлов, М.А. Пушкарев. – Санкт–Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 12 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОКОМПЛЕКСА АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ТРАНСДЕМАРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ДИАБЕТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ

***Торопова А.В.*[1], *Мисник Е.В.*[2], *Баракова Н.В.*[3]**

[1,3]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза*

[2]*Национальный исследовательский университет ИТМО*

e-mail: atoropova1380@gmail.com

PROSPECTS FOR THE USE OF THE ABSCISIC ACID NANOCOMPLEX AS AN ACTIVE SUBSTANCE FOR THE TRANSDERMAL TREATMENT OF DIABETIC LESIONS

***Toropova A.V.*[1], *Misnik E.V.*[2], *Barakova N.V.*[3]**

[1,3]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[2]*ITMO University*

Сахарный диабет 2 типа (СД 2 типа) – это хроническое нарушение обмена веществ, вызванное нарушением секреции инсулина и резистентностью к инсулину. На данный момент это заболевание затрагивает почти 10 % населения планеты [1].

Чаще всего терапия СД 2 типа направлена на контроль уровня сахара, опуская ряд сопутствующих симптомов, таких как атеросклероз сосудов, клеточное старение и дерматологические нарушения. К диабетическим поражениям кожи относятся не только хронические язвы, но и дермопатия, идиопатические высыпания, а также присутствует предрасположенность к различным инфекциям и неправильному рубцеванию. Как правило, эти патологии имеют длительное и упорное течение с частыми обострениями и трудно поддаются лечению.

В настоящее время продолжается поиск терапии, способной скорректировать инсулинорезистентность и хотя бы частично восстановить чувствительность тканей к инсулину. Одним из наиболее перспективных веществ является абсцизовая кислота (АБК) – это фитогормон, имеющий свои функции в организме млекопитающих. Активируя ген PPARγ, АБК регулирует воспаление, обмен жиров и углеводов, в том числе чувствительность клеток к инсулину [2]. Данные свойства способны помочь предупредить и замедлить развитие диабетических состояний, однако, низкая биодоступность и нестабильность, препятствует использованию абсцизовой кислоты в виде препарата для лечения патологий при СД 2 типа.

Возможным решением проблемы стабилизации абсцизовой кислоты применения является объединение её с наноносителем, в случаи с препаратами наружного применения предпочтительными являются неорганические гели. К ним относится золь-гель алюмина, из преимуществ – имеет доказанное заживляющее действие, увеличивает скорость заживления и уменьшает площадь рубца, создает необходимый барьер между раной и окружающей средой.

Вывод. Число людей, страдающих диабетическими и преддиабетическими состояниями, с каждым годом только увеличивается, а дерматологические патологии проявляются у каждого второго больного, будь то неправильное рубцевание или же хроническая язва. Создание средства для терапии диабетических поражений кожи на основе нанокомплекса абсцизовой кислоты может помочь уменьшить очаг поражения, замедлить воспалительный процесс и снизить уровень глюкозы в пораженных тканях.

Литература:

1. Standl E. et al. The global epidemics of diabetes in the 21st century: Current situation and perspectives //European journal of preventive cardiology. – 2019. – Т. 26. – №. 2_suppl. – С. 7-14.

2. Zocchi E. et al. Abscisic acid: a novel nutraceutical for glycemic control //Frontiers in nutrition. – 2017. – Т. 4. – С. 24.

ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛИНОВОГО ЖМЫХА

Федорова Н.А.*, *Иванова М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза

e-mail: fdrvnata@gmail.com

USEFUL PROPERTIES AND PROSPECTS FOR USING RASPBERRY CAKE

Fedorova N.A.*, *Ivanova M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы растительные экстракты и природные биоактивные соединения все чаще вытесняют синтетические антиоксиданты в качестве компонентов продуктов функционального питания, фармацевтических и косметических препаратов. Это связано с рыночным спросом на растительные препараты, которые могут заменить синтетические компоненты, использование которых должно быть ограничено [1]. Сырьем для растительных препаратов могут быть как сами растения, так и, например, отходы пищевой промышленности. Сокращение пищевых отходов является одной из важных целей, которые также были поставлено Организацией Объединенных Наций для достижения более устойчивого мира к 2030 году [2].

Промышленная переработка малины на сок и джем приводит к получению продукции с высоким содержанием липофильных и гидрофильных фитохимических веществ. Жмых малины – вторичный продукт, содержащий большое количество клетчатки, витамины, большую группу различных фенолов, обладающих антиоксидантной, противоопухолевой и противомикробной активностью. Фитохимические, антиоксидантные, антимикробные и лечебные свойства, а также полезные для здоровья компоненты ягод малины хорошо известны, чем они и привлекают все большее внимание [3].

Естественная микробиота жмыха малины представлена бактериями и грибками, в том числе и микроорганизмами, которые являются продуцентами различных гидролитических ферментов [4]. Это дает возможность применения данного продукта для биокатализа.

Таким образом, возможно применение полезных свойств жмыха малины в пищевой и фармацевтической промышленностях, медицине и биотехнологии, как дешевого и безопасного продукта, что также решает проблему сокращения отходов пищевого производства.

Литература:

1. Phytochemical properties and antioxidant capacities of various colored berries / L. Chen [et al.] //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Т. 94. – №. 2. – P. 180-188.

2. Processing-and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain / N. Raak [et al.] //Waste management. – 2017. – Т. 61. – P. 461-472.

3. Brodowska, A.J. Raspberry pomace-composition, properties and application /A.J. Brodowska // European Journal of Biological Research. – 2017. – Т. 7. – №. 2. – P. 86-96.

4. Baugher, J.L. Natural microbiota of raspberries (Rubus idaeus) and strawberries (Fragaria× ananassa): microbial survey, bacterial isolation and identification, and biofilm characterization / J.L. Baugher, L.A. Jaykus // XI International Rubus and Ribes Symposium. – 2015. – P. 421-526.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ БИОРАЗЛОЖЕНИЯ ОТХОДОВ

Чумакова О.А., Самодурова К.В., Антонова В.К., Сахабеев Р.Г.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: mailto:ooolllgggaaa.ch@mail.ru

USING MICROORGANISMS FOR BIODEGRADATION OF WASTE

Chumakova O.A., Samodurova K.V., Antonova V.K., SakhabeevR.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время проблема утилизации отходов является одной из главных экологических проблем в мире. Одним из перспективных подходов к решению проблемы утилизации отходов является использование микроорганизмов для биоразложения [1]. Биоразложение отходов – это естественный процесс, который происходит в природных экосистемах, где различные виды микроорганизмов играют ключевую роль в разложении органических материалов [2]. Роль микроорганизмов в биоразложении отходов заключается в том, что они способны разлагать сложные молекулы в более простые вещества [3]. В процессе разложения отходов, микроорганизмы могут выделять различные ферменты, которые расщепляют сложные молекулы на более простые компоненты. Кроме того, микроорганизмы также могут утилизировать отходы для своего собственного роста и размножения, что способствует ускорению процесса биоразложения.

Важно отметить, что разные виды микроорганизмов могут иметь разные предпочтения по отношению к типам отходов, которые они способны разлагать. Например, некоторые бактерии могут разлагать углеводы, а другие – белки и жиры. Этот фактор может играть роль в оптимизации процесса биоразложения и повышении его эффективности. Кроме того, микроорганизмы могут существовать в различных условиях, таких как температура, pH, наличие кислорода и т.д. Поэтому, для эффективного использования микроорганизмов для биоразложения отходов, необходимо учитывать оптимальные условия для роста и размножения конкретных видов микроорганизмов [3]. Использование бактерий открывает ряд возможностей. Во-первых, дешевое и действенное очищение окружающей среды. Во-вторых, получение крайне дешёвой и доступной электрической энергии. В-третьих, возможность получать второстепенные продукты, которые можно использовать в производстве [2].

Традиционная, но не очень известная сфера применения бактерий (точнее, микроорганизмов) – очистка окружающей среды: сточных вод, мусорных свалок, переработка органических отходов. Жизнедеятельность бактерий обеспечивает биотопливо (это одно из развивающихся направлений «зеленой энергетики») – то есть любое топливо, которое получают из биомассы растительного, водорослевого материала или отходов животного происхождения. Сбраживание является одним из наиболее перспективных способов утилизации ТКО (твердые коммунальные отходы) – аэробно-анаэробная технология, которая позволяет производить не только компост, но и биогаз на основе метана. Развитие технологий компостирования и сбраживания биоразлагаемой части мусора также перспективные направления.

Литература:

1. Zengler, K. «Engineering microbial consortia for controllable outputs». The ISME Journal, vol. 10, no.9, 2016, pp. 2077-2084, doi: 10.1038/ismej.2016.18.
2. Ветошкин А.Г. Учебное пособие. Технические средства инженерной экологии. 2018 год. 424 с.
3. Chen h. Biotechnology of lignocellulose, theory and practice. Chemical Industry Press, 2014. 510 p.

РАЗДЕЛ VIII.
ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ



ОПЫТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ СОЦИОЛОГИИ В СПбГТИ(ТУ)

Васина О.В., Гонашвили А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра социологии

e-mail: a.s.gonashvili@technolog.edu.ru

OPERATIONAL EXPERIENCE OF THE DEPARTMENT OF SOCIOLOGY AT SPSIT

Vasina O.V., Gonashvili A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) является одним из старейших вузов Санкт-Петербурга. Об успешной деятельности СПбГТИ(ТУ) известно далеко за границами города и даже страны. В СПбГТИ(ТУ) функционирует большое количество кафедр и лабораторий. Одной из таких кафедр является кафедра социологии, о деятельности которой и пойдет речь в данной статье. Кафедра социологии была создана в 1994 году в связи с введением базового курса «Социология». Первым заведующим кафедрой стал А.В. Клюев, доктор философских наук, профессор. С 1998 года по 2016 год кафедру возглавлял С.П. Ежов, кандидат философских наук, доцент. В настоящий момент кафедра работает под руководством кандидата социологических наук, доцента О.В. Васиной. Работа кафедры весьма разнопланова, она обеспечивает подготовку студентов, магистрантов и аспирантов по курсам «Социология и психология», «Психология и социальные коммуникации», «Педагогика высшей школы», элективный курс «Современные технологии обучения». С сентября 2023 года кафедра социологии стала ответственной за проведение обязательной дисциплины для всех студентов первого курса «Основы российской государственности».

За годы функционирования, кафедре социологии есть чем похвалиться, а именно стоит отметить все более активную и многоплановую социально-психологическую поддержку студентов, которую обеспечивают преподаватели кафедры (психологические консультации, телефон горячей линии, открытые лекции, тренинги).

Помимо этого, кафедра социологии систематически проводит опросы студентов и преподавателей, что делает возможным получить обратную связь о качестве обучения и психологическом климате в институте в целом. Способность учитывать импульсы обратной связи является гарантией поддержания стабильности и инновационного развития, что, в конечном итоге, может выступать показателем эффективности вуза в целом. Таким образом, основной целью проведения социологических опросов, осуществляемых кафедрой, является сбор и анализ информации о некоторых аспектах качества образования в Технологическом институте для дальнейшего применения полученных данных в разработке программ адаптации обучающихся, улучшения взаимодействия педагогов и студентов, а также повышение конкурентоспособности наших выпускников на рынке труда.

У кафедры большие планы на будущее: планируется создание Социально-психологического Центра при кафедре, где помимо традиционных психологических консультаций, будут проводиться тренинги, фокус-группы и открытые семинары, как для студентов, так и для сотрудников нашего вуза.

Опыт кафедры социологии показывает, что, несмотря на ее «непрофильность», она гармонично вписана в деятельность всего института, выполняя важнейшие функции по расширению горизонтов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

О МОЛОДЕЖНОМ НАУЧНОМ ОБЪЕДИНЕНИИ СПбГТИ(ТУ)

Горкуша Г.В.*, *Володин Д.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Инжиниринговый центр
e-mail: ggorkusha@technolog.edu.ru

ABOUT THE YOUTH SCIENTIFIC ASSOCIATION SPSiT

Gorkusha G.V.*, *Volodin D.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Студенческие научные общества — это объединения талантливых, творческих и амбициозных ребят, которые только начинают свой путь в науке, или же продолжают свою исследовательскую работу и реализацию задуманных проектов.

Еще со времен Российской империи и по сей день, Технологический институт является одним из ведущих ВУЗов страны, готовящих специалистов в области химии и химической технологии. Известные международные публикации, работы ученых с мировым именем, большое количество студентов, вовлеченных в научную деятельность – все это было, есть, и будет существовать в стенах Технологического института.

Задачи Молодежного научного общества ТИ:

1. Создание и поддержание условий для развития и реализации научного потенциала студентов и аспирантов СПбГТИ(ТУ);
2. Повышение исследовательской активности студентов университета и их заинтересованности в научной деятельности;
3. Привлечение студентов и аспирантов к участию в научных мероприятиях различных уровней – конференциях, съездах, лекториумах.
4. Развитие как межфакультетского сотрудничества, так и партнерских отношений с другими институтами и академическими организациями.
5. Создание общеуниверситетской системы учета научно-исследовательской деятельности;
6. Повышение доступности информации о достижениях и перспективах развития российской науки для студентов как Технологического института, так и других ВУЗов;

Команда МНО СПбГТИ(ТУ) занимается проектами, направленными на обучение и вовлечение молодежи и студентов в важные научные и научно-популярные мероприятия, среди которых, в частности, можно выделить лекториумы и циклы лекций по ораторскому искусству. Немаловажным моментом являются налаженные партнерские отношения с научно-популярным журналом «Стройка века». МНО СПбГТИ(ТУ) сотрудничает с библиотеками Василеостровского района и регулярно проводит на их базе лекториумы, в которых участвуют студенты многих вузов Санкт-Петербурга.

Молодежное научное объединение СПбГТИ(ТУ) – это всегда совершенствующаяся команда исследователей и профессионалов, которая нацелена на работу во благо молодежи и популяризацию науки во благо развития Российской Федерации.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание FSEN-2023-0002)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Карпухин С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра философии

e-mail: karpukhin.s@yandex.ru

METHODOLOGICAL ASPECTS OF RESEARCH WORK

Karpukhin S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Методологическое обоснование научного исследования является показателем профессионализма каждого представителя научного мира, будь то «гуманитарии» или «технари».

Методология:

- в узком смысле слова – совокупность процедур, приёмов и методов науки, объединённых в единую конструктивную программу и служащих средствами для постижения того или иного объекта науч. знания;

- в широком смысле слова – совокупность методов, используемых в той или иной области деятельности для реализации определённых целей [1]. То есть, она выступает необходимым компонентом всякой деятельности, а научно-исследовательской в особенности.

В структуре методологических основ научно-исследовательской работы принято выделять четыре основных уровня. Прежде всего – это философский уровень, который содержит всеобщие принципы познания, а также категориальную выстроенность науки в целом. Далее – общенаучный уровень, где представлены теоретические концепции, применяемые к абсолютному большинству научных дисциплин. Следующий – конкретно-научный уровень включает в себя теоретические концепции, которые используются в той или иной науке. Наконец, технологический уровень, в сфере конкретной науки представленный совокупностью принципов и процедур исследования.

Именно методологический базис в значительной мере помогает исследователю:

- определиться с объектом анализа деятельности: это материальная или идеальная система, существуют или нет ограничения на объект изучения и т.д.;

- обозначить предмет исследования: определить элементы структуры системы, выявить закономерности взаимодействия элементов как внутри системы, так и вне её, выделить закономерности развития;

- поставить задачи исследования: в своей совокупности это конкретные целевые установки, которые направлены на анализ и решение научной проблемы;

- определить совокупность исследовательских средств, которые будут востребованы при решении исследовательских задач конкретного типа.

В завершении хотелось бы сослаться на слова известного русского философа А.В. Лосева: «Всё на свете либо развивается, то есть становится более крепким и молодым, либо слабеет, ветшает, стареет. Но удивительным образом наука всегда только молодеет. То, что в ней стареет, остаётся в ней навсегда как фундамент более зрелых достижений» [2]. Фундаментом в данном случае является методология.

