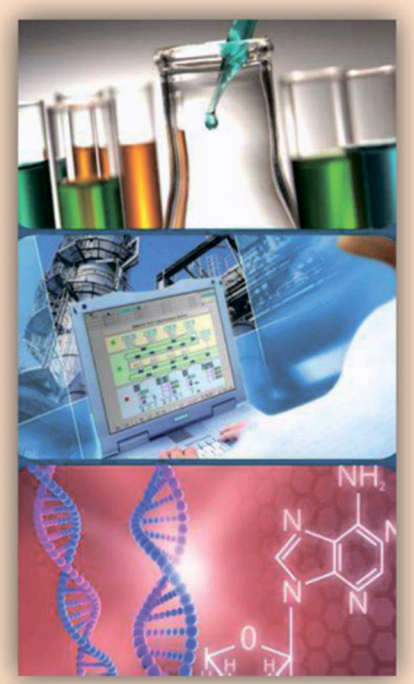
Санкт-Петербургский государственный технологический
институт (технический университет)

22 31 десятилетие науки и технологий

МАТЕРИАЛЫ XV научной конференции «Традиции и Инновации»,



посвященной 196-й годовщине образования
Санкт-Петербургского государственного
технологического института
(технического университета),
в рамках мероприятий по проведению в
Российской Федерации Десятилетия науки и технологий



Санкт-Петербург
2024

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

МАТЕРИАЛЫ
XV научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)

3-5 декабря 2024 года

Санкт-Петербург
2024 г.

Материалы XV научной конференции «Традиции и Инновации», посвященной 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

3-5 декабря 2024 г. – СПб: 2024 - 504 стр.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Редактор обложки:
Павленко Д.Ф.

В сборнике представлены тезисы докладов участников XV научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), прошедшей 3-5 декабря 2024 г. в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете).

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-905240-97-3

© Издательство Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2024

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ



ИМЕННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ХИМИИ: СИЛЬНЫЕ СВЯЗИ ЗА СЧЁТ СЛАБЫХ НЕКОВАЛЕНТНЫХ КОНТАКТОВ

Кукушкин В.Ю.

студент ЛТИ им. Ленсовета, аспирант ЛТИ им. Ленсовета, академик РАН
Институт химии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
e-mail: v.kukushkin@spbu.ru

NAMED INTERACTIONS IN CHEMISTRY: STRONG BONDS THROUGH WEAK NON-COVALENT CONTACTS

Kukushkin V.Yu.

Graduate student of Leningrad Institute of Technology, PhD student of Leningrad Institute of Technology, Full Member of the Russian Academy of Sciences
Institute of Chemistry, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

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- [1-4] или π-дырок [5-8]. В научной группе докладчика было установлено, что даже положительно заряженные металлоцентры могут служить эффективными акцепторами σ-дырок [9], и, в частности, NiII, PdII, PtII, RhI, AuI и AuIII 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.

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

Литература:

1. A. S. Mikherdov, A. S. Novikov, V. P. Boyarskiy and V. Yu. Kukushkin, Nat. Commun., 2020, 11, Article number 2921;

2. 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;