Литература:

1. Большая российская энциклопедия / Гл. редактор Ю.Осипов. Издатель: Большая российская энциклопедия. 2004-2017.

2. Лосев А. Ф. Дерзание духа. Москва: ИПЛ, 1988. 350 с.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ХИМИИ АЛКАЛОИДОВ

***Пронина Ю.А.*[1], *Бойцов В.М.*[2], *Степаков А.В.*[1,3]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра органической химии*

[2]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук*

[3]*Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет*

e-mail: pronina.iuli05@yandex.ru

A BRIEF HISTORY OF ALKALOID CHEMISTRY

***Pronina Y.A.*[1], *Boitsov V.M.*[2], *Stepakov A.V.*[1,3]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

[2]*Saint Petersburg Academic University*

[3]*St. Petersburg State University*

Важное место в истории человечества занимают класс соединений, известный как алкалоиды. В 1819 году было введено понятие «алкалоид» Карлом Мейсснером [1]. Однако ещё в 1806 году была опубликована работа [2] Ф. Сертюрнером, в которой впервые представлено получение морфина. В ряде источников утверждают, что первым выделил морфин в чистом виде Л.Ш. Дероснe (1803) [3], но он не продолжил исследование фармакологических свойств, таким образом, потеряв первенство. До 1848 года под «алкалоидами» подразумевали все органические вещества, имеющие основной характер, после же только те основные вещества, которые были выделены из растительных организмов [2]. После выделения морфина произошел ряд открытий известных нам алкалоидов: ксантин (1817), стрихнин (1818), атропин (1819), хинин (1820), кофеин (1820), кониин (1827), никотин (1828), колхицин (1833), спартеин (1851), кокаин (1860). К 2009 году было открыто уже более 15 тыс. алкалоидов [1]. Целый ряд алкалоидов нашел применение в качестве различных лекарственных препаратов. Вышеупомянутый морфин применяли как обезболивающие, он также использовался аристократками «для снятия напряжения». В последствии от морфина пришлось отказаться вследствие возникновения серьёзной зависимости, которую лечили другим алкалоидом — кокаином, зависимость от которого, в свою очередь, лечили героином [3]. Хинин, открытый П. Пеллетье и Ж. Каванту, можно встретить на прилавках аптек под названием «Аналигин-хинин», «Хинин». Хинин обладает жаропонижающим, а также противомалерийным действием. Различные производные хинина также часто используются в качестве различных лекарственных препаратов. Химики-органики используют хинин и его производные в качестве органокатализаторов [4]. Триптантрин (1971), выделенный путём сублимации из индиго и позднее из дрожжевых грибов *Candida lipolytica*, имеет антибактериальную, противогрибковую, антипротозойную, противопаразитарную, цитотоксическую и противоопухолевую активность [5]. Сейчас часто можно встретить работы, посвящённые различным аспектам химии триптантрина [6,7]. Таким образом, алкалоиды являются чрезвычайно интересными и перспективными соединениями, которые привлекают внимание специалистов в разных областях науки.

Литература:

1. Абдрахимова Й.Р. Вторичные метаболиты растений. - Каз. гос. ун-т, 2009.
2. Орехов А. П. Химия алкалоидов. – АН СССР, 1955.
3. Д.А. Сычёв, К.В. Герасимова, Качественная клин. практика. 2014, 2, 79-80.
4. Yang S.-M. at al., Chem. Commun. 2019, 55, 1398.
5. Y. Jahng, Arch. Pharm. Res. 2013, 36, 517-535.
6. A.V. Stepakov, V. M. Boitsov, at al. Synthesis 2019, 51(03), 713-729
7. V.M. Boitsov, A.V. Stepakov at al. Int. J. Mol. Sci. 2021, 22(21), 11997.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЛОСОФИИ НА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКУЛЬТЕТАХ

Селиверстова Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра философии

e-mail: nina-seliverst@yandex.ru

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF TEACHING PHILOSOPHY AT CHEMICAL-TECHNOLOGY FACULTIES

Seliverstova N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Философия не случайно является обязательной дисциплиной, изучаемой во всех учебных заведениях высшего образования. Именно курс философии раскрывает студенту проблемное поле различных мировоззренческих концепций, каждая из которых формирует мировоззрение и претендует на усвоение её элементов в качестве смысложизненной установки молодого человека.

Однако преподавание философии студентам химико-технологических специальностей сталкивается с целым рядом проблем. Специфика философии как учебной дисциплины в том, что она оперирует абстракциями предельно высокого уровня, поэтому самостоятельно осмыслить информацию, изложенную этими понятиями, студент практически не способен. Понимание любого философского текста, (даже учебного, а тем более – научного), предполагает хорошее знание терминологии, с которой, в отличие, к примеру, от химических терминов, студент сталкивается впервые, поскольку в системе среднего образования она практически не использовалась.

Нынешний стандарт высшего образования (ФГОС-3++) предполагает значительное увеличение самостоятельности в учебной работе студентов. Однако не все студенты химико-технологического профиля способны к работе с дополнительной литературой и чтению первоисточников по философии. А краткость лекционного курса (всего 18 час.) не позволяет преподавателю философии дать студентам необходимую информацию для глубокого понимания сложных философских концепций, предусмотренных программой.

Разумеется, использование современных информационных технологий значительно облегчает педагогический процесс. В курсе философии, к примеру, использование на лекции слайдов, позволяет адекватно презентовать студентам сложные для восприятия на слух ранее абсолютно незнакомые философские термины, имена мыслителей разных эпох, ключевые понятия учебной темы и пр.

Современные информационные системы, которыми нынешние студенты химико-технологического вуза хорошо владеют, обеспечивают им свободный доступ к философским ресурсам мирового информационного поля и позволяют легко приобщиться к философской проблематике практически в неограниченном объеме. Но, как свидетельствует практика, количество почерпнутой студентом из Интернета философской информации не приводит автоматически к качественному скачку в аспекте изучения и понимания философии. Мировое информационное пространство изобилует не только некорректной информацией, но и дезинформацией, в том числе, и по философии. При этом у студента сохраняется исключительное право выбирать из многочисленных философских идей концептуальные объекты для самоидентификации, находить «свои» ценности и строить на их основе автономные жизненные планы. Но адекватно овладеть этим умением студент сможет не погружением в «информационное море» философских идей, где легко «захлебнуться и утонуть», а только в процессе учебных занятий по философии, активно работая на лекциях, участвуя в дискуссиях на семинарах, в ходе общения с преподавателем.

СИСТЕМОМЫСЛЕДЕЯТЕЛЬНОСТНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ И ВЕК ТЕХОЛОГИЙ

Чумаков С.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий

e-mail: srg_chumakov@mail.ru

SYSTEMIC THINKING METHODOLOGY AND THE AGE OF TECHNOLOGY

Chumakov S.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Скоро будет два века, как по указу Николая Первого, был создан Технологический институт, который за прошедшее время выпустил большую плеяду инженеров - технологов, служивших сначала России, а после Великой Октябрьской революции стоявшей у истоков создания Советской промышленности.

В настоящий момент у нашей Родины, как и у цивилизации, сложилась экзистенциальная ситуация, которую можно характеризовать словами Шекспира «Быть или не быть».

В двадцатом веке родилось много замечательных людей, которые в годы второй мировой войны и после думали и мечтали о светлом будущем. Среди таких людей можно выделить выдающегося философа, окончившего МГУ имени Ломоносова, Георгия Петровича Щедровицкого. В середине 20-го века он вместе с Зиновьевым, Мамардашвили и Грушиным организовал Московский Методологический Кружок (ММК), а позднее построил СМД - методологию, которая стала основой для практики организационно-деятельностных игр (ОДИ). На многих ОДИ обсуждались глобальные проблемы педагогики, управления, экологии, региональная проблематика и проблемы развития промышленности. Георгий Петрович двадцатый век называл «Эпохой махэнде» - эпохой деятельности. 21-й век можно назвать годом мыследеятельностных технологий. В отличие от деятелей 20-го века, он призывал сначала подумать, а потом делать. Людей, которые сначала делают, а потом думают, он призывал привлекать к уголовной ответственности. В связи с этим на память приходят слова великого Фирдоуси/ «Раскаится в своих деяниях тот, кто не подумав, действовать начнет».

В 19-м, да и в первой половине 20-го века Технологический институт был мировым лидером в подготовке инженеров технологов. К нам приезжали учиться специалисты из Японии, США, западной Европы. Современным студентам, особенно тем, кто пропускает занятия, приходится говорить, что студентам технологам приходилось каждый день заниматься по 8 часов теорией, а затем была лабораторно-производственная практика. Наиболее работоспособные студенты могли выдерживать еще 8 часов. Из таких студентов и выходили Иоффе, Зворыкины, Лебедевы, Бызовы и многие др. Они и закладывали промышленный и научный фундамент СССР. После 2-й мировой войны на роль мирового лидера стал выходить Массачусетский Технологический институт. Сейчас в нем учится почти 12000 студентов: из них более 7000 магистрантов и аспирантов. Ежегодный бюджет только НИОКР составляет миллиард $ США, Начало выдвижения на роль лидера совпало с работой создателя кибернетики, Нобелевского лауреата, Норберта Винера. Сейчас лаборатория искусственного интеллекта МТИ является лидером этого направления.

Использование разработок, полученных в рамках СМД - методологии может помочь вернуть ведущую роль СПбГТИ(ТУ) в научной и преподавательской деятельности.

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕДУР НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВУЗОВ

Шляго Ю.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Экзаменационный Центр

e-mail: shlyago@technolog.edu.ru

ACTUAL TASKS OF INTRODUCING PROCEDURES FOR INDEPENDENT ASSESSMENT OF QUALIFICATIONS IN THE EDUCATIONAL ACTIVITIES OF UNIVERSITIES

Shlyago Yu.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проведенный анализ результатов выполнения пилотного Проекта Минобрнауки РФ и АНО «Национальное агентство развития квалификаций» по проведению на федеральном уровне внешней оценки качества подготовки обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования, выполняющийся в соответствии с поручением Президента РФ – Проект ГИА (ПА) – НОК [1], в котором участвовал СПбГТИ(ТУ) [2], позволил сформулировать актуальные задачи, оперативное решение которых позволит стимулировать активное внедрение процедур независимой оценки квалификаций (НОК) в образовательную деятельность вузов, в том числе:

приступить к поэтапной практической реализации результатов Проекта, начиная с вузов-участников, обеспечив нормативно-правовое оформление этого нового для них направления деятельности;

предусмотреть и директивно оформить поэтапное расширение номенклатуры направлений подготовки вузов, обучающиеся по которым студенты в обязательном порядке должны сдавать профессиональные экзамены с целью подтверждения соответствия приобретенных ими компетенций профессиональным квалификациям, включенным в образовательные программы;

предусмотреть выделение вузам, приступившим в директивном порядке к практической реализации результатов Проекта, целевого финансирования на мероприятия по привлечению студентов к процедурам НОК и их проведению;

рекомендовать вузам провести работу по организации Экзаменационных Центров (ЭЦ), концепция и модель которых разработаны в 2021 году на примере опыта работы СПбГТИ(ТУ) в рамках профильного Проекта [3];

предусмотреть моральное и материальное поощрение вузов, имеющих в своей структуре ЭЦ и внедряющих НОК в образовательный процесс, рассмотреть возможность учета этого направления работы в показателях деятельности вузов;

рекомендовать вузам организовать системную работу по повышению квалификации преподавателей и разработчиков образовательных программ по профильным программам, основанным на организационно-методических подходах к конструированию образовательных программ, аттестационные процедуры которых сопряжены с НОК.

Литература:

1. Перечень поручений Президента РФ Пр-589 от 28.03.2020, п. 1 е.
2. Шляго, Ю.И. Оптимальная модель сопряжения аттестационных процедур вузов с независимой оценкой квалификаций. Сб. тезисов XIII научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и мол. ученых «Неделя науки – 2023» с междунар. участием, СПб: изд. СПбГТИ(ТУ), 2023. - с. 462.
3. Ионов, С.А., Крюкова, О.А., Козлова, С.П., Шляго, Ю.И., Фищев, В.Н. Научно-методические основы организации на базе вузов Экзаменационных Центров по проведению независимой оценки квалификаций. Материалы XII научной конференции «Традиции и инновации», СПб: изд. СПбГТИ(ТУ), 2021. – с. 289.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОПРЯЖЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ СТАНДАРТАМИ

Шляго Ю.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Экзаменационный Центр

e-mail: shlyago@technolog.edu.ru

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE CONJUGATION OF EDUCATIONAL PROGRAMS OF UNIVERSITIES WITH PROFESSIONAL STANDARDS

Shlyago Yu.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В рамках Проекта ГИА (ПА) – НОК [1] разработаны и прошли апробацию механизмы интеграции инструментов независимой оценки квалификаций с аттестационными процедурами вузов, рекомендованные к внедрению [2]. В связи с этим при разработке образовательных программ (ОП) необходимо использование актуальных методических подходов к их сопряжению с профессиональными стандартами (ПС). Такие подходы разработаны СПбГТИ(ТУ) в рамках Проекта «Модель ОП - 2 квалификации» и апробированы при проведении самообследования пяти ОП, включая:

1. Выявление несоответствий между направленностью ОП и содержанием включенных в нее ПС: определено, каким профессиональным квалификациям (ПК) соответствуют обобщенные трудовые функции (ОТФ), включенные в ОП из ПС; проведена оценка соответствия наименований этих ПК направленности ОП.

2. Оценку соответствия ПС, включенных в ОП, ее содержанию и результатам ее освоения: изучены компетенции, которые должны быть сформированы у обучающихся в процессе освоения ОП; на основании анализа рабочих программ дисциплин (модулей), практик и НИР определены те из них, изучение которых позволяют студентам освоить компетенции ОП; изучены ОТФ, трудовые функции (ТФ), умения и знания, входящие в состав ПС, включенных в ОП; руководствуясь полученной информацией, проведено сопоставление содержания и результатов освоения ОП с требованиями ПС.

3. Определение целесообразности включения в ОП дополнительных ПС или отдельных их элементов, в том числе: проверка обоснованности включения в ОП ОТФ не в полном объеме: по ОТФ, интегрированным в ОП, проведен сопоставительный анализ не включенных в нее ТФ с дисциплинами (модулями), практиками и НИР и выявлены ТФ, соответствующие компетенциям, формируемым в итоге освоения ОП; выявление не включенных в ОП, но профильных ей ПС, отвечающих такому важному критерию как запросы рынка труда [3]: проведен сопоставительный анализ направленности ОП и группы таких ПС и определены соответствующие им ПК.

Литература:

1. Шляго, Ю.И. Оптимальная модель сопряжения аттестационных процедур вузов с независимой оценкой квалификаций. Сб. тезисов XIII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неделя науки – 2023» с междунар. участием, СПб: изд. СПбГТИ(ТУ), 2023. - с. 462.

2. Резолюция VIII Всероссийского форума «Национальная система квалификаций России», Санкт-Петербург, 28-30.11.2022.

3. Выступление Президента РФ на расширенном заседании Президиума Государственного Совета по вопросу «О развитии рынка труда в Российской Федерации», г. Великий Новгород, 21.09.2023.

РАЗДЕЛ IX.
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ (ПРОГРАММА «УМНИК»)



КОНТАКТНЫЕ УСТРОЙСТВА С ИНТЕНСИВНО ЗАКРУЧЕННЫМИ ЖИДКОСТНЫМИ ПОТОКАМИ ДЛЯ АБСОРБЦИИ ГАЗОВ

Артамонов А.А.*, *Абиев Р.Ш.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: giperbol123@gmail.com

CONTACTORS WITH INTENSIVELY SWIRLED LIQUID FLOWS FOR GAS ABSORPTION

Artamonov A.A., Abiev R.Sh.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Необходимость формирования и разделения систем газ-жидкость и жидкость-жидкость широко востребована в химической и смежных отраслях промышленности, в том числе для процессов абсорбции и экстракции [1].

Наиболее хорошо изученными являются следующие типы реакторов: барботажные, газлифтные, пленочные и аппараты с механическим диспергированием газа [2], а также пульсационные аппараты проточного типа.

В связи с потребностью в интенсификации процессов интерес исследователей и инженеров привлекают вихревые контактные устройства (далее - ВКУ) с интенсивно закрученными потоками (далее – ИЗП) жидкости и возможность их применения на практике для создания стабильных гетерофазных систем, а для их последующего разделения – гидроциклоны прямоточный осевой или тангенциальный.

Внимание к данной теме объяснимо целом рядом практически значимых свойств, которые присущи ИЗП, в том числе: значительная скорость деформаций в закрученном потоке, высокая центробежная сила, способность стабилизировать и поддерживать постоянной дисперсность гетерофазной системы, а также возможность интенсифицировать массо- и теплоперенос без использования каких-либо движущихся частей [3].

Однако, несмотря на положительные характеристики, у ВКУ есть ряд существенных недостатков. Основными из них является: сложность масштабирования процессов с ИЗП ввиду отсутствия достаточного количества экспериментальных данных и математической модели, а также более высокие гидравлические потери по сравнению с другими аппаратурными решениями [3].

Таким образом, разработка методики расчета и оптимизация процессов в ВКУ с ИЗП и внедрение их в практику являются актуальными задачами химической технологии.

Литература:

1. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование. – М:. Наука, 1994. – 350 с.

2. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. Л:. «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. – 216 с.

3. Kuzmin A.O. Confined multiphase swirled flows in chemical engineering // Reviews in Chemical Engineering. – 2021. – Т. 37. – №. 1. – С. 31-68.

АРХИТЕКТУРА МОБИЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ФАЛЬСИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ СВЕЧЕНИЯ ЛЮМИНОФОРОВ

Власов Р.Э.*, *Захаренко К.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ryslanvlasov@mail.ru, fdsatrewq3@gmail.com

ARCHITECTURE OF A MOBILE SOFTWARE PACKAGE FOR PROTECTING POLYMERIC PRODUCTS FROM FALSIFICATION BASED ON THE ESTIMATE OF THE DECAY TIME OF THE LUMINOFOR GLOW

Vlasov R.E.*, *Zakharenko K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время участились случаи подделок полимерных изделий в связи с усовершенствованием и удешевлением лазерной и копировальной техники, позволяющей с высокой точностью скопировать защитные элементы. Перспективным является применение люминофоров для кодирования и идентификации оригинальных изделий с использованием для этого различных математических методов [1]. Технология производства упаковочных полимерных плёнок позволяет легко внедрять в них люминофоры, кроме этого, сам светящийся пигмент является дешёвым в сравнении с другими средствами защиты. При этом для кодирования и идентификации с использованием люминофоров не требуются специальные аппаратные решения, возможно использование обычного смартфона. Поэтому актуально создание мобильного программного комплекса для защиты полимерных изделий от фальсификации с применением методов, использующих люминофоры, в частности, метода, использующего оценку времени затухания свечения люминофоров.

Программный комплекс решает задачи кодирования, и идентификации полимерных изделий на основе оценки времени затухания свечения люминофоров до заданных уровней. Комплекс построен на основе трёхуровневой клиент-серверной архитектуры. Клиентская подсистема содержит интерфейсы потребителя продукции и администратора. Потребителю продукции доступен модуль проверки подлинности изделия, а интерфейс администратора содержит модули просмотра, добавления и редактирования характеристик люминофоров, устройств и изделий, а также модуль авторизации. Серверная подсистема содержит модули работы с данными о люминофорах, изделиях и устройствах, модуль авторизации, модуль обработки кадров и модуль расчёта времени затухания свечения люминофоров для формирования электронной цифровой подписи (ЭЦП) полимерных изделий. Третьим звеном системы является база данных полимерных изделий, устройств, люминофоров и эталонных ЭЦП. Благодаря этому возможна поддержка различных платформ в клиентской подсистеме, а также улучшение серверной подсистемы без модификации клиентской подсистемы. Такая архитектура позволяет гибко настраивать программный комплекс на различные люминофоры, типы изделий и мобильных устройств. Использование для функционирования клиентской подсистемы смартфона даёт возможность пользователям применять программный комплекс мобильно.

Тестирование мобильного программного комплекса проводилось на наборе жёстких ПВХ плёнок, окрашенных люминофорами, излучающими видимое свечение зелёных оттенков, предоставленных заводом «Клёкнер Пентапласт Рус» (Санкт-Петербург), и подтвердило работоспособность разработанного программного решения.

Литература:

1 Chistyakova T.B., Makaruk R.V., Sadykov I.A., Kohlert C. // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2021. Vol. 220. Pp. 119-130.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СРЕЗОВ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАТА

Ермаков Д.И.*, *Большаков А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ermakov1709@mail.ru, aabolshakov57@gmail.com

FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX FOR PROCESSING IMAGES OF SECTIONS OF MEAT PRODUCTS IN THE PROBLEM OF DETECTION OF FAKE

Ermakov D.I.*, *Bolshakov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процесс идентификации фальсификатов мясной продукции имеет большое значение в пищевой промышленности. В настоящее время обнаружение фальсификата в мясной продукции осуществляется вручную. Эта процедура является трудоемкой из-за необходимости обработки изображений и определения фальсификатов. В связи с этим существует потребность в разработке программного комплекса, который автоматизирует этот процесс [1]. Интеллектуальная система на основе анализа уровня яркости, наличия шума, размытия, бликов, искажений загруженного изображения выбирает наиболее подходящий алгоритм обработки изображения для дальнейшего поиска фальсификатов на нём. В системе реализована библиотека вспомогательных алгоритмов для анализа изображения и алгоритмов обработки изображения среза мясной продукции [2].

Таблица – Алгоритмы обработки изображений

Алгоритм	Скорость	Точность	Низкий уровень яркости	Шум	Размытие	Блики	Искажение
ORB	Очень высокая	Средняя	Средне	Средне	Средне	Низко	Высоко
AKAZE	Средняя	Высокая	Высоко	Высоко	Средне	Нет	Нет
BRISK	Очень высокая	Средняя	Средне	Высоко	Средне	Нет	Нет
MSER	Средняя	Средняя	Высоко	Средне	Средне	Нет	Высоко
RANSAC	Высокая	Высокая	Высоко	Высоко	Средне	Нет	Высоко
SURF	Средняя	Средняя	Средне	Высоко	Средне	Низко	Высоко
SIFT	Низкая	Высокая	Средне	Высоко	Средне	Низко	Высоко

В вышеприведенной таблице описаны характеристики различных вариантов обрабатываемых изображений срезов мясной продукции и соответствующих алгоритмов обработки обнаружения фальсификата, которые содержатся в библиотеке разработанной интеллектуальной системы.

Литература:

1. Хвыля, С.И. Стандартизованные гистологические методы оценки качества мяса и мясных продуктов / С.И. Хвыля, В.А. Пчелкина, С.С. Бурлакова // Все о мясе. – 2011. – №6. – С. 32-35.

2. Рафаэл, Г. Цифровая обработка изображений / Г. Рафаэл, В. Ричард. – Москва : Изд-во Техносфера, 2012. – 1104 с. – ISBN 978-5-94836-331-8.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕНАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА

Левинский И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ilevinskii429m@mso365.technolog.edu.ru

DEVELOPMENT OF A COMPUTER SYSTEM FOR RECONFIGURING THE CONTROL SYSTEM OF THE STEEL MELTING CONVERTER PROCESS

Levinskiy I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Один из эффективных и популярных методов получения высококачественной стали широкого сортамента – это конвертерный процесс. Он имеет ряд преимуществ, таких как большая производительность кислородных конвертеров, относительная простота их устройства, высокий уровень автоматизации и гибкость технологии. Однако управление конвертерным процессом представляет собой сложную задачу, обусловленную нехваткой актуальной информации о параметрах процесса (например, наличии неточной информации о химическом составе лома), влияния случайных факторов (загрязнение лома ржавчиной и примесями) и жестких требований по снижению выбросов углекислого газа и количества образуемого шлака. Поэтому для производителей важно контролировать возмущения, которые вносятся в конвертерный процесс ломом (который каждый раз имеет разный состав), используемым для плавки, чтобы корректировать подачу дутья и флюсов для получения стали нужного качества [1]. Таким образом, актуальной задачей является разработка компьютерной системы для перенастройки системы управления сталеплавильного конвертерного процесса.

Архитектура компьютерной системы представлена в виде трехуровневой структуры программного обеспечения. Целевой операционной системой является Windows 10. Реализация информационного обеспечения выполнена средствами системы управления базами данных MySQL (включает базу данных учетных записей пользователей, базу данных технологических регламентов и оборудования). Базы данных располагаются на сервере, подключение к которому настраивается при запуске программы. Интерфейсы для взаимодействия пользователей с компьютерной системой разработаны на языке Python с использованием библиотеки PyQT5 и средства графического редактирования интерфейсов QtDesigner.

Разработанная компьютерная система обеспечивает высокое быстродействие и точность за счет использования методов компьютерного моделирования, современных технологий и языков программирования. Данная особенность позволяет использовать компьютерную систему для решения задачи перенастройки системы управления конвертерами при различном рабочем пространстве, параметрах сырья и выпускаемой стали. Тестирование компьютерной системы, проведенное по данным ЧерМК (ПАО «Северсталь»), подтвердило её работоспособность и возможность использования на металлургических предприятиях.

Литература:

1. T.B. Chistyakova, I.V. Novozhilova and V.V. Kozlov, «Computer System for Resource- and Energy-Saving Control of Steel-Smelting Converter Process, Taking into Account Environmental Safety Requirements», 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), 2020, pp. 506-512, doi: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280752.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОЛОВУШЕК

Терешина В.С.*, *Сахабеев Р.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: valeria.tereshina@gmail.com

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL SYSTEM FOR DETECTION OF BIOLOGICAL OBJECTS BASED ON POLYMER MICROTRAPS

Tereshina V.S.*, *Sakhabeev R.G.

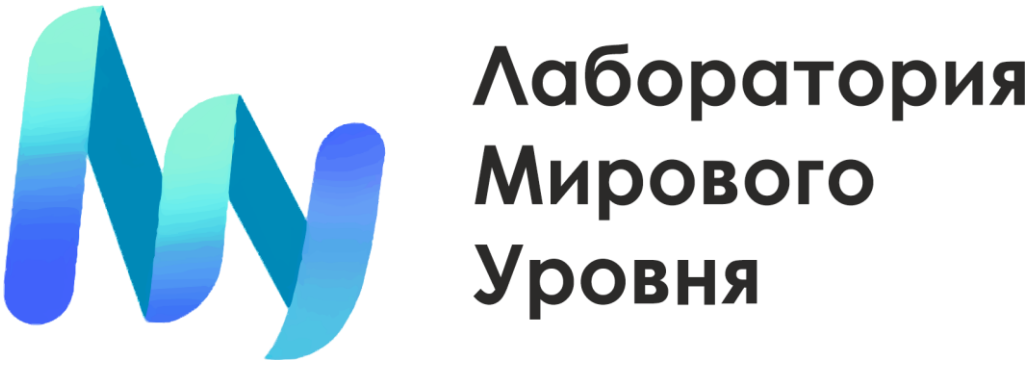
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современное время широкое распространение обрели различные системы доставки лекарственных веществ на основе микро- и наночастиц. Использование нанотехнологий в медицинской практике сводится к трем основным направлениям: диагностика социально значимых заболеваний; направленная доставка молекул лекарственных веществ (включая белки и генетический материал) в поврежденные ткани; создание новых наноматериалов медицинского назначения с заданными свойствами. К используемым в биомедицине частицам можно отнести фуллерены, углеродные нанотрубки, липосомы, магнитные частицы, полностью биоразлагаемые частицы на основе полимолочной кислоты и т. д. Выбор типа частиц в первую очередь обусловлен целью использования. Так, магнитные частицы часто применяются для обнаружения опухолей: частица поглощается клетками иммунной системы (макрофагами), которые в свою очередь скапливаются в месте, где есть опухоль, с последующим обнаружением при помощи магнитно-резонансного томографа. **Целью данной работы** являлось создание конъюгатов микрочастиц на основе полимолочной кислоты и фрагмента клеточного рецептора, который способствует проникновению определённого вируса в клетку (на примере вируса гепатита С). При помощи таких «микроловушек» можно, во-первых, избирательно сорбировать различные вирусы из кровотока (актуально на этапе виремии), а, во-вторых, увеличивать концентрацию вирусных частиц в пробе для повышения эффективности ПЦР. В **материалы и методы** входило: получение полимерных частиц диаметром 1400 нм на основе полимолочной кислоты методом одинарной эмульсии; синтез, выделение и очистка рекомбинантного фрагмента рецептора CD81 человека; ковалентное связывание белка с частицами; оценка количества связавшегося белка методом спектрофотомерии. **Результаты.** Полученные в работы частицы на основе ПМК имели распределение по размерам 1400±210 нм [1]. Для более эффективного связывания с частицами к последовательности фрагмента рецептора CD81 человека была добавлена последовательность стрептавидина (SAA), который играет роль «мостика» между полимерными частицами и CD81. Оптимизирована методика выделения рекомбинантного слитого фрагмента рецептора CD81 человека с SAA из телец включения с последующим ступенчатым диализом. Далее предполагается провести ПЦР-диагностику вируса гепатита С в стандартных условиях и с применением созданных нами «микроловушек» для вирусов. Также стоит отметить, что предлагаемый подход диагностики заболеваний предполагается расширить как на другие вирусные инфекции (цитомегаловирус, вирус иммунодефицита человека, SARS-CoV-2 и т. д.), так и на различные заболевания, к которым данный подход может быть применим.

Литература:

1. Сахабеев Р.Г. и др. Иммунный ответ на введение фибриллогенного белка β2-микроглобулина, конъюгированного с различными типами полимерных частиц. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2023, 109(3), 375–385.

РАЗДЕЛ X.
ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ»



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДА И МИКРОСТРУКТУРЫ КОКСА ОТ УСЛОВИЙ КОКСОВАНИЯ И СВОЙСТВ СЫРЬЯ

Лаврова А.С.[1], Абрамян Л.К.[2]

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств, [2]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: labramyan404@mso365.technolog.edu.ru

SOFTWARE COMPLEX FOR RESEARCHING THE DEPENDENCE OF THE YIELD AND MICROSTRUCTURE OF COKE ON COKING CONDITIONS AND PROPERTIES OF CHARGE

Lavrova A.S., Abramyan L.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Увеличение глубины переработки нефти является приоритетной задачей нефтепереработки. Одним из углубляющих процессов является замедленное коксование за счёт вовлечения тяжёлых нефтяных остатков. Наряду с дистиллятными фракциями и газом, установки замедленного коксования позволяют получать нефтяной кокс, в том числе игольчатой микроструктуры, имеющий важное промышленное значение, используемый в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей и электродов большой мощности, применяемых в сталелитейной промышленности. Влияние на выход и качество нефтяного кокса оказывают состав и свойства, поступающего на переработку сырья, а также режимные параметры процесса замедленного коксования [1]. Таким образом, разработка программного комплекса, позволяющего на базе эмпирических математических моделей проводить исследование зависимости выхода и микроструктуры нефтяного кокса от условий коксования и свойств сырья, является актуальной и практически значимой задачей.

Функциональная структура программного комплекса включает базу данных сырья и его физико-химических свойств, фракционного состава, условий коксования, базу данных учетных записей пользователей, библиотеку эмпирических математических моделей для исследования зависимости выхода и микроструктуры кокса от условий коксования и свойств сырья, модуль синтеза математических моделей, модуль компьютерного моделирования, модуль визуализации результатов моделирования в виде таблиц и графиков, модуль формирования протоколов исследования, интерфейсы исследователя и администратора. Ядром программного комплекса является модуль синтеза математических моделей, выполняющий обработку экспериментальных данных, проверку нормальности распределения данных, синтез эмпирических моделей, а также количественную оценку адекватности.