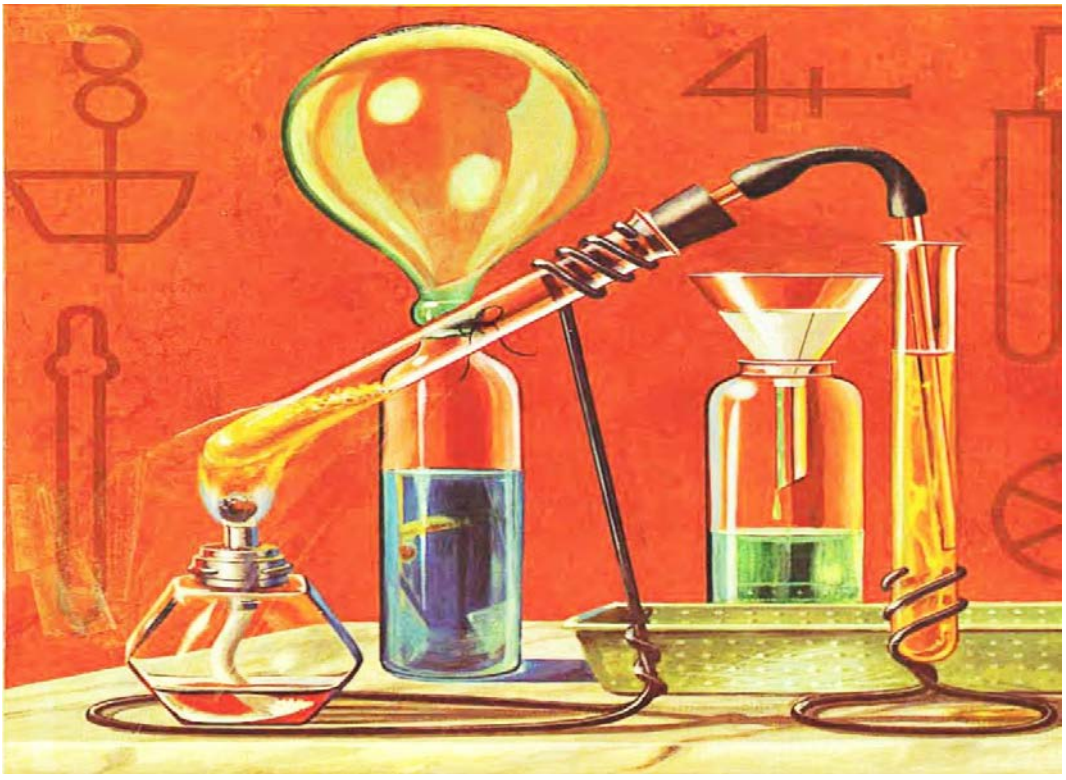
3. A. V. Rozhkov, E. A. Katlenok, M. V. Zhmykhova, A. Yu. Ivanov, M. L. Kuznetsov, N. A. Bokach, V. Yu. Kukushkin, J. Am. Chem. Soc., 2021, 143, 15701.

4. N. S. Soldatova, A. D. Radzhabov, D. M. Ivanov, S. Burguera, A. Frontera, P. A. Abramov, P. S. Postnikov, V. Yu. Kukushkin, Key-to-lock halogen bond-based tetragonal pyramidal association of iodonium cations with the lacune rims of beta-octamolybdate, Chem. Sci., 2024, 15, 12459.

5. 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;

6. 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;
7. E. A. Katlenok, N. A. Semenov, M. L. Kuznetsov, N. A. Bokach, V. Yu. Kukushkin, Inorg. Chem. Front., 2023, 10, doi: 10.1039/D3QI00087G.
8. E. A. Katlenok, A. V. Rozhkov, M. L. Kuznetsov, V. V. Suslonov, V. Yu. Kukushkin, Inorg. Chem. Front., 2024, 11, 1252
9. D. M. Ivanov, N. A. Bokach, V. Yu Kukushkin, A. Frontera, Chem. Eur. J., 2022, 28, e202103173.

СЕКЦИЯ 1.
ФИЗИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Барыльник И.Н.*, *Раджабов М.И.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды
e-mail: inna.barilnik@yandex.ru,magomed.radzhabov.99@inbox.ru

CHANGES IN THE OXYGEN CONTENT OF WATER UNDER THE INFLUENCE OF AN ELECTRIC FIELD

Barylnik I.N.*, *Radzhabov M.I.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Содержание кислорода в воде увеличивается при обработке ее электрическим током. Такой результат связан с электролизом, который представляет собой расщепление воды на кислород (O_2) и водород (H_2) (рисунок) [1].

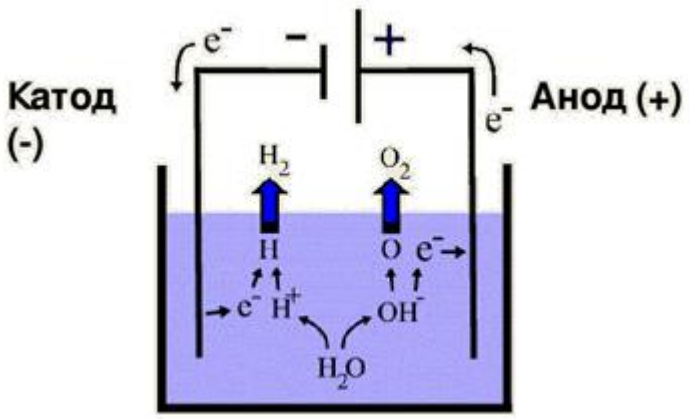


Рисунок – Процесс расщепления воды на кислород и водород путем электролиза

Таким образом, на катоде (отрицательном электроде) выделяется водород, а на аноде (положительном электроде) – кислород. Этот эффект наиболее выражен при высоких напряжениях и достаточной электропроводности воды.