Программная реализация комплекса выполнена на языке Python с использованием библиотек Scikit-Learn/Matplotlib/Scipy. Тестирование программного комплекса проведено на базе Лаборатории мирового уровня СПбГТИ(ТУ) по данным кафедры технологии нефтехимических и углехимических производств.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029) и при стипендиальной поддержке Почетного профессора СПбГТИ(ТУ) А.Н. Чистякова.

Литература:

1. Айюб, З.А. Влияние свойств компонентов сырья на выход и качество продуктов процесса замедленного коксования нефтяных остатков (обзор) / З.А. Айюб, А.А. Ермак, А.И. Юсевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2020. – № 11. – С. 115-122.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ДЕЗАКТИВАЦИИ Cu-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ CO

Александрова Ю.В.*, *Мещанов Л.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: aleksandrova_jv@technolog.edu.ru

ANALYSIS OF THE DEGREE OF DECONTAMINATION Cu-CONTAINING CATALYSTS CONVERSION CO BY WATER VAPOUR

Aleksandrova J.V.*, *Meshchanov L.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Паровая конверсия CO является распространенным процессом химической технологии и может выступать как самостоятельной, так и сопутствующей стадией переработки (очистки) технологического газа от CO с одновременным получением H_2. В промышленности чаще всего процесс реализуется в 2 стадии: на Fe- (высокотемпературная) и Cu-содержащих (низкотемпературная) катализаторах, однако иногда его ведут в одну стадию на Fe- или смешанных Fe-Cu-катализаторах. По мере эксплуатации под воздействием реакционной среды, перегревов (возникают в процессе восстановления, запуска и штатного режима работы реактора) может происходить рекристаллизация соединений меди, что снижает каталитическую активность, а также сказывается на сроке службы, не превышающим для низкотемпературных катализаторов 2-3 года. Другими причинами дезактивации служит отравление каталитическими ядами и продуктами конденсации. Связывание серы и хлора активной частью происходит послойно по ходу газа, при этом для предотвращения отравления в состав вводят соединения цинка. Содержание порядка 0.1 вес. % яда может оказаться достаточным для значительной дезактивации поверхности катализатора.

В работе проведена оценка характера дезактивации промышленного отработанного катализатора состава $4CuO*3ZnO*Cr_2O_3$. Образец подвергался термообработке **(ТО)** в токе воздуха при T = 300 и 600 °C, на дифрактометре Shimadzu «XRD-6100» проводили рентгенофазовый анализ (РФА) и по характерным значениям межплоскостных расстояний d/n и Iотн произведена идентификация веществ.

По данным РФА в исходном образце обнаружены выраженные рефлексы фаз $Zn(ClO_4)_2$ (d/n 7.308, 2.838, 2.412), шуленбергита ($(Cu,Zn)_7(SO_4)_2(OH)_{10}\cdot 3H_2O$) (d/n 7.186, 4.124, 3.581), подтверждающих дезактивацию катализатора соединениями хлора и серы. **ТО** при T = 300 °C ведет к практически полному исчезновению рефлексов $Zn(ClO_4)_2$, что связано с разложением данного соединения при T=262-350 °C, также наблюдается значительное снижение I рефлексов, отвечающих за шуленбергит. **ТО** при T=600 °C ведет к полному удалению серо- и хлор-соединений, и формированию выраженных пиков отвечающих за соединения чистых фаз ZnO (d/n 2.861, 2.602, 2.476) и CuO (d/n 2.524, 2.311, 2.531). Однако, образец имеет сниженные показатели механической прочности (менее 3 МПа) по сравнению с характеристиками типового промышленного образца [1]. Таким образом, данный тип отравления можно отнести к обратимому, при **ТО** удается удалить яды с поверхности катализатора, однако прочностные характеристики не позволяют использовать катализатор повторно.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (№21-79-30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных отходов».

Литература:

1. Каталог АЗКиОС катализаторов, адсорбентов, осушителей, цеолитов – Ангарск, 2011. – 65 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ГИДРОФТОРАЛКАНОВ МЕТОДОМ ГАЗОФАЗНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ГИДРОФТОРИРОВАНИЯ

***Бездудная О.Е.*[1], *Докторов Д.В.*[3], *Озерова О.Ю.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]*кафедра систем автоматизированного проектирования и управления,*
[2]*Лаборатория мирового уровня,*
[3]*АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)»*
e-mail: obezdudnaya403@mso365.technolog.edu.ru

MATHEMATICAL SUPPORT OF A SOFTWARE COMPLEX FOR STUDYING THE SYNTHESIS OF HYDROFLUORALKANES BY THE GAS-PHASE CATALYTIC HYDROFLUORIDATION METHOD

***Bezdudnaya O.E.*[1], *Doctorov D.V.*[3], *Ozerova O.Yu.*[2]**

[1,2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[3]*JSC RRC Applied Chemistry (GIPH)*

Наиболее универсальным и экономически выгодным методом получения фторсодержащих алифатических соединений, прежде всего высокофторированных, является газофазное каталитическое гидрофторирование. Однако, данный метод отличается сложностью механизмов химических реакций, протекающих через ряд стадий с образованием различных промежуточных комплексов и веществ. Поэтому актуальной является задача разработки программного комплекса, позволяющего на основе математических моделей выполнять вычислительные эксперименты по анализу влияния температуры процесса и времени контакта на выходные концентрации продуктов химического процесса синтеза гидрофторалканов (1,1,1,2-тетрафторэтана – хладона 134а, 1,1,1,2,3,3,3-гептафторпропана – хладона 227еа) при различных составах реакционной смеси. Для выполнения вычислительных экспериментов составлены последовательности элементарных реакций многостадийных каталитических процессов гидрофторирования, в которых кроме исходных веществ и конечных продуктов также принимают участие и промежуточные продукты химических превращений. Математическое обеспечение программного комплекса включает библиотеку математических моделей кинетики химических реакций, протекающих при синтезе гидрофторалканов в реакторах периодического действия, описывающих изменение концентраций исходных веществ и конечных продуктов, а также библиотеку кинетических параметров процессов синтеза гидрофторалканов. В качестве методов численного интегрирования систем уравнений использованы метод Гира (для решения жестких уравнений) и метод Адамса. По результатам вычислительных экспериментов программный комплекс позволяет исследовать влияние условий реакций: температуры, времени контакта, давления на скорость и селективность реакций. С учетом многостадийности процессов результаты моделирования позволяют оценить содержание активного компонента и удельной поверхности для улучшения свойств катализаторов газофазного синтеза хладонов. Тестирование работы программного комплекса на примере синтеза 1,1,1,2-тетрафторэтана (хладона 134а) из трихлорэтилена при различных составах реакционной смеси (мольных соотношениях реагентов $HF:C_2H_2ClF_3$ = (4÷20):1, $HF:C_2HCl_3$ = (3,4÷13,6):1) подтвердило его работоспособность и возможность использования для исследования процессов синтеза озонобезопасных хладонов широкой номенклатуры.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Синтез озонобезопасных хладонов и пути усовершенствования отечественных промышленных катализаторов для их производства / И.Г. Трукшин, В.Г. Барабанов, В.Н. Новгородов [и др.] // Катализ в промышленности. – 2010. – № 4. – С. 26-33.

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПОИСКОМ НАИЛУЧШЕГО ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Воронин Н.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: N_voronin89@mail.ru

ARCHITECTURE OF A SOFTWARE PACKAGE FOR AUTOMATION OF PROJECT MANAGEMENT WITH THE SEARCH FOR THE BEST WAY TO IMPLEMENT THE PROJECT

Voronin N.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Управление проектами ведется с использованием современных автоматизированных информационных систем, которые позволяют составлять диаграмму Ганта, разрабатывать бюджет, управлять ресурсами, осуществлять коммуникацию с членами команды [1]. Однако ни одним из существующих программных комплексов не предусмотрено автоматизированное построение графика реализации проекта по разработке проектно-сметной документации технологических установок нефтеперерабатывающих заводов, исходя из имеющихся входных данных, таких как: цели реализации проекта, стадия проекта, этапы строительства, полнота и наличие исходно-разрешительной документации, наличие базовых проектов, наличие данных по оборудованию, наличие ресурсов, тип организационной структуры управления проектом (функциональная или матричная). В настоящее время поиск наилучшего пути реализации проекта выполняется соответствующими специалистами компаний – менеджерами проектов, главными инженерами проектов, специалистами по планированию. В связи с этим большую роль играет человеческий фактор. Что, в свою очередь, может приводить к срывам сроков разработки проектно-сметной документации, ошибкам при строительстве, бросовым работам и, как следствие, срывам ввода объекта в эксплуатацию.

Реализация предложенного программного продукта позволяет исключить человеческий фактор и нивелировать риски возникновения вышеуказанных ситуаций.

Задача проектного управления, решаемая программным комплексом, формулируется следующим образом: для выбранного проекта P с учетом целей проекта A, имеющихся исходных данных D, наличия ресурсов R, структуры управления проектом S найти наилучший (минимальный) путь реализации проекта L. Общий вид целевой функции: $L(P, A, D, R, S) \rightarrow \min$.

Клиент-серверная архитектура программного комплекса подразумевает передачу входных данных проекта с помощью интерфейса менеджера проекта на серверную подсистему комплекса. После анализа и обработки, полученных входных данных модуль оптимизации пути реализации проекта формирует отчет, который сохраняется в базе данных проектов и передается на клиентскую подсистему комплекса для менеджера проекта.

По результатам выполнения работы предполагается тестирование программного комплекса по проектным данным Института по проектированию предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (Ленгипронефтехим, Санкт-Петербург).

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Керимов В.Ю., Толстов А.Б., Мустаев Р.Н. Методология проектирования в нефтегазовой отрасли и управление проектами. М.: ИНФРА-М, 2018. 120 с.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ

Галанов М.Э., Драчиловский В.О., Новожилова И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: novozhilova@technolog.edu.ru

COMPUTER SYSTEM FOR DESIGNING THE POLYMER PRODUCTS PRODUCTION LIFE CYCLE BASED ON WASTES

Galanov M.E., Drachilovsky V.O., Novozhilova I.V

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В России ежегодно образуется до 5 млн. тонн полимерных отходов, а переработке подвергается не более 20 % отходов в зависимости от вида полимеров. При этом ежегодный рост производства полимерных изделий постоянно увеличивается и достигает 5,5 %. Основным экологически безопасным способом утилизации полимерных отходов является их повторное использование в качестве вторичного сырья для производства новой полимерной продукции (технических емкостей, тары, упаковочных материалов и др.) [1]. Таким образом, разработка компьютерной системы проектирования жизненного цикла производства полимерных изделий на основе отходов является актуальной и практически значимой задачей. Жизненный цикл производства полимерных изделий на основе отходов включает этапы создания рецептур полимерных композиций, подбора совместимых вторичных полимеров для выпуска изделий с заданными свойствами, выбора технологических режимов оборудования, а также оценки качества полученного изделия. Наиболее сложным этапом жизненного цикла является этап формирования полимерной композиции, состав и физико-химические свойства которой влияют на качественные характеристики полимерного изделия. Использование компьютерной системы позволяет решать сложную задачу подбора и проверки совместимости полимеров, определения рецептуры композиции на основе отходов, а также задачу выбора технологических режимов производства полимерного изделия с заданными требованиями по качеству.

Функциональная структура системы включает: базу данных регламентов производства полимерных изделий на основе отходов; базу данных учетных записей пользователей; модуль проверки совместимости полимеров и синтеза композиции; подсистему формирования технологической карты производства полимерного изделия, содержащей информацию о рецептуре, физико-химических свойствах композиции, спецификации оборудования, значениях режимных параметров; модуль визуализации и сохранения результатов проектирования жизненного цикла производства изделия; модуль редактирования базы данных; модуль авторизации и регистрации пользователей; интерфейсы проектировщика и администратора. База данных системы настраивается на различные характеристики процессов переработки полимерных отходов с помощью изменения значений соответствующих параметров, что позволяет адаптировать систему для различных полимерных производств. Тестирование системы проведено на базе Лаборатории мирового уровня СПбГТИ(ТУ) по производственным данным ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды».

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Чистякова, Т.Б. Компьютерная система управления жизненным циклом производства промышленных изделий из вторичного полимерного сырья / Т.Б. Чистякова, И.В. Новожилова, С.П. Козлова // Автоматизация промышленности. – 2022. – №9. – С. 27-32.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Гончарова Т.С.*, *Чистякова Т.Б.*, *Разыграев А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: tatyana.sergeevnaa@mail.ru, rozaa@yandex.ru

SOFTWARE COMPLEX FOR AUTOMATING THE DESIGN OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON SECONDARY POLYMERS

Goncharova T.S.*, *Chistyakova T.B.*, *Razygraev A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство полимерных изделий является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности, темп роста которой оценивается в 5–6 % ежегодно. В результате потребления продукции в год образуется 220 млн. тонн пластиковых отходов. После стадии потребления существует три способа утилизации пластиковых отходов, наиболее экологичным из которых является вторичная переработка с целью производства полезной продукции. Вторичная переработка осложнена необходимостью определения совместимости полимерных материалов с целью предотвращения брака продукции, так как полимеры могут вызывать разложение других компонентов композиции в силу несовместимости.

Разработанный программный комплекс позволяет автоматизировать решение одной из главных задач вторичной переработки – проектирование композиционных материалов на основе вторичных полимеров. Кроме того, программный комплекс позволяет заранее прогнозировать основные свойства композиции (плотность, прочность, упругость), что позволяет спроектировать нужную композицию без проведения экспериментов и сэкономить сырье [1]. Ядром комплекса является база знаний (БЗ) о совместимости полимерных материалов, представленная в виде семантической сети, узлами которой являются полимерные материалы, а связи между узлами описывают их совместимость. Для получения полимерного композиционного материала (ПКМ), набора его характеристик и рекомендуемого способа вторичной переработки исследователь вводит названия полимерных материалов для проверки совместимости и вектор значений допустимых отклонений по каждой из характеристик. На основании введенных данных осуществляется запрос к БЗ, реализующий поиск кратчайшего пути между узлами. После проектирования ПКМ исследователь задает объемные доли полимерных материалов в композиции, на основании чего программный комплекс производит расчет плотности, прочности и упругости ПКМ согласно закону аддитивности, выводит на экран значения характеристик компонентов композиции и рекомендуемый способ вторичной переработки. Тестирование комплекса, подтвердившее его работоспособность, производилось на примере производственных данных завода ООО «Клёкнер Пентапласт Рус» (Санкт-Петербург). Программный комплекс позволяет сэкономить время химика-технолога на проведение экспериментов по подбору ПКМ с нужными свойствами и подбор совместимых полимерных материалов для создания композиции.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029) и гранта Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» (договор № 18873ГУ/2023).

Литература:

1. Гончарова Т.С., Чистякова Т.Б., Разыграев А.С., Белухичев Е.В. Веб-приложение прогнозирования свойств полимерных композиций для вторичной переработки // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 10. С. 126–132.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕГЕНЕРАЦИИ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДОНОВ

***Егорова А.В.*[1], *Докторов Д.В.*[3], *Бездудная О.Е.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]*Лаборатория мирового уровня,* [2]*кафедра систем автоматизированного проектирования и управления,*

[3]*АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)»*

e-mail: worldlab@technolog.edu.ru

INFORMATION SYSTEM FOR SELECTION OF EQUIPMENT FOR PRODUCTION AND REGENERATION OF OZONE-SAFE CHLADONS

***Egorova A.V.*[1], *Doctorov D.V.*[3], *Bezdudnaya O.E.*[2]**

[1,2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*

[3]*JSC RRC Applied Chemistry (GIPH)*

Среди методов синтеза новых озонобезопасных соединений для получения высокофторированных веществ, перспективным представляется метод газофазного каталитического гидрофторирования полностью или частично галоидированных соединений. При этом наиболее актуальным является разработка технологических схем производства, обеспечивающих возможность получения фторуглеводородов с использованием различных видов сырья, при соответствующей корректировке режимов работы отдельных узлов технологического процесса. Следует отметить, что отработавшие срок эксплуатации гидрофторалканы для уменьшения загрязнения окружающей среды и сокращения затрат на их промышленное производство целесообразно подвергать регенерации, которая может быть выполнена на установках, имеющих такую же структуру, как и установки для регенерации озоноопасных хладонов [1]. Таким образом, разработка информационной системы выбора оборудования для ресурсосберегающего производства и регенерации озонобезопасных хладонов является актуальной и экологически значимой задачей.

Функциональная структура информационной системы включает: базу данных озонобезопасных хладонов широкой номенклатуры, технологических схем, оборудования; базу данных пользователей; библиотеку математических моделей процессов синтеза хладонов; модуль выбора аппаратурного оформления процессов синтеза хладонов в соответствии с требованиями технического задания; модуль поверочного расчета; модуль визуализации результатов моделирования и исследования процессов синтеза хладонов; интерфейс проектировщика, интерфейс администратора. База данных информационной системы настраивается на различные характеристики процессов синтеза и регенерации озонобезопасных хладонов широкой номенклатуры с помощью изменения значений соответствующих параметров, что позволяет адаптировать систему для различных производств озонобезопасных соединений. Тестирование системы проведено на базе Лаборатории мирового уровня СПбГТИ(ТУ) по данным, предоставленным АО «РНЦ «Прикладная химия» (ГИПХ), на примере формирования технологической схемы синтеза 1,1,1,2-тетрафторэтана (хладона 134а), применяемого в холодильных агрегатах. Использование системы позволяет повысить эффективность проектирования ресурсосберегающих технологических схем синтеза и регенерации озонобезопасных хладонов за счет сокращения временных затрат на выбор аппаратурного оформления процессов, обеспечивающих высокую конверсию исходного сырья и максимальную селективность процессов по целевому компоненту.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Trukshin I.G. Technologies for production of chladons by a method of gas phase catalytic hydrofluorination // Fluorine Notes. – 2009. – No. 5(66). – Pp. 1-2.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРИРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

***Закиров И.Д.*[1], *Суховериков Д.Д.*[1], *Козлов А.В.*[1], *Афонин М.А.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе

e-mail: andrej.kozlov.1976@mail.ru, afonin18111956@yandex.ru

PROGRAM COMPLEX FOR THE EXTRACTION PROCESS MODELING OF RARE-EARTH ELEMENTS WHEN DEVELOPING NATURAL DEPOSITS AND PROCESSING OF INDUSTRIAL WASTE

Zakirov I.D., Sukhoverikov D.D., Kozlov A.V., Afonin M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Редкоземельные элементы (РЗЭ) с каждым годом все в больших количествах применяются в различных областях науки и техники. Перед Россией стоит задача воссоздания собственного полного цикла производства редкоземельной продукции для удовлетворения внутренних потребностей, а также для экспорта. Однако освоение имеющихся природных месторождений сопряжено с необходимостью преодоления ряда трудностей [1]. Альтернативой является использование в качестве источника получения РЗЭ и их соединений бедного некондиционного минерального сырья, техногенных отходов и вторичного сырья, что требует пересмотра существующих методов и принципов переработки минерального сырья и создания гибкого проблемно-ориентированного программного комплекса (ПК).

Основной частью ПК является компьютерная модель, позволяющая вычислить степень извлечения, концентрации и коэффициенты распределения редкоземельных элементов в зависимости от расходов потоков питающего раствора, экстрагентов, промывных растворов для различных матриц равновесий химических реакций, матриц связей экстракторов, потоков между экстракторами и внешних материальных потоков. Функциональная структура комплекса включает модули вычисления концентраций базовых молекулярных форм, расчет количества молей базовых форм, оптимизационную процедуру для определения равновесных концентраций РЗЭ [2]. Эта часть комплекса взаимодействует с модулями проверки полноты и корректности входных данных, вычисления степени извлечения и концентрации экстрагируемых РЗЭ, а также модулем генерации и сохранения отчетов о результатах моделирования.

Тестирование ПК выполнялось на примере экстракционного каскада, состоящего из трех аппаратов, в которых осуществлялась экстракция нитратов лантана три-н-бутилфосфатом, при этом в экстракционной системе присутствовали по четыре базовые и образующиеся химические формы. Результаты тестирования продемонстрировали хорошую согласованность с экспериментальными данными.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Поляков Е.Г., Нечаев А.В., Смирнов А.В. Металлургия редкоземельных металлов. М.: Юрайт, 2023. 501 с.

2. Козлов А.В., Афонин М.А. Математическое моделирование экстракции редкоземельных элементов // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж, 2017. С. 720−724.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Зотов А.С.*, *Самонин В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: alexandrzotov1990@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING A CHEMICAL CARBON DIOXIDE ABSORBER FROM ASH WASTE

Zotov A.S.*, *Samonin V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Химические нерегенерируемые поглотители кислых газов предназначены для использования в закрытых обитаемых объектах и для улавливания диоксида углерода в технологических газах и выбросах промышленных предприятий. Сырьем для данного класса материалов могут выступать оксиды и гидроксиды щелочных металлов, способные вступать в реакции с диоксидом углерода, образуя устойчивые соединения. Достаточно распространенными являются химические поглотители на основе гидроксида кальция, и наиболее известный в нашей стране материал подобного типа – химический поглотитель известковый (ХП-И). В качестве добавок, повышающих защитную мощность химического поглотителя известкового применяются, в том числе хорошо растворимые гидроксиды щелочных металлов, снижающие вязкость жидкой пленки на поверхности и растворимость диоксида углерода [1].

В представленной работе рассматривается возможность использования зольных отходов угольных электростанций для получения химического поглотителя углекислых газов. Предпосылками данной работы является химический состав зольных отходов, включающий, в том числе гидроксид и оксид кальция, гидроксид и оксид натрия, доступность данных отходов и предположение о возможном наличии у данных материалов развитой поверхности [2].

В качестве образцов зольных отходов рассматривались зола уноса и донная зола. На начальном этапе исследования было установлено содержание в исследуемых образцах зольных отходов компонентов, обладающих хемосорбционной способностью по диоксиду углерода до 20 % масс. Удельная площадь поверхности зольных отходов была определена в диапазоне от 10 $м^2$/г до 16,5 $м^2$/г. При исследовании полученных путем формования со связующим образцов было установлено, что материалы полученные из зольных отходов обладают адсорбционной емкости по диоксиду до 0,07 г/г.

Данные показатели были сочтены достаточными для возможного применения отходов, особенно донной золы если не в качестве самостоятельного сырья для получения химического поглотителя, то, как добавки к нему, призванной повысить полноту использования ценных компонентов поглотителя.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

Литература:

1. Самонин В.В., Зотов А.С., Спиридонова Е.А., Подвязников М.Л. Влияние параметров газовой среды на эффективность работы химических поглотителей диоксида углерода. Журнал прикладной химии. Т. 90. № 1. С. 38-44. 2017

2. Уханов А.В. Опыт и нормативная база по использованию сухой летучей золы тэс России при производстве бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей. Сборник материалов конференции «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование»/ Издательский дом МЭИ (Москва),51-57,. 2014

ИННОВАЦИОННЫЕ СПЛАВЫ ТИТАНА, БЕЗОПАСНЫЕ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ

***Колмаков А.Г.*, Конушкин С.А., Севостьянов М.А., Каплан М.А.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

e-mail: imetranlab10@mail.ru

INNOVATIVE TITANIUM ALLOYS, SAFE FOR HUMANS AND THE ENVIRONMENT DURING PRODUCTION, OPERATION AND WASTE RECYCLING

Kolmakov A.G., Konushkin S.A., Sevostyanov M.A., Kaplan M.A.

Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences

Одним из важных инновационных направлений в области переработки промышленных отходов является разработка таких материалов, которые заранее бы разрабатывались с учетом их безопасности для человека и окружающей среды на всех этапах их службы, включая производство, переработку отходов производства, эксплуатацию и последующую переработку при утилизации отслуживших свой срок деталей и конструкций. В качестве примера можно рассмотреть титановые сплавы, которые обладают очень хорошим сочетанием технологичности, высокой удельной прочности, коррозионной стойкости, биосовместимости, и широко используются в качестве конструкционных материалах в высокотехнологичных отраслях промышленности. Современные высокопрочные титановые сплавы, в частности ВТ6, Ti-6Al-4V, ВТ22, ВТ23, ПТ-3В, ПТ-3М, ПТ-1М, ПТ-7М, ТЛ-3, ТЛ-5, T-A4D3V и 4Al-3Mo-1V имеют в зависимости от состава и обработки механические свойства в следующем диапазоне: E = 104…115 ГПа, $\sigma_{0,2}$ = 800…1100 МПа, $\sigma_в$=850…1200 МПа, δ = 4…16 %. Однако они содержат Al, V и Cr. Широко известный сплав с памятью формы нитинол Ti-Ni в больших количествах содержит Ni. Все эти элементы входе производства, эксплуатации и переработки выходят из материалов в жидкие среды или попадают в окружающую среду в виде осколков, частиц и пыли. В результате происходит накопление этих элементов в окружающей среде и попадание их в растения, животных и в организм человека. К сожалению, эти элементы вызывают очень неприятные заболевания у человека (включая онкологию и генетические повреждения), а также у растений и животных.

В связи с этим за рубежом и у нас в стране началась разработка новых титановых сплавов, не содержащих Cr, Ni, V и Al. В первую очередь такие сплавы создаются для медицинских изделий, в т.ч. имплантатов. В новых сплавах классические легирующие элементы заменяются на Nb, Fe, Mo, Ta, Hf и Zr, которые не являются токсичными для человека и других организмов. Так, в ИМЕТ РАН к настоящему времени разработан ряд сплавов систем Ti-Nb-Ta, Ti–Nb–Ta–Zr и Ti-Nb-Mo, которые имеют вполне сравнимый с традиционными сплавами комплекс механических свойств: E = 47…59 ГПа, $\sigma_{0,2}$ = 220…810 МПа, $\sigma_в$ = 620…1100 МПа, δ = 5…14 %. Ta и Zr образуют при пассивации оксидные слои с хорошей адгезией к металлической подложке, поэтому новые сплавы имеют лучшую коррозионную стойкость по сравнению с традиционными и даже по сравнению с чистым Ti. Разработанные сплавы можно также характеризовать как природоподобные или природосовместимые, так как значения их модуля упругости достаточно близко приближается к значениям для костной ткани человека и животных и к значениям многих природных материалов, стойких к волновым воздействиям, а их легирующие элементы являются безопасными для человека даже при помещении этих сплавов внутрь организма.

Исследования выполнены в рамках государственного задания № 075-01176-23-00.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Копылова О.И.*, *Лаврищева С.А.*, *Постнов А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: Postnov_AT@technolog.edu.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF SILICATE WASTE IN VANADIUM CATALYST TECHNOLOGY

Kopylova O.I.*, *Lavrishcheva S.A.*, *Postnov A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время актуальной задачей является решение вопросов о переработке и вторичном использовании силикатных отходов, образующихся в значительном количестве в ряде химико-технологических производств. Как известно [1], SiO_2 является востребованным носителем для многих контактных масс, в том числе для катализаторов окисления SO_2.

Предложено использование отработанного силикагеля, микрокремнезема (отхода электротермического производства кремния и кремниевых сплавов) и сиштофа (отхода производства глинозема) в технологии приготовления ванадиевых сернокислотных катализаторов. Изучение химического состава данных материалов методами рентгенофлуоресцентной электронной спектрометрии позволило спрогнозировать возможность их применения в качестве носителей катализаторов, так как содержание SiO_2 составило от 86 до 95 мас.%, Al_2O_3 – не более 5 мас.%.

Для отработанного силикагеля (КСКГ) может потребоваться регенерация – в нашем случае, термообработка при температуре 700 °С в течение 5 ч с последующим измельчением в шаровой мельнице в течение 2 ч. Методом механического смешения были получены катализаторы состава (мас. %): силикатный носитель – 70, V_2O_5 – 8, K_2O – 12, SO_3 – 10. Характеристики образцов представлены в таблице.

Таблица – Характеристики носителей и катализаторов

Носитель			Катализатор			
Название	V_Σ, $см^3/г$	$S_{уд}$, $м^2/г$	V_Σ, $см^3/г$	$S_{уд}$, $м^2/г$	Прочность, МПа	X, % при 485 °С
КСКГ	0,70	490	0,62	94	4,2	72
КСКГ регенерированный	0,78	121	0,76	20	0,4	65
Сиштоф	1,17	70	0,58	3	0,2	47
Микрокремнезем	1,38	33	0,60	8	2,9	85
Катализатор «XLP-110»	–	–	1,00	6	1,6	65

Установлено, что преимущество имеет катализатор на основе микрокремнезема, так как обладает большей активностью и прочностью, чем «XLP-110». Отработанный силикагель и сиштоф могут рассматриваться в качестве альтернативных носителей при условии дальнейшей оптимизации состава и условий приготовления контактной массы.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (проект №21-79-30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

Литература:

1. Тарчигина, Н.Ф. Анализ промышленных катализаторов, применяемых в сернокислотном производстве / Н.Ф. Тарчигина, О.Е. Коровина // Современное состояние естественных и технических наук. - 2014. - №14. - С. 99-104.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАТАЛИЗАТОРОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

***Ларина Д.Р.*[1], *Сладковский Д.А.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: larinadinara@gmail.com, resourcesaving_dept@technolog.edu.ru

SOFTWARE PACKAGE FOR STUDYING CHARACTERISTICS OF STEAM METHANE CONVERSION CATALYSTS

Larina D.R., Sladkovsky D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

По данным Минэнерго России, за 2015–2017 гг. доля используемых на газо- и нефтеперерабатывающих заводах зарубежных катализаторов снизилась с 62,5 % до 37 %. За это же время применение импортной катализаторной продукции уменьшилось с 64 % до 26,5 %, а доля отечественных аналогов достигла 83,5 % [1].

Сложность перехода отечественных газо- и нефтеперерабатывающих производств на новые катализаторы обусловлена, прежде всего, их многоассортиментностью, а также жесткими требованиями, предъявляемыми к выходу и качеству продукции, которые зависят от характеристик применяемых катализаторов. Эти факторы обусловливают актуальность разработки программного комплекса для исследования влияния характеристик новых катализаторов на выходные параметры процесса парового риформинга, являющегося одним из наиболее широко используемых способов получения водорода для промышленности и энергетики.

Предмет исследования – математическая модель процесса парового риформинга (каталитической конверсии метана в присутствии водяного пара), база данных характеристик катализаторов и программный комплекс для исследования характеристик катализаторов процесса парового риформинга.

Разработанная база данных содержит данные лабораторных испытаний разрабатываемых катализаторов и данные действующих производств. Математическая модель рассчитывает количественные и качественные показатели технологического процесса по кинетическим уравнениям паровой конверсии метана [2]. Программный комплекс анализирует содержание базы данных с проверкой полноты и достаточности характеристик катализаторов и дополняет базу данных результатами вычислений по математической модели. Одной из преимущественных функций программного комплекса является приведение характеристик катализатора к единым размерностям и технологическим условиям для удобства сравнения.

Использование программного комплекса позволяет анализировать свойства каталитических систем, сравнивать предлагаемые катализаторы, приводить их к общим условиям и настраивать математическую модель технологического режима реакционного блока процесса на выбранный вид катализатора.

Программный комплекс разработан по данным процесса паровой конверсии метана. Он является адаптируемым на другие каталитические процессы, в том числе вторичные процессы газо- и нефтепереработки, процессы производства минеральных удобрений.

Литература:

1. Молодцов К. Нефтепереработка: в ответ на вызовы // Нефтегазовая вертикаль. 2018. № 3. С. 44–46.

2. Abbas S. Z., Dupont V., Maḥmūd T. Kinetics study and modelling of steam methane reforming process over a NiO/Al2O3 catalyst in an adiabatic packed bed reactor // Intern. J. Hydrogen Energy. 2017. № 42. Pp. 2889–2903.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА БАЗЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Николаева Е.В.*, *Петров Д.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: enterfox101@gmail.com, diamond11187@mail.ru

THE SOFTWARE PACKAGE FOR DESIGNING AND MANUFACTURING PRODUCTS FROM RECYCLED POLYMERS ON THE BASIS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Nikolaeva E.V.*, *Petrov D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Аддитивные технологии производства изделий, в частности, FDM-печать, до сих пор остаются несовершенными и уступают классическим способам, таким как литье под давлением, так как процесс 3D-печати сопровождается значительным количеством отходов – бракованных изделий, прототипов, временных поддержек. В соответствии с Федеральным законом от 24.06.1998 № 89-ФЗ запрещено захоронение отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации, в том числе, добавленные в список в 2021 г. компоненты из полимеров, преимущественно, ABS, PLA, PET-G (распоряжение Правительства от 25.07.2017 № 1589-р, п. 110–182).