В некоторых случаях электрическое поле может активировать кислород в воде, формируя активные формы кислорода (АФК) такие как гидроксильные радикалы (OH*) и озон (O_3). АФК обладают окислительной способностью и могут окислять органические вещества в воде, что может приводить к уменьшению концентрации растворенного кислорода. Это кратковременный эффект, и после прекращения электролиза уровень кислорода обычно восстанавливается [2].

Литература:

1. Коровин Н.В. Общая химия. Москва «Высшая школа» 1998г. 284 с.
2. Ардакова, Э.А., Ергалиев, Т.М. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, Гуманитарный институт 2018. 32-36 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭПОКСИДНО-НОВОЛАЧНОГО БЛОКСОПОЛИМЕРА

***Беляева Д.С.*[1], *Сентуков Н.Е.*[2]**

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров,

[2]ООО «Пигмент-Холдинг»

e-mail: sun_in_sky@list.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CONTROLLING THE PRODUCTION OF EPOXY-NOVOLAC BLOCK COPOLYMER

***Belyaeva D.S.*[1], *Sentukov N.E.*[2]**

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

[2]«Pigment holding company» LLC

Эпоксидно-фенольные (новолачные) блок-сополимеры (ЭНБС), разработанные на кафедре химической технологии пластмасс СПбГТИ(ТУ) более сорока лет назад, зарекомендовали себя в качестве высокоэффективного, одноупаковочного связующего для композиционных реактопластов конструкционного, аэро-космического и других назначений. Производство ЭНБС осуществляется с помощью блок-сополимеризации эпоксидной и фенолформальдегидной смол путем сплавления в течение строго заданного времени. Процесс требует контроля полученного в ходе синтеза материала, чтобы обеспечить высокое качество и стабильность продукции. Основной контролируемый параметр – это степень сополимеризации, то есть длина цепочки сополимера.

Для обеспечения более эффективного контроля процесса производства ЭНБС был предложен метод исследования длины цепочки полимера путем нахождения молекулярной массы. Способ исследования молекулярной массы методом эбулиоскопии позволяет определить среднечисловую молекулярную массу [1].

Метод основывается на физических свойствах растворов полимеров. В бесконечно разбавленных растворах активность растворителя в растворе становится близкой к активности чистого растворителя. В этих условиях изменение температуры, необходимое для повышения давления паров от p до p_0 можно упрощенно математически выразить формулой:

$$\Delta T = K * \frac{gi}{M}$$

где: g_i – масса фракции полимера, г; M – молекулярная масса полимера; K – эбулиоскопическая константа растворителя. Достоинство эбулиоскопического метода определения молекулярного веса заключается в том, что при этом удается определить число всех молекул высокомолекулярного вещества, включая наиболее низкомолекулярные фракции. Погрешность данного метода определяется погрешностью термометра.

В ходе набора обширных статистических данных по применению метода эбулиоскопии было выявлено, что данный метод более успешно выявляет бракованную продукцию, чем существующий метод контроля производства путем измерения эпоксидного числа по ГОСТ Р 56752-2015. Таким образом, предложенный метод контроля производства ЭНБС доказывает свою эффективность и отсутствие материальных затрат при применении на производстве.

Литература:

1. Физика и химия полимеров: методические указания к самостоятельной работе и практическим занятиям / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.В. Агеева. Курск, 2016. 43 с.: ил. 6, табл. 5. Библиогр.: с. 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ЦИРКОНИЙ (IV) С КСИЛЕНОЛОВЫМ ОРАНЖЕВЫМ МЕТОДОМ СТАРИКА-БАРБАНЕЛЯ

Большакова Н.Д.*, *Храмов А.Н.

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

e-mail: nataliiabolshakova899@mail.ru

DETERMINATION OF THE COMPOSITION OF ZIRCONIUM (IV) COMPLEX WITH XYLENOL ORANGE METHOD BY THE STARIK-BARBANELS METHOD

Bolshakova N.D.*, *Khramov A.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Комплекс циркония с ксиленоловым оранжевым (КО) может использоваться при спектофотометрических определениях циркония, как альтернативным фотометрическим реагентом метода с пикрамином. Целью работы являлось определение состава образующегося комплексного соединения и в выборе оптимальных условий фотометрирования.