Материалы вторичной переработки, используемые в 3D-печати при рециклинге, усложняют процесс изготовления, так как при этом показатели качества FDM-изделий сложно предсказуемы, что требует особой теоретико-экспериментальной проработки.

В связи с этим целесообразно решение многокритериальной задачи обеспечения требуемого качества FDM-изделий. Подобные задачи в различных областях современной промышленности решаются с применением баз данных экспериментов, материалов, оборудования, математических методов и моделирующих систем.

Разработанный программный комплекс позволяет осуществлять выбор оборудования и режима 3D-печати, обеспечивающих заданные показатели качества FDM-изделий, получаемых с использованием вторичных полимеров. Программный комплекс включает базу данных оборудования, материалов, экспериментальных данных о зависимости качества FDM-изделий от режимов 3D-печати, подсистему регистрации испытаний, подсистему обработки результатов испытаний, состоящую из модулей структурного и регрессионного анализа экспериментальных данных. Проверка адекватности эмпирических моделей для оценки показателей качества FDM-изделий, построенных по данным экспериментов без параллельных опытов, выполняется по критерию Фишера. Информационно-поисковая подсистема использует метод Хука–Дживса для численного поиска безусловного экстремума многофакторной целевой функции с целью выбора режимов 3D-печати, обеспечивающих заданные качественные показатели FDM-изделий [1].

Изготовление и испытание образцов изделий с использованием филаментов из ABS и PLA проводились на кафедре САПРиУ (промышленный 3D-принтере HAGE 3Dp-A2) и на кафедре робототехники (испытательная установка Zwick/Roell Z5.0). Тестирование программного комплекса подтвердило адекватность эмпирических моделей для оценки показателей качества FDM-изделий и его применимость при выборе оборудования и режимов 3D-печати для изготовления изделий различных конфигураций с использованием филаментов из полимеров разных типов.

Литература:

1. Николаева Е.В., Петров Д.Н., Чистякова Т.Б. Программный комплекс для выбора оборудования и режима FDM-печати при использовании вторсырья // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 2. С. 86–93.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО КЛАССИФИКАТОРА С ИЗМЕНЯЕМЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ ПОТОКА ВОЗДУХА

Панасенко С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов химической технологии

e-mail: panas.sergey@gmail.com

EFFICIENCY MEASUREMENT OF GRAVITATIONAL CLASSIFIER WITH ALTERNATING AIR FLOW

Panasenko S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В данной работе исследована разделительная эффективность гравитационного классификатора нового типа. Схема классификатора приведена на рисунке ниже. За счёт особого профиля стенок воздух, двигаясь по восходящей вдоль стенки, резко меняет направление движения после участка стенки с закруглением. Это добавляет к разности подъёмной и гравитационной сил новый фактор разделения частиц по размерам. Кроме этого, в нижней части классификатора организован псевдоожиженный слой, что также влияет на эффективность разделения.

Для определения эффективности разделения использовался гипс с диаметром частиц от 75 до 200 мкм. Образец гипса, весом 200 граммов, засыпался в нижнюю часть классификатора. После этого включался центробежный вентилятор для откачки воздуха через трубу в верхней части классификатора. Тонкий продукт, уносимый через трубу в верхней части классификатора, собирался в сборнике верхнего продукта, имеющего вид цилиндрической ёмкости. Частицы из сборника верхнего продукта взвешивались и анализировались на распределение по размеру. Эффективность разделения вычислялась как отношение диаметра частиц, уносимых в верхний продукт на 75 % массовых, к диаметру частиц, уносимых в верхний продукт на 25 %. Данный критерий эффективности приводится в монографии [1], по этому критерию эффективности выполнено сравнение с классификаторами другой конструкции из данной монографии.



Рисунок – Модель внутреннего объёма классификатора.

Литература:

1. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989. - 160 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ С УЧЕТОМ РЕЦИКЛИНГА КАТАЛИЗАТОРОВ

Платоненко Г.К., Чистякова Т.Б., Полосин А.Н., Фураев Д.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: plag11@mail.ru, polosin-1976@mail.ru

SOFTWARE PACKAGE FOR MODELING THE KINETICS OF CATALYTIC PROCESSES IN SECONDARY OIL REFINING, TAKEN INTO ACCOUNT OF CATALYST RECYCLING

Platonenko G.K., Chistyakova T.B., Polosin A.N., Furaev D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процессы вторичной переработки нефти (ПВПН), применяемые для получения высокооктановых бензинов (ВБ), являются каталитическими. Трудность управления ими связана с дезактивацией катализаторов, приводящей к уменьшению скоростей химических реакций (ХР), выхода ВБ. Множество типов ПВПН, сложность механизмов ХР и их зависимость от типов катализаторов, дороговизна катализаторов и переход на отечественные катализаторы обусловливают актуальность разработки программного комплекса (ПК), который настраивается на различные ПВПН, сырье, катализаторы и позволяет на базе математических моделей (ММ) кинетики решать задачу управления для заданных периодов эксплуатации катализаторов при снижении их активности.

Анализ ПВПН позволил сформулировать задачу моделирования, решаемую ПК: для заданного типа ПВПН и катализатора, определяющих механизм ХР $X_{\text{CR}} = \{\alpha_{ij}, p_{ij}, i = 1, \ldots, n, j = 1, \ldots, m\}$, характеристик сырья и реактора $X_{\text{RE}} = \{C_{0j}, V\}$ выполнить структурный синтез и настройку параметров ММ кинетики $Y = F(X_{\text{CR}}, X_{\text{RE}}, U, A_{\text{M}}, t)$, оценить показатель жесткости S системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), выбрать метод решения, вычислить выходные параметры $Y = \{C_{\text{K}l}, l = 1, \ldots, m_{\text{P}}\}$ и определить программу изменения управляющих воздействий (УВ) $U = \{G, T\}$ во времени t в регламентных диапазонах (РД) $U \subset [U^{\min}; U^{\max}]$, при которой на заданном периоде эксплуатации катализатора $t \in [0; \Theta]$ выполняются требования $Y^{\min} \le Y \le Y^{\max}$. Здесь α_{ij}, p_{ij} – стехиометрический коэффициент и частный порядок i-й ХР по j-му компоненту смеси, C_{0j} – входная концентрация, V – объем, A_{M} – вектор коэффициентов зависимостей кинетических параметров ХР от активности катализатора $A_{\text{CAT}} = f(t)$, $C_{\text{K}l}$ – выходная концентрация l-го продукта, G – расход сырья, T – температура. Синтез ММ заключается в построении топологической модели ХР, включающей матрицы $\|\alpha_{ij}\|$, $\|p_{ij}\|$, на основе которых формируется система уравнений материального баланса и скоростей ХР, дополняемая зависимостями кинетических параметров от A_{CAT}, T. При этом применяются допущение об идеальном вытеснении, принцип независимости ХР, закон действующих масс. Настройка ММ осуществляется с применением баз данных сырья, катализаторов, реакторов и РД УВ. Метод решения системы ОДУ выбирается из библиотеки методов в зависимости от числа обусловленности матрицы Якоби: если $S \ge 10^5$, то система жесткая и применяется метод Гира; в противном случае – метод Рунге–Кутты с переменным шагом интегрирования для обеспечения устойчивости и точности решения. Тестирование ПК по данным установки крекинга Г-43-107 (Московский НПЗ) подтвердило его работоспособность. Интеграция ПК в систему проектирования цифровых информационных моделей ПВПН [1] способствует повышению ее гибкости и правильному выбору циклов регенерации катализаторов для их возврата в процесс.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029) и при стипендиальной поддержке Почетного профессора СПбГТИ(ТУ) А.Н. Чистякова.

Литература:

1. Фураев Д.Н., Чистякова Т.Б. // Прогр. продукты и системы. 2022. № 3. С. 482.

ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАСКАДОВ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Рухлова К.А., Плонский В.Ю., Федоров В.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: krukhlova404@mso365.technolog.edu.ru, vplonskiy@gmail.com

SOFTWARE AND INFORMATION SYSTEM FOR DESIGNING REACTOR CASCADES FOR THE EXTRACTION OF RARE EARTH ELEMENTS FROM INDUSTRIAL WASTE

Rukhlova K.A., Plonskiy V.Yu., Fedorov V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На сегодняшний день задача получения редкоземельных элементов (РЗЭ) актуальна в различных отраслях промышленности. Одним из наиболее перспективных и широко используемых методов получения РЗЭ является экстракция, которая является процессом селективного извлечения целевого компонента из водной фазы в органическую за счет образования комплексных соединений или сольватов с органическим реагентом (экстрагентом) [1, 2].

Внедрение программно-информационной системы, позволяющей проектировать схемы каскадов реакторов для извлечения РЗЭ, целесообразна для предприятий, занимающихся утилизацией и переработкой промышленных отходов. Система позволяет на основе многовариантного анализа определить схему экстракционного каскада, обеспечивающую выполнение требований к степеням извлечения РЗЭ. Это позволяет снизить затраты на технологическую подготовку производства РЗЭ.

Ядром программно-информационной системы является база данных характеристик процесса экстракции РЗЭ, построенная на основе реляционной модели данных. Структура базы данных состоит из 14 таблиц, в том числе содержащих характеристики экстракторов, сырья, экстрагентов, продуктов и спроектированных экстракционных каскадов. Интеграция системы с математической моделью процесса экстракции [3] позволяет реализовать функциональные возможности, связанные как с проектированием различных вариантов схем каскадов реакторов для экстракции РЗЭ, так и с расчетом для этих схем выходных концентраций и степеней извлечения РЗЭ без физической реализации схемы каскада и проведения дорогостоящих и длительных по времени экспериментов.

Тестирование системы проводилось на примере каскада, состоящего из 3 экстракторов, связанных прямыми и обратными потоками, и предназначенного для извлечения лантана из его нитратных солей с применением три-н-бутилфосфата в качестве экстрагента, циркулирующего по замкнутому контуру. Результаты тестирования подтвердили работоспособность системы как инструмента для автоматизированного проектирования экстракционных каскадов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Поляков Е.Г., Нечаев А.В., Смирнов А.В. Металлургия редкоземельных металлов. М.: Юрайт, 2023. 501 с.

2. Глущенко Ю.Г., Белов Д.И., Нечаев А.В. Редкоземельные элементы: опыт разработки технологий получения, внедрение и их аппаратурное оформление // Группа компаний «РусРедМет»: [официальный сайт]. URL: https://rusredmet.ru/f/redkozemelnye-elementy-opyt-razrabotki-tehnologij-polucheniya-vnedrenie-i-ih-apparaturnoe-oformlenie.pdf (дата обращения: 30.09.2023).

3. Афонин М.А. Описание экстракции азотной, плавиковой и фосфорной кислоты три-н-бутилфосфатом // Известия СПбГТИ(ТУ). 2013. № 20. С. 22–29.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Савелкова С.А.*, *Морозова В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: office@technolog.ru

HIGH-STRENGTH ACTIVE CARBON ADSORBENTS BASED ON HYDROLYZED LIGNIN

Savelkova S.A.*, *Morozova V.Y.

Saint Petersburg State Institute of Technology

Одним из отходов лесохимической, биохимической и целлюлозно-бумажной промышленности является гидролизный лигнин. Чаще всего его используют для изготовления топливных брикетов, углеродных восстановителей, добавок в асфальтобетоны, ветеринарных и медицинских сорбентов, в качестве органических удобрений. Также его можно использовать в качестве сырья для производства активных углей это весьма позитивно скажется на экологии, ведь лигнин стоек к естественному разложению, загрязняет почвы, поверхностные и подземные воды, что не может в перспективе не сказаться на организмах животных и человека, так и на экономике.

В данной работе представлена методика получения высокопрочного активированного сорбента на основе гидролизного лигнина. Способного применяться для снаряжения противогазовых коробок в СИЗОД. В качестве исходного сырья в работе был использован гидролизный лигнин предприятия ООО «Кировский биохимический завод». Для получения активного угля из гидролизного лигнина в качестве добавок использовались гидроксид натрия (ГЛ+Щ), ортофосфорная кислота (ГЛ+К) и гидроксид натрия вместе с ортофосфорной кислотой (ГЛ+Щ+К). Пасты подвергались формованию в экструдере с диаметром фильеры 2 мм. Далее гранулы сушились при температуре 110 °С в течение часа. Подсушенные гранулы подвергались процессу карбонизации в инертной среде азота при температуре 550 °С, в течение 30 мин, затем активировались при температуре 800 °С в течение 30 мин, количество активирующего агента 7 г воды на 1 г материала. Далее полученные материалы отмывались водой до нейтральной среды. Для полученных образцов были определены характеристики, которые представлены в таблице.

Таблица – Характеристики полученных сорбционно-активных материалов

Состав	W_S, $см^3/г$	$V_{ми}^{эф}$, $см^3/г$	Пр, %
ГЛ+Щ	0,39	0,18	92
ГЛ+К	0,43	0,26	89
ГЛ + Щ + К	0,46	0,31	94

По полученным данным видно, что значение предельного объема сорбционного пространства выше у материалов, обработанных кислотой, и щелочью + кислотой, чем у материала, обработанного только щелочью. Также значительно увеличивается эффективный размер пор у материала, обработанного кислотой на 45 % относительно образца, обработанного щелочью. Последовательная же обработка материала щелочью и кислотой позволяет повысить этот показатель на 72 %. При этом прочность, полученного материала составляет 89-94 %, что является весьма хорошим показателем

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект No 21-79-30029).

ПЕРЕРАБОТКА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СФЕРИЧЕСКИЕ УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ

Соловей В.Н., Самонин В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: lera_solovei@mail.ru

PROCESSING OF HIGHLY DISPERSED CARBON-CONTAINING WASTE INTO SPHERICAL CARBON ADSORBENTS

Solovei V.N., Samonin V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе рассмотрен прием рециклинга высокодисперсных углеродсодержащих отходов (каменноугольная пыль марки 2СС, пыль древесного карбонизата ДК) с переработкой их в сферические активные угли (САУ), сформованные с применением технологии гранулирования в водной среде.

Таблица – Основные характеристики САУ в сравнении с промышленными активными углями марок АГ-3 и БАУ

Активный уголь	$V_{МИ}$, $см^3/г$	$V_{МЕ}$, $см^3/г$	$V_{МА}$, $см^3/г$	V_{Σ}, $см^3/г$	$S_{УД}$, $м^2/г$	$\rho_Н$, $г/см^3$	П, %	A^d, %
каменноугольные								
САУ (2СС)	0,31	0,16	0,43	0,90	1200	0,59	90	6
АГ-3	0,30	0,09	0,42	0,81	1150	0,45	75	21
древесные								
САУ (ДК)	0,26	0,04	0,7	1,0	925	0,38	87	2,5
БАУ	0,20	0,10	0,9	1,2	985	0,20	60	3,2
$V_{МИ}$ – объем микропор, $V_{МЕ}$ – объем мезопор, $V_{МА}$ – объем макропор, V_{Σ} – суммарный объем пор, $S_{УД}$ – удельная поверхность, $\rho_Н$ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, A^d – зольность.								

Сравнительный анализ характеристик полученного САУ на основе каменного угля марки 2СС и отечественного аналога из той же сырьевой базы – АУ марки АГ-3 показал, что САУ не уступают по характеристикам пористой структуры и сорбционным свойствам (таблица). Существенными недостатками АУ марки АГ-3 является высокая зольность (21 %) и невысокая механическая прочность (75 %). Видно, что САУ несомненно превосходит их по рассматриваемым параметрам (зольность – 6 %, прочность – 90 %).

Сравнительный анализ полученного САУ на основе ДК и отечественного аналога из той же сырьевой базы – АУ марки БАУ показал, что у САУ более развита микропористая структура и слабее развита мезо- и макропористая структуры, о чем также свидетельствует и более низкое значение удельной поверхности. Тем не менее, за счет применения технологии гранулирования в водной среде полученные САУ обладают более низкой зольностью, чем прототип – АУ марки БАУ. Необходимо подчеркнуть высокое значение насыпной плотности САУ на основе ДК, которое превосходит значение для БАУ почти в 2 раза, и высокое значение прочности САУ.

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что технология переработки высокодисперсных углеродсодержащих техногенных отходов гранулированием в водной среде путем высокооборотного перемешивания позволяет получать высокопрочные сферические сорбенты с низкой зольностью и высокими сорбционными характеристиками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ФЕРРОМАРГАНЦЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ДИОКСИДА МАРГАНЦА

Терентьева О.А.*, *Флисюк О.М.*, *Лихачев И.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов химической технологии

e-mail: worldlab@technolog.edu.ru

RECYCLING OF FERROMANGANESE WASTE TO MANGANESE DIOXIDE

Terenteva O.A.*, *Flisyuk O.M.*, *Likhachev I.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Диоксид марганца (MnO_2) в настоящее время широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как металлургия, гидрометаллургия, производство зарядных устройств, красок и эмалей, катализаторов и др. [1, 2]. В последние годы мировой спрос на марганец вырос в связи с резким ростом производства стали [3].

В связи с быстро растущим спросом на продукты, содержащие марганец, низкосортные марганцевые руды, вторичные источники марганца, которые не могут быть экономически рентабельно переработаны традиционными пирометаллургическими методами или предварительной термообработкой, становятся востребованными современные технологические подходы к извлечению марганца их различных источников и промышленных отходов. Предварительные эксперименты показали, что весьма перспективным способом переработки таких отходов является химический способ, основанный на извлечении марганца серной кислотой в присутствии органических веществ, обеспечивающих более глубокое извлечение марганца. Последующее высаждение двуокиси марганца из раствора сульфата марганца производится с помощью аммиака и кислорода. При этом образуется побочный продукт – раствор сульфата аммония, который является хорошим минеральным удобрением.

На кафедре процессов и аппаратов СПбГТИ(ТУ) была создана и апробирована лабораторная установка для сушки и гранулирования раствора сульфата аммония в фонтанирующем слое. Получены результаты теоретического и экспериментального исследования процесса получения гранул из раствора сульфата аммония в аппарате со взвешенным слоем. Аналитическим путем получены простые зависимости для расчета функции распределения гранул по размерам для случаев, имеющих практический интерес. Экспериментально подтверждена адекватность предложенной математической модели реальному процессу.

В результате теоретического анализа процесса получена зависимость для расчета плотности функции распределения гранул по относительной массе. Предложенная математическая модель процесса достаточно хорошо описывает полученные экспериментальные результаты по гранулированию раствора сульфата аммония во взвешенном слое и позволяет рассчитать дисперсный состав получаемого продукта.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Sahoo, R.N.; Naik, P.K.; Das, S.C. Leaching of manganese from low-grade manganese ore using oxalic acid as reductant in sulphuric acid solution, Hydrometallurgy. 2001, *62*, 157–163.

2. Hazek, M.N. El; Lasheen, T.A.; Helal, A.S. Reductive leaching of manganese from low grade Sinai ore in HCl using H_2O_2 as reductant, Hydrometallurgy. 2006, *84*, 187–191.

3. Zhang, W., Cheng, C.Y. Manganese metallurgy review. Part I: Leaching of ores/secondary materials and recovery of electrolytic/chemical manganese dioxide, Hydrometallurgy. 2007, 89, 137-159.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПЫЛЕГАЗОВОЙ СМЕСИ В ПРЯМОТОЧНЫХ ЦИКЛОНАХ

Топталов В.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов

e-mail: valeratoptalov@gmail.com

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SEPARATION OF DUST AND GAS MIXTURE IN COMMON-FLOW CYCLONES

Terenteva O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно, что высокоэффективное разделение дисперсных систем крупномасштабных промышленных выбросов предприятий может быть достигнуто при использовании прямоточных циклонов.

Основными преимуществами таких аппаратов являются возможность эффективного разделения в широком диапазоне расхода газа и концентрации дисперсной фазы при сравнительно небольшом гидравлическом сопротивлении, надежность и простота конструктивного оформления. При примерно равных производительностях и затратах энергии, прямоточные циклоны превосходят обычные противоточные циклоны по эффективности разделения. По общей эффективности прямоточные циклоны и циклоны со встречными закрученными потоками близки к мокрым электрофильтрам, а по фракционной - к мокрым пылеуловителям, но уступают тканевым фильтрам. В некоторых производствах замена традиционных конструкций пылеуловителей (инерционных, жалюзийных, гравитационных и др.) прямоточными или вихревыми сепараторами позволяет значительно снизить унос, повысить производительность и срок службы агрегатов, обеспечить стабильную эффективность в широком диапазоне изменения режимных параметров [1]. Для того чтобы выяснить влияние дисперсности пыли и скорости потока газа на степень разделения и гидравлическое сопротивление в Санкт-Петербургском Технологическом Институте был разработан прямоточный циклон. Конструкция циклона достаточно проста. В верхней части аппарата расположен завихритель типа «розетка», имеющий множество лопаток, выполненных с безударным входом и наклоненных на выходе под углом 30 - 45°. При оптимальной степени очистки газового потока гидравлическое сопротивление одной ступени циклона в зависимости от скорости потока и угла, под которым расположены лопасти по отношению к направлению движения потока, достигает 400-500 Па. Результаты исследования зависимости степени улавливания от скорости газового потока при дисперсности частиц твердой фазы двуокиси марганца размером 10 – 30 мкм показали, что наибольшая степень улавливания – около 94% достигается при скорости газового потока 12 – 14 м/с. Эта скорость является оптимальной при транспорте газа по трубопроводам. Поэтому в этом случае диаметр прямоточного циклона будет равен диаметру самого трубопровода. Это упрощает технологическую линию, так как вместо части трубопровода в схему вписывают прямоточный циклон, не требующий дополнительного места для его монтажа. Таким образом, предложенные прямоточные циклоны по своим характеристикам являются перспективными и их можно рекомендовать для улавливания частиц твердой фазы в качестве первой ступени очистки.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Асламова В.С. Пути совершенствования прямоточных циклонов / В.С. Асламова, А.Н. Шерстюк, О.А. Трошкин // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1986. – № 1. – С 39-42

УГЛЕРОД-МИНЕРАЛЬНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ 3-5 КЛАССОВ ОПАСНОСТИ

Хохлачев С.П., Спиридонова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: Sergei.hohla4eff@yandex.ru

CARBON-MINERAL ADSORBENTS FROM WASTE OF HAZARD CLASSES 3-5

Khokhlachev S.P., Spiridonova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Важность переработки отходов в потребительские продукты сложно переоценить. Одними из многотоннажных отходов являются изношенные автомобильные покрышки, которые относятся к 3-му классу опасности по ФККО. Современные подходы позволяют перерабатывать покрышки в ценные продукты, например, технический углерод. Технический углерод представляет большой интерес в качестве сорбционно-активного материала, однако, его использование в чистом виде ограничено высокой дисперсностью, в связи с чем, целесообразно его оформление в виде композиционного сорбционно-активного материала (КСАМ) посредством формования со связующим. В качестве связующего могут быть использованы глинистые материалы, попутно добываемые при введении котлованных работ.

Целью работы стала отработка технологии переработки технического углерода, получаемого из автомобильных покрышек, в композиционные сорбционно-активные материалы и определение возможных областей применения продукта.

В ходе работ было оценено влияние качественного состава связующего, количественного составовов компонентов, температуры спекания на параметры пористой структуры и прочностные свойства КСАМ. Исследования показали, что углерод-минеральные КСАМ обладают преимущественно мезопористой структурой с объемом пор от 0,3 до 0,55 $см^3/г$ и узким их распределением по размеру. Примером применения мезопористых углерод-минеральных КСАМ на основе отходов является их использование в качестве носителей хемосорбционных добавок. Было показано, что химический поглотитель паров воды, приготовленный методом пропитки по влагоемкости, на основе углерод-минерального КСАМ не уступает осушителю марки КГ (промышленно выпускаемый осушитель). Использование водорастворимого связующего позволяет получать химические поглотители в «одну стадию», т.е. совмещать стадии получения и импрегнирования поглотителя. Так, путем приготовления суспензии глины в растворе соли были получены смесевые химические поглотители воды. Показано, что при определенных условиях удается получить материалы, не уступающие по своим статическим и кинетическим показателям импрегнированным химическим поглотителям идентичного качественного и количественного составов, а также практически не уступающим промышленно-выпускаемым поглотителям. В настоящее время ведутся работы по получению смесевых химических поглотителей аммиака на основе солей переходных металлов.

Таким образом, показана возможность получения мезопористых композиционных сорбционно-активных материалов на основе технического углерода и глинистого материала. Данные КСАМ могут быть использованы в качестве носителей хемосорбционных добавок и катализаторов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029) и при стипендиальной поддержке Почетного профессора СПбГТИ(ТУ) А.Н. Чистякова.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Чупахина В.В.*, *Фураев Д.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: vvchupakhina@gmail.com, dima_furaev@mail.ru

THE STRUCTURE OF SOFTWARE PACKAGE FOR THE DESIGN OF DIGITAL INFORMATION MODELS OF INDUSTRIAL ISOMERIZATION PLANTS

Chupakhina V.V., Furaev D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время развивается тенденция использования цифровых информационных моделей (ЦИМ) при проектировании процессов вторичной переработки нефти, в частности, при строительстве новых или реконструкции существующих установок изомеризации.

Изомеризация представляет собой процесс, в котором молекулы углеводородов с прямой цепью превращаются в молекулы углеводородов с разветвленной цепью. Изомеризация является важным процессом вторичной переработки нефти, который характеризуется разнородностью физико-химических процессов переработки сырья и материалов, дорогостоящими катализаторами, многочисленными технологическими связями, разнообразием видов оборудования.

Целью работы является повышение эффективности проектирования установок изомеризации на базе ЦИМ. Для решения данной задачи разработан программный комплекс проектирования ЦИМ промышленных установок изомеризации. Структура комплекса спроектирована на основе типовой архитектуры компьютерной системы для разработки ЦИМ процессов вторичной нефтепереработки, предложенной в работе [1]. В состав комплекса входят: модуль формирования технического задания на проектирование установок изомеризации; модуль выбора сырья и катализатора; модуль выбора, компоновки и размещения реакторов изомеризации; модуль поверочного расчета процесса изомеризации; база данных характеристик сырья, катализаторов и реакторов процесса изомеризации; библиотека математических моделей для поверочного расчета; интерфейс проектировщика; интерфейс администратора.

Для реализации программного комплекса на языке программирования C# используется встроенная платформа в среде Visual Studio – Windows Forms. Для управления библиотеками и базами данными используется СУБД SQLite. Компоновка технологического оборудования осуществляется в системе проектирования PlantLinker.

Разработанный программный комплекс позволяет уменьшить время проектирования и внесения изменений и число ошибок при проектировании, повысить уровень автоматизации этапов проектирования: этапа технологического проектирования, этапа выбора и компоновки технологического оборудования.

Тестирование программного комплекса проводилось на примере данных установки изомеризации по производству высокооктановых бензинов ЛК-2Б, в которой сырьем является стабильный гидрогенизат и катализатор ATIS-2L. Результаты тестирования подтвердили работоспособность программного комплекса.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Фураев Д.Н., Чистякова Т.Б. Компьютерная система для разработки цифровых информационных моделей процессов вторичной переработки нефти // Программные продукты и системы. 2022. № 3. С. 482–487.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абиев Р.Ш. 4, 367
Абрамян Л.К. 373
Агафонов Д.В. 153, 161
Азаров Д.К. 230
Акатов А.А. 326
Акулова Ю.П. 316
Албади Я. 24
Александров Р.Ю. 143
Александрова А.В. 226
Александрова Е.А. 102
Александрова Ю.В. 374
Аликин М.Б. 179, 192
Аликина Ю.А. 310
Алхатиб Р. 331
Ал-Хуссеини М.Д. 231
Аль Мустафа А. 77
Аль-Шехадат Р.И. 171
Ананченко И.В. 231, 295
Антоненко Д.В. 78
Антонова В.К. 356
Артамонов А.А. 367
Артамонова Т.В. 8
Архипов А.А. 232
Астафьева Е.В. 322
Афанасьева А.А. 201
Афонин М.А. 380
Ахматнабиев М.Ф. 299

Б

Бабаев А.И. 114, 115
Бабич К.И. 25, 121
Багров И.В. 141
Байрамова А.О. 332
Байчурин Р.И. 41
Балабанов С.В. 44, 62
Балабанова Е.А. 45
Балыш З.С. 300
Баракова Н.В. 186, 354
Баранов Г.Д. 202, 203
Бахарев И.О. 144
Бахметьев В.В. 57
Бездудная О.Е. 375, 379
Безумова А.А. 46
Белоусова О.Н. 233
Белухичев Е.В. 180, 181
Беляев Д.Ю. 353
Беляева А.Д. 301
Беляева И.Д. 301, 320
Беляков А.Н. 145
Белянкин Е.О. 321
Бердоносов Д.Ю. 317
Беспалов Д.С. 209, 333
Бессонов В.В. 120
Билятдинова Е.К. 228
Бовчурова И.П. 234, 235
Богданов С.П. 47, 70
Богданова А.С. 48
Бодалев И.С. 299, 314
Бойцов В.М. 101, 361
Болдин Н.С. 236
Большаков А.А. 369
Большунова Е.А. 50
Бондарцева А.А. 79
Боридько Л.Ш. 172
Борисова Е.И. 213
Боровинская Е.С. 250, 251
Бразовская Е.Ю. 49
Британов В.П. 196, 293
Брюхов Р.Р. 146
Булкина А.К. 117
Булыга Д.В. 204
Буракова Л.Д. 311
Бурдинская В.О. 339
Бурмистров Н.Д. 170
Быкова А.Д. 145, 147

В

Ваганова А.М. 302, 303
Вагнер А.Э. 148
Варлашина Е.В. 237
Васильев В.В. 238, 239
Васина О.В. 358
Венкова Е.О. 149
Веригин А.Н. 211, 212
Видлер А.Д. 334
Видякин Е.А. 31, 37
Викторов Н.Б. 80
Вишневская Т.А. 158
Власов Р.Э. 368
Возняковский А.П. 302, 303
Волкова А.В. 335

Волкова Е.Н. 136
Володин Д.В. 359
Володина Д.В. 304
Володина Л.А. 240
Ворона С.В. 8, 227
Воронин Н.О. 376
Воронина Д.Ю. 81
Вострикова В.Д. 49
Вощиков В.И. 185

Г

Габриэль П.О. 328
Гаврилова Д.А. 141, 204
Гаврилова М.А. 141, 204
Гайдукова Л.В. 50
Гайковая Е.М. 93
Галанов М.Э. 377
Галицкая В.С. 88
Генералов Р.И. 305
Герасимов Р.А. 205
Герасимова Е.А. 51, 82
Герасимчик Г.И. 336
Гизлер Н.Н. 241
Гилевская О.В. 210, 224
Гладчук А.С. 201
Голубев А.В. 242
Гонашвили А.С. 358
Гонтарева Д.В. 339
Гончарова Т.С. 378
Горкуша Г.В. 359
Гофман И.В. 187
Григорьев В.Н. 26
Григорьев Д.А. 242
Григорьев Д.В. 173
Григорьева Л.В. 321, 329
Григорьева Т.А. 177
Гриценко М.М. 171
Груздков А.А. 243
Грушина А.А. 306
Грушко О.И. 27
Гуань С. 172
Гудкин А.В. 173, 209
Гурко Н.С. 122, 134
Гуцал М.А. 28