Метод относительного выхода (Старика-Барбанеля) позволяет точно определить стехиометрию реакции комплексообразования, не зависит от устойчивости комплекса, интервала концентрации взаимодействующих веществ и применим к любой стехиометрической реакции [1].

Определение проводилось в диапазоне концентраций Zr, КО $10^{-5}\div10^{-6}$ моль/л. Кривая относительного выхода строилась при постоянной концентрации ионов циркония (рисунок) в координатах $\Delta D/C_{KO}$-$D/\Delta D$. Затем на основе кривой (рисунок) дополнительно рассчитан коэффициент n для комплекса вида MR_n, где M-ион циркония и R-ион ксиленолового оранжевого.

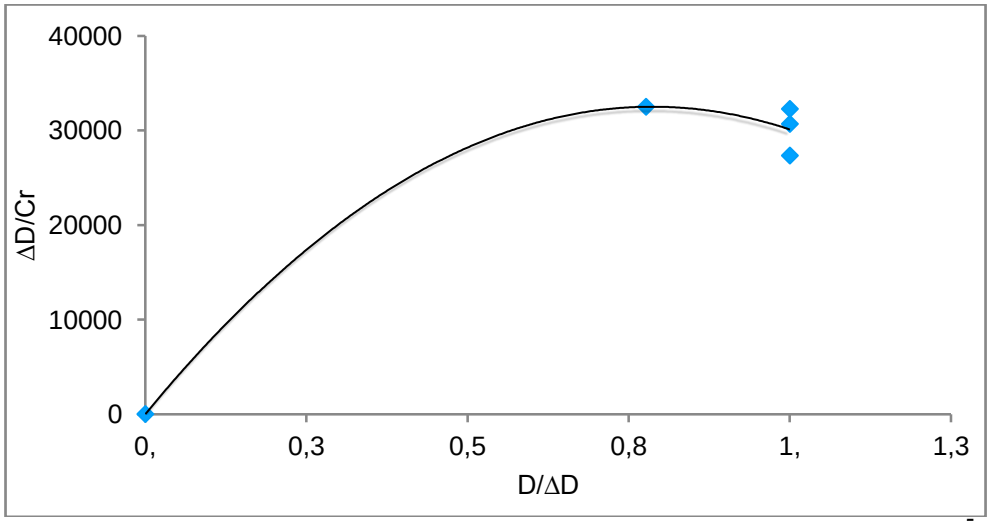


Рисунок – Кривая относительного выхода при C_{Zr}=const для концентраций 10^{-5} моль/л

По результатам работы установлен предполагаемый состав устойчивого комплекса ZrR_4 при pH=2 и длине волны 550 нм, данный результат воспроизводим для диапазона концентраций $10^{-5}\div10^{-6}$ моль/л.

Литература:

1. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. / М.И. Булатов, И.П. Калинкин; 5-е изд., перераб. – Ленинград: Химия, 1986 – 432 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОГО КОЭФФИЦЕНТА СВЕТОПОГЛОЩЕНИЯ МЕТОДОМ КОМАРЯ КОМПЛЕКСА ЦИРКОНИЯ (IV) С КСИЛЕНОЛОВЫМ ОРАНЖЕВЫМ

Большакова Н.Д.*, *Храмов А.Н.

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

e-mail: nataliiabolshakova899@mail.ru

DETERMINATION OF THE MOLAR ABSORPTION COEFFICIENT BY THE KOMARS METHOD OF ZIRCONIUM (IV) COMPLEX WITH XYLENOL ORANGE

Bolshakova N.D.*, *Khramov A.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Молярный коэффициент светопоглощения является одной из важных характеристик в фотометрии, являясь мерой чувствительности фотометрических методов.

Метод Комаря является универсальным методом точного определения молярных коэффициентов светопоглощения и констант равновесия реакций комплексообразования. Метод предполагает знание типа реакции или состава комплекса, установленных независимым путем [1]. Целью работы являлось определение молярного коэффициента светопоглощения. Комплекс циркония с ксиленоловым оранжевым (КО) используется для количественного определения малых количеств циркония (диапазон определяемых концентраций 10^{-3} - 10^{-7} моль/л) и для более точного подбора условий фотометрирования необходимо знать константы равновесия реакции комплексообразования в зависимости от значения pH раствора и температуры. Определение проводилось в сильнокислой среде и постоянной температуре, с реактивами марки восьмиводная хлорокись циркония х.ч и ксиленоловый оранжевый - ч.д.а. Измерения проводились на СФ-2000. Оптические плотности были измерены при длине волны 550 нм. Было определено значение молярного коэффициента светопоглощения при различных концентрациях ксиленолового оранжевого.

Расчет проводился по формуле:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{1}{l} \times \left(\frac{Di}{Dj} + B \times \frac{Di - bDj}{Ci \times (b - B)}\right)$$

Значение молярного коэффициента светопоглощения для концентраций $C_{Zr}=6\times10^{-5}$ моль/л, $C_{KO}=3\times10^{-5}$ моль/л составляет от 9×10^{4} л·моль$^{-1}$·см$^{-1}$.

Были определены коэффициенты светопоглощения для диапазона концентраций и выявлено, что строгое соблюдение условий крайне важно для корректного образования комплекса Zr-КО. Наиболее сильное влияние на состав комплекса оказывает кислотность среды (pH). При повышении значения pH выше 2,0 количественное образование комплекса состава ZrR_4 уменьшается, т.е. протекают побочные реакции, на спектре поглощения ярко выражен пик ксиленолового оранжевого и менее выражен пик самого комплекса. Температура так же оказывает влияние на скорость реакции и соответственно образования комплекса. При уменьшении температуры уменьшается и скорость реакции.

Литература:

1. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. / М.И. Булатов, И.П. Калинкин; 5-е изд., перераб. – Ленинград: Химия, 1986 – 432 с.

ПОДХОД К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ УРАВНЕНИЯ МЕРЦА-АЛФРЕЯ-ГОЛДФИНГЕРА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МОДЕЛИ ПРЕДКОНЦЕВОГО ЗВЕНА МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА

Борисенко М.С.*, *Вагин А.А.

Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений

e-mail: aarghm@hq.macro.ru

AN APPROACH TO THE MERZ-ALFREY-GOLDFINGER EQUATION NUMERICAL SOLUTION APPLIED TO THE PENULTIMATE MODEL BY THE GRADIENT DESCENT METHOD

Borisenko M.S.*, *Vagin A.A.

Branch of Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of National Research Centre «Kurchatov Institute» – Institute of Macromolecular Compounds

Константы сополимеризации являются важнейшими характеристиками реакционной способности мономеров, позволяющими рассчитать условия синтеза сополимеров для получения заданной микроструктуры, оценить взаимосвязь реакционной способности и химического строения мономеров. В случае мономеров с объёмными или полярными заместителями лучшей с точки зрения предсказательной способности показывает себя модель предконцевого звена.

Уравнение Мерца-Алфрея-Голдфингера [1]:

$$n = \frac{1+r_1''X(r_1'X+1)/(r_1''X+1)}{1+r_2''(r_2'+X)/(X(r_2''+X))}$$, где X = $[M_1]/[M_2]$

содержит четыре неизвестных, а значит, его решения содержатся в четырёхмерном фазовом пространстве с осями r_1', r_1'', r_2', r_2''. Поиск его численных решений является крайне трудо- и времезатратной процедурой и требует применения итерационных способов вычисления. С целью оптимизации поиска корней уравнения был использован метод градиентного спуска, подходящий для случая пространств с любой размерностью. Для расчётов применялись данные по сополимеризации 2-гидроксиэтилметакрилата (ГОЭМА) с 2-акриламидо-2-метилпропансульфокислотой в ДМСО и этаноле, а также ГОЭМА с N-винилсукцинимидом (ВСИ) в ДМСО и бензоле [2]. Область поиска решений ограничивали гиперкубом в области с положительными r_1', r_1'', r_2', r_2'' и верхней границей в 5, исходя из значений относительных активностей, определенных по модели концевого звена. Метод градиентного спуска применяли с шагом в 0,5. Из полученного набора корней уравнения выбирали тот, при котором бы наблюдалось минимальное отклонение вычисленных значений n от экспериментальных согласно условию:

$$\min_{r_1',r_1'',r_2',r_2''} \sum_{i=1}^{k} (n_{теор} - n_{эксп})^2$$

Полученные результаты относительных активностей мономеров соотносились с таковыми, рассчитанными в рамках модели концевого звена. Найденные методом градиентного спуска константы для системы ГОЭМА–ВСИ оказались близкими к тем, что были получены симплексным методом авторами [2].

Работа была выполнена в рамках госзадания № 124013000730-3.

Литература:

1. Хэм, Д. Сополимеризация / Под редакцией В.А. Кабанова. - Москва: Химия, 1971. - 616 с.

2. Лавров, Н.А. Полимеры на основе 2-гидроксиэтилметакрилата / Н.А. Лавров. - Санкт-Петербург: Профессия, 2017. - 176 с.

СИНТЕЗ ДИКАРБОНИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНЕЦИЯ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ ЛИГАНДАМИ

***Гаврищук С.О.*[1], *Мирославов А.Е.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной радиоэкологии и радиотехнической технологии,*

[2]*АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»*

e-mail: gavrisuksemen@gmail.com, amiroslav@mail.ru

SYNTHESIS OF TECHNETIUM DICARBONYL COMPLEXES WITH HETEROCYCLIC LIGANDS

***Gavrishchuk S.O.*[1], *Miroslavov A.E.*[2]**

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

[2]*«Radium Institute named after V.G. Khlopin»*

Технеций-99m один из самых востребованных изотопов, применяемых для диагностики методом ОФЭКТ. Трикарбонильные комплексы технеция интенсивно изучаются последнее время, что связано с высокой устойчивостью, широкими возможностями для варьирования молекул доставщиков, а также простой процедурой синтеза трикарбонильного ядра [1]. В то же время дикарбонилы технеция тоже могут выступать в качестве платформы для связывания изотопа ^{99m}Tc с биомолекулами. Поиск новых устойчивых дикарбонильных соединений технеция, подходящих для этих целей, и путей их синтеза, остаётся актуальной задачей.

Химические свойства соединений технеция и рения весьма схожи, поэтому в данной работе был адаптирован синтез известного дикарбонильного соединения рения, $[Re(CO)_2(phen)_2](CF_3SO_3)$ [2], с целью получения аналогичного соединения технеция. Для этого был выбран «Melt method», который заключается в замещении карбонильных групп $[Tc(CF_3SO_3)(CO)_5]$ в расплаве лиганда, 1,10-фенантролина. Трифлат пентакарбонила технеция-99 был получен по реакции $[TcBr(CO)_5]$ с трифлатом серебра в CH_2Cl_2. ИК-спектр $[Tc(SO_3CF_3)(CO)_5]$ в CH_2Cl_2: 2071; 2013 см$^{-1}$. $[Tc(CO)_2(phen)_2](CF_3SO_3)$ был очищен методом сублимации в вакууме 0.008 атм при температуре 130°C и последующей флеш-хроматографией. ИК-спектр $[Tc(CO)_2(phen)_2](CF_3SO_3)$ в CH_2Cl_2: 1867; 1940 см$^{-1}$. Аналогичная реакция была проведена с применением 2,2’-бипиридина в качестве бидентатного лиганда при 75 °C в течение 4 часов. ИК-спектр продукта реакции содержал полосы характерные для трикарбонилов технеция: 1946; 2046 см$^{-1}$.

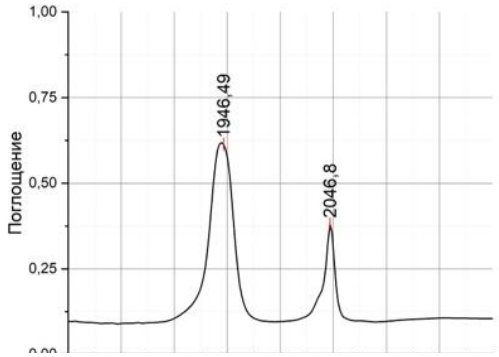


Рисунок – ИК-спектр продукта реакции с 2,2’-бипиридином

Литература:

1. Alberto, R., Schibli, R., Egli, A., Schubiger, A.P., Abram, U., Kaden, T.A. // J. Am. Chem. Soc. 1998. Vol. 120, № 31. P. 7987–7988

2. Smithback J.L., Helms J.B., Schutte E., Woessner S.M., Sullivan B.P. Prepara- tive routes to luminescent mixed-ligand rhenium (I) dicarbonyl complexes // Inorganic chemistry. — 2006. — Vol. 45, no. 5. — P. 2163–2174.

ИЗМЕНЕНИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Джафарли Н.Т., Басова Е.А.

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

e-mail: Nidjat96@mail.ru

CHANGES IN OSMOTIC PRESSURE OF WATER AFTER ELECTROPHYSICAL TREATMENT

Jafarli N.T., Basova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Влияние физических и в частности, электрических полей на жидкости различной полярности может послужить одним из перспективных способов интенсификации тепломассообменных и гидродинамических процессов, как в технике, так и в живой природе [1].

Изменение свойств жидкости при электрофизическом воздействии в постоянных и переменных электрических полях, приводит к электроконвекционным явлениям, которые упорядочивают надмолекулярную структуру жидкости и способствуют возникновению предпочтительной ориентации молекул [2].

В данной работе было изучено влияние переменного электрического сигнала на осмотическое давление воды. Исследование проводилось методом определения высоты поднятия уровня физиологического раствора в сообщающихся сосудах, разделенных биологической полупроницаемой мембраной. Результаты осмотического давления и высоты поднятия воды и электрофизически обработанной воды переменным частотно-модулируемым сигналом относительно физиологического раствора представлены ниже.

Таблица – Осмотическое давление воды относительно физиологического раствора (0,9 % NaCl масс)

		Высота поднятия жидкости Δh, мм	Осмотическое давление π, Па
Без электрофизической обработки		3,5±0,05	335,2±5,0
После обработки переменным частотно-модулируемым сигналом	10 минут	3,6±0,05	347,4±5,0
	20 минут	3,7±0,05	363,1±5,0
	30 минут	3,9±0,05	387,8±5,0
	40 минут	4,1±0,05	412,7±5,0
	50 минут	4,4±0,05	436,4±5,0
	60 минут	4,7±0,05	462,6±5,0

Экспериментальные данные показывают, что у воды обработанной переменным частотно-модулируемым сигналом осмотическое давление выше, чем у необработанной.

Электрофизическое воздействие переменными электрическими полями на полярную жидкость приводит к изменению осмотического давления. В связи, с чем можно предположить, что проницающая способность у полярных жидкостей увеличивается после воздействия электрического сигнала, что может привести как к увеличению выхода целевого компонента в процессах экстрагирования, так и изменению сценариев метаболизмов в живой клетке.

Литература:

1. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978. 240 с.

2. Азимов Д.С., Ивахнюк Г.К., Шешина Н.И., Поляков А.И. Электрофизические и нанохимические инновации в обеспечении энергоресурсосбережения, промышленной и экологической безопасности // Известия СПбГТИ(ТУ). 2018. № 46(72). С. 120-122.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Дмитриева А.С.

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

e-mail: dmitriyeva03@bk.ru

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR TURBIDIMETRIC ANALYSIS OF COLLOIDAL SOLUTIONS

Dmitrieva A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Многие объекты, представляющие особый исследовательский интерес, являются коллоидными растворами. К их числу можно отнести суспензии наночастиц, включая феррофлюиды, биосенсоры, полимерные мицеллы и другие. Дисперсные системы, не являясь гомогенными и изотропными, характеризуются рядом специфических свойств, что обуславливает необходимость особенного подхода для их анализа. Турбидиметрия, представляющая собой оптический метод анализа, основанный на регистрации интенсивности света, прошедшего через неоднородный образец, может рассматриваться в качестве кандидатного способа исследования сложных коллоидных систем различной природы [1]. Метод является недеструктивным, не требует сложного аппаратурного оформления и может быть реализован в режиме реального времени.

Цель данной работы заключается в разработке методики турбидиметрического анализа гетерогенных систем, дисперсная фаза которых представлена разными объектами: магнитными наночастицами оксида железа (МНЧ), микросферической целлюлозой и магнитной микросферической целлюлозой.

В ходе апробации методики были получены градуировочные графики зависимости мутности от содержания диспергированных частиц, представленные на рисунке, и выявлена их линейность.

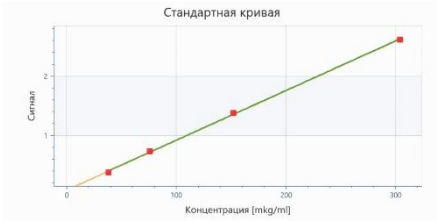


Рисунок – График зависимости коэффициента мутности от концентрации МНЧ в пробе

Также было экспериментально подтверждено уменьшение светорассеяния при изменении длины волны падающего излучения от коротковолновой к длинноволновой части спектра, что обуславливает целесообразность регистрации сигнала при длинах волн, близких к фиолетовой границе.

Разработанная методика позволяет эффективно оценивать мутность дисперсных систем и выявлять их характеристики в режиме реального времени. Экспериментальные данные подтверждают линейную зависимость между мутностью и концентрацией диспергированных частиц, а также демонстрируют влияние длины волны на светорассеяние. Это открывает новые возможности для применения турбидиметрии в исследовании сложных коллоидных систем.

Литература:

1. Gregory J. Monitoring particle aggregation processes // Advances in colloid and interface science. – 2009. – Т. 147. – С. 109-123.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И СОСТАВА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗ В СИСТЕМЕ $LaPO_4$-$GdPO_4$-YPO_4-(nH_2O) В УСЛОВИЯХ МЕТОДОВ «МЯГКОЙ» ХИМИИ

Жидоморова К.А.[1,2]

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ – ИХС*

e-mail: zhidomorovak@gmail.com

THE INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS AND COMPOSITION ON THE PHASE FORMATION PROCESS IN THE $LaPO_4$-$GdPO_4$-YPO_4-(nH_2O) SYSTEM UNDER CONDITIONS OF SOFT CHEMISTRY METHODS

Zhidomorova K.A.[1,2]

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

[2]*The branch of Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of NRC Kurchatov Institute - Institute of Silicate Chemistry named after. I.V. Grebenshchikov*

Известно, что материалы на основе ортофосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ) можно получать в виде нанодисперсных порошков, гелей, керамики и монокристаллов, которые находят свое применение в качестве защитных покрытий, катализаторов, лазерных сред. Фундаментальный интерес представляет исследование фазовых равновесий в многокомпонентных системах ортофосфатов в связи с их потенциальным применением в качестве теплоизоляционных материалов [1], ввиду наличия практически значимых физико-химических свойств таких, как химическая инертность, низкий коэффициент температуро- и теплопроводности.

Данная работа посвящена изучению влияния условий синтеза на формирование фаз в системе $LaPO_4$-$GdPO_4$-YPO_4-(nH_2O) с использованием методов осаждения и гидротермальной обработки (ГТО) при T=230°C при продолжительности изотермической выдержки 2 часа. Синтез проводили при pH 1 и pH 10, щелочная среда достигалась путем добавления водного раствора аммиака к готовой суспензии ортофосфата РЗЭ. Полученные нанокристаллические образцы были исследованы методами рентгенофазового анализа (РФА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) с приставкой для рентгеноспектрального микроанализа (РСМА).

По данным РСМА состав образцов соответствует заданному и отвечает стехиометрии ортофосфата РЗЭ $La_{(1-x)/2}Gd_{(1-x)/2}Y_xPO_4 \cdot (nH_2O)$ (x=0.00, 0.10, 0.20, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.70, 0.90, 1.00). Образцы, полученные методом осаждения с pH 1, кристаллизуются в структурах рабдофана ($0.00 \le x \le 0.55$) и ксенотима ($0.60 \le x \le 1.00$). После ГТО при pH 1 установлено, что в системе формируется двухфазная область, содержащая фазы со структурами рабдофана и монацита при $0.00 \le x \le 0.20$, свидетельствующая о начале трансформации фазы со структурой рабдофана в структуру монацита; фаза со структурой рабдофана при $0.45 \le x \le 0.70$ и фаза со структурой ксенотима ($0.90 \le x \le 1.00$). Образцы, полученные методом осаждения с pH 10 формируются в структуре рабдофана ($0.00 \le x \le 0.45$) и ксенотима ($0.50 \le x \le 1.00$), как и в случае кислой среды. ГТО при pH 10 привела к формированию трёхфазной области, состоящей из фаз со структурами рабдофана, монацита и ксенотима, а также областей со структурами монацита и ксенотима ($0.50 \le x \le 0.70$) и ксенотима ($0.90 \le x \le 1.00$). Для образцов $0.00 \le x \le 0.20$, как и до ГТО, определена только фаза со структурой рабдофана.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект 24-13-00445.

Литература:

1. Chong S., Riley B.J., [et all] // RSC Advances. 2024. V 14(27). pp. 18978-19000. DOI: 10.1039/d4ra01142b

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

Жосан И.А.*, *Арлашкин И.Е.

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

e-mail: iigorezhosan@gmail.com

THEORETICAL STUDY OF SOLID SOLUTION $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$ BY