Д

Дадыкин А.Ю. 52
Далидович В.В. 321, 329
Дамрин А. 263
Дамрин Б.О. 244, 245
Данилик А.Д. 83
Данилова А.А. 29
Данильчук В.С. 211
Дарвиш Ф. 84
Дворко И.М. 170
де Векки Д.А. 104, 105
Денисов Ю.С. 121
Деркачева А.С. 85
Джанаев И.В. 53
Джафарли Н.Т. 174
Дильдин А.А. 175
Дозорцева А.К. 206
Докторов Д.В. 375, 379
Долгин А.С. 70
Донцов С.А. 324, 328
Дорошенко К.С. 122
Драчиловский В.О. 377
Драчук А.С. 337, 343
Дружинин В.Д. 30, 86
Дулецкая Д.А. 322
Дунец Е.В. 87, 88
Дуничев М.Д. 323
Дьяченко С.В. 44
Дякин П.В. 150, 307

Е

Евсеенкова К.Д. 246
Евстигнеева Е.С. 123
Евстропьев С.К. 141, 204
Егоров В.Н. 40
Егоров Д.М. 82, 89
Егорова А.В. 379
Ежовский Ю.К. 54
Елюкова Н.В. 56, 73
Емельянова К.И. 247
Емонаков К.Ю. 248
Епифанцева В.Э. 89
Еремин А.В. 118
Ермаков Д.И. 369
Ерохин В.И. 249
Ершов Д.К. 250
Ефимова Т.П. 93

Ж

Жданова А.П. 338
Жохова Ю.Р. 55
Жуйкова Е.К. 158
Жуков А.С. 47, 48

Жулин Н.А. 251

З

Задириенко М.И. 339
Зайцев Г.А. 340, 352
Зайцева С.А. 75
Закиров И.Д. 380
Захаренко К.А. 368
Захаров Д.А. 252
Захарова Н.В. 136, 290
Заярный А.А. 31
Зевацкий Ю.Э. 5, 8
Земцева А.А. 324
Зенина А.Д. 349
Зиганшина А.С. 56
Зиминов А.В. 92, 110
Злыгостев С.С. 253
Зобнин И.М. 254
Зотов А.С. 381
Зубкова М.Ю. 32
Зуев И.В. 255
Зыкова П.Д. 57, 325
Зяблова М.И. 151

И

Иванова М.А. 341, 355
Иванова Мар.А. 90
Ивановский С.А. 176
Изотова С.Г. 29
Ильин А.А. 256
Ильина Е.А. 326
Илюшин М.А. 17
Ионов Я.А. 342, 353
Исмагилова Д.Э. 152
Ишутин А.Г. 212

К

Кайгородова Е.А. 257, 258
Кайда А.А. 332
Калашникова А.К. 27,33
Калинин Е.О. 207
Калинина М.В. 63
Кантерман А.С. 91
Каплан М.А. 382
Караваева А.В. 141
Караджанов М.М. 259
Карпухин С.В. 360
Касаткина Е.В. 260
Касимов И.Т. 121
Каташев П.А. 58
Кескинов В.А. 316
Киндт Д.Н. 177
Киреев К.Э. 153
Кирьянов Н.В. 44
Кирюшкин А.А. 17
Киселева А.Ю. 92, 111
Киселева Д.А. 308
Клементьев В.Н. 124
Клепиков В.В. 316
Князева А.Д. 343
Ковалёв Д.А. 261, 262
Ковалёв И.Ю. 125, 138
Ковалёва О.А. 93
Ковалёва П.Р. 59, 60
Коваленко А.С. 201
Козинцев М.А. 94, 95
Козлов А.В. 255, 380
Козлов А.С. 17
Колесник Е.А. 154
Колесникова А.В. 263, 296
Колмаков А.Г. 382
Компанец А.Г. 178
Кононова У.Е. 344
Константинов В.А. 213
Конушкин С.А. 382
Концов Д.А. 264
Копылова А.А. 345, 347
Копылова О.И. 148, 383
Коржикова-Влах Е.Г. 118, 187
Корниенко И.Г. 264, 266
Косенкова А.А. 126
Котелкова Е.О. 50
Котомин А.А. 17
Красиков А.В. 143
Красилин А.А. 26
Красильникова Л.Н. 197
Краснобородько Д.А. 265
Кротов И.А. 266
Круглова В.В. 96
Крылов А.С. 81
Кузнецова А.Р. 149, 161
Кузнецова В.А. 61
Кузнецова В.М. 127, 132
Кузнецова Г.В. 246, 256
Кузьмин А.А. 155
Куклина К.А. 124, 131
Кукушкин В.Ю. 10

Кулешова А.Д. 179
Кульков М.М. 128, 129
Куляев Е.В. 267
Курдесов В.Ю. 180
Куркина В.В. 236, 261
Куропятник А.М. 62, 71
Кутлимуратов Р.М. 161
Кучина В.А. 34, 35

Л

Лаврищева С.А. 148, 383
Лавров Н.А. 180, 198
Лаврова А.С. 120, 373
Ларина Д.Р. 384
Латыпова У.М. 344, 346
Лебедев С.О. 59, 72
Лебедева Н.В. 26
Лебедева Т.М. 175, 196
Левинский И.В. 268, 370
Лейнсоо А.А. 116
Летенко Д.Г. 316
Лихачев И.Г. 213, 391
Лобанова Ю.С. 155
Логинов С.В. 159, 162
Ложкина Д.А. 306
Локтюшкин Н.Р. 63
Ломакин М.С. 36, 51
Лопатин С.И. 45
Лопатько В.В. 214
Лосев В.А. 205
Лукина В.А. 97
Лушанкин Я.П. 64
Лысова С.С. 8

М

Мажай В.С. 98
Макаренко С.В. 41
Макарова А.А. 269
Макарова Л.Ф. 237
Макарук Р.В. 279, 286
Макушева И.В. 215
Малаховская А.Ю. 156
Малыгин А.А. 11, 309
Марков А.В. 210
Марков М.А. 13, 147
Маркова М.А. 34, 35
Мартинсон К.Д. 301
Маслацова А.А. 117
Матвеева А.А. 181, 270
Матвеева В.Д. 26
Матвиенко В.Д. 118
Матузенко М.Ю. 316
Мацухов А.А. 50
Мачульскайте Т.В. 182, 189
Машляковский Л.Н. 178
Мельшина Е.М. 130
Мешковский И.К. 204
Мещанов Л.А. 374
Мещерякова С.А. 160
Мик И.И. 125, 128
Минаева В.Ю. 41
Миронова А.И. 216, 217
Миронова А.П. 183
Мирошкина А.А. 310
Мискина Д. 129, 139
Мисник Е.В. 354
Михайлов И.А. 271
Михайлова М.К. 117
Михайлова Ю.С. 272
Моисеев Т.Н. 131, 140
Моисеева И.И. 99
Молодкина Н.Р. 334
Мораева М.В. 339
Морозова В.Ю. 389
Муравский А.А. 176, 195
Мусаев А.А. 16, 265
Мусаев Ан.А. 239, 259
Мызников Л.В. 8, 107
Мякин С.В. 172, 193

Н

Назарова Е.А. 342
Назарова С.В. 157
Наумов Е.М. 136
Наумова А.П. 249
Неверовская А.Ю. 188, 303
Незамаев Н.А. 218
Непочатый Г.Д. 100
Нечаев В.А. 132
Нечаева Е.А. 305
Никитин И.Д. 158
Никифоров А.А. 118
Никифоров И.С. 311
Николаев А.Н. 293
Николаев О.О. 175
Николаева А.Д. 133, 159
Николаева Е.В. 385

Никоноров Н.В. 141
Нилова Д.В. 8
Новикова Д.С. 96, 349
Новожилова Д.Д. 112
Новожилова Е.А. 308, 312
Новожилова И.В. 268, 377
Новокрещенова Д.А. 36
Норзерн М.В. 149
Норкина А.Н. 134
Няникова Г.Г. 301

О

Огурцов К.А. 47
Огурцова А.Д. 207
Озерова О.Ю. 41, 375
Ольховский О.В. 184
Орехов Н.Р. 37
Орлова А.А. 228
Орлова Д.Н. 317
Осипенко У.Ю. 130
Осминина А.А. 38
Островский В.А. 17

П

Павлов Б.Д. 28, 37
Павлов С.Б. 44
Павлова А.Ю. 345, 347
Павлюкова Ю.Н. 17
Панасенко С.А. 386
Панина Н.С. 118
Панфилов Д.А. 183, 190
Парих К.А. 160
Парунова А.Н. 65
Пахомов Н.А. 154
Пашкова Е.С. 332
Пашов С.Ю. 273
Певзнер Л.М. 79
Петров Д.Н. 234, 385
Петров М.Л. 79
Пешехонов А.А. 283
Пидгайко Е.А. 327
Пинчук М.Э. 27
Пирожников П.Б. 182, 189
Пластинина Е.М. 135
Платоненко Г.К. 387
Плеханов А.А. 274
Плешков А.В. 117
Плонский В.Ю. 388
Подкопаева Е.Д. 312
Подольская Е.П. 201
Подцепилова О.А. 313
Подшибякин А.С. 348
Полетаев К.А. 185
Полосин А.Н. 230, 387
Полякова И.Г. 45
Полякова Л.С. 153
Пономарева Н.А. 102
Поняев А.И. 39
Попков В.И. 24, 68
Попова Е.А. 100
Постнов А.Ю. 383
Потапов К.А. 161
Потехин Д.А. 219
Пронина Ю.А. 101, 361
Проснеков И.А. 275
Проститенко О.В. 240, 292
Путис С.М. 17

Р

Раджабов М.И. 328
Разыграев А.С. 270, 378
Рак Р.Д. 82
Ратасеп М.А. 220
Ремизова О.А. 253
Репищная В.И. 144
Рогов А.Ю. 276, 277
Родин А.С. 170
Романова А.А. 349
Романова В.В. 221
Ростокин А.А. 316
Рудаков А.С. 102
Рудакова И.В. 272
Руденко П.С. 278
Руденок Л.П. 166
Румянцев Н.И. 314
Русин А.С. 279
Русинов Л.А. 262
Рустамова Н.Р. 162
Рухлова К.А. 388
Ручкова М.А. 26
Рыкалова Т.А. 329
Рюткянен Е.А. 174

С

Савелкова С.А. 389
Савенков О.Г. 280
Сагайдак А.В. 177
Садриев Р.Р. 281

Сакс Е.Э. 103
Салов Д.А. 40
Салькова А.С. 8
Самоделкин Е.А. 338
Самодурова К.В. 356
Самойлов Д.В. 8
Самонин В.В. 381, 390
Самсоненко А.А. 66
Самсонова М.С. 181
Сапоговская Т.Г. 104, 105
Саранцева А.А. 282
Сатина М.М. 136
Сахабеев Р.Г. 356, 371
Светлов С.Д. 217
Севостьянов М.А. 382
Седов В.П. 317
Сезганова Е.Н. 350, 351
Селиверстова Н.А. 362
Семёнов Д.С. 194
Семикин К.В. 126
Сергеев А.А. 317
Сергеев В.Д. 41
Сергеева Н.М. 67
Сероглазова А.С. 68
Сивцов Е.В. 173
Сикорский Н.Ю. 106
Синюгин Л.К. 205
Скорлупкина П.Д. 137
Скородумова А.А. 222, 223
Скрипникова Т.А. 8
Скрылькова А.С. 83, 89
Слабченко М.Г. 167, 327
Сладковский Д.А. 209, 384
Слинкин Т.В. 315
Слободинская Т.В. 243
Смирная А.Д. 340, 352
Смирнов И.А. 254, 273
Смирнова Д.А. 123
Снетов В.Н. 27
Соболевский В.А. 248
Соколов А. 64
Соколов А.А. 163
Соколов В.Ю. 132
Соколов Г.С. 185
Соколова А.В. 186
Соловей В.Н. 390
Соловьев Д.С. 353
Соломаха О.А. 187
Сомов А.С. 283
Соппа М.С. 284
Софронова В.А. 188
Спиридонова А.С. 182, 189
Спиридонова Е.А. 393
Старшова Я.В. 190
Стебловский Г.А. 184
Степаков А.В. 101, 361
Степанов Г.С. 191
Степанова М.А. 118, 187
Степанова О.М. 27
Степановский Н.В. 69
Степанчук А.П. 138, 139
Степичев Е.С. 70
Стольников В.И. 117
Столяров И.С. 285
Сторожек Г.О. 192
Субботин Д.И. 121, 316
Сулим Ю.С. 164, 165
Суровикин Ю.В. 153
Сусла А.П. 40
Сухов А.Е. 205
Суховериков Д.Д. 380
Суясова М.В. 317
Сысоев Е.И. 71
Сычев М.М. 19, 193

Т

Тагильцева Н.О. 56, 73
Тарасова М.А. 72
Тарманов А.А. 286
Терентьева О.А. 391
Терешина В.С. 371
Терещенко К.В. 131, 140
Тетерина Е.В. 167
Тимошенко Д.С. 56, 73
Тимошенко М.В. 193
Тинку А. 141
Тиханова С.М. 42
Тихонов Д.Ф. 194
Тищенко Е.А. 8, 107
Томаев В.В. 75
Топталов В.С. 392
Торлопов И.И. 154
Торопова А.В. 354
Трибулович В.Г. 77, 84
Трифонов Р.Е. 17, 98

Тришин Ю.Г. 102
Туманов П.А. 166
Тюрнина З.Г. 45
Тюрнина Н.Г. 45
У
Усачева У.О. 224, 325
Успенская М.В. 313
Утёмов А.В. 209, 333
Ушаков Н.М. 287
Ф
Фаздалова А.Р. 195
Фарафонов Н.В. 63
Федин А.К. 287, 296
Федоров В.А. 388
Федорова Н.А. 341, 355
Федченко П.В. 133
Филимонов Д.П. 288, 289
Флисюк О.М. 127, 391
Фомин М.Е. 196
Фоминых П.А. 290
Фомичева П.Ю. 291
Форсова К.А. 108, 109
Франсеш Пиреш М. 338
Фураев Д.Н. 387, 394
Х
Халимон В.И. 292
Хамидулин Я.А. 197
Хасанов Д.Г. 342
Хвостиков И.В. 158
Хвостова Е.Д. 332
Хомко Е.В. 178
Хомутинникова Л.Л. 204
Хорев В.А. 74
Хотянович Д.В. 110, 111
Хохлачев С.П. 311, 393
Христюк Н.А. 47, 48
Хромин Д. 161
Ц
Цыганова Т.А. 64
Ч
Чабанова М.М. 167
Чарыков Н.А. 316
Чекуряев А.Г. 172, 293
Черепкова И.А. 316
Чернов И.С. 112
Чистякова Т.Б. 378, 387
Чумаков С.И. 282, 363
Чумакова О.А. 356
Чупахина В.В. 394
Ш
Шальнова Л.И. 198
Шаляпина О.В. 241
Шамцян М.М. 20
Шахов М.А. 294
Шелеманов А.А. 141
Шепотковский А.А. 295
Шешина Н.И. 324
Шилова О.А. 185, 197
Шишко Д.Ю. 296
Шляго Ю.И. 364, 365
Шмелькова С.А. 317
Штомпель Н.Е. 75
Шугуров С.М. 45
Шульцев А.Л. 199
Щ
Щербинина О.В. 21
Я
Яковлев А.В. 168
Яковлева К.С. 297
B
Blokhin A.A. 318
C
Charykov N.A. 318
G
German V.P. 318
Gur’eva A.A. 318
K
Keskinov V.A. 318
Kulenova N.A. 318
L
Letenko D.G. 318
S
Sadenova M.A. 318
Shaimardanov Zh.K. 318
Shaimardanova B.K. 318
Shushkevich L.V. 318

Научное издание

XIV научная конференция «Традиции и Инновации», посвященная 195-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), в рамках мероприятий по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий

Отпечатано с оригинал-макета. Формат 60x84. 1/16
Печ.л. 16,5 Тираж 300 экз.

Санкт-Петербургский государственный технологический
институт (технический университет)

190013, Санкт-Петербург, Московский пр. дом 24-26/49, литер А



Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

ISBN 978-5-905240-93-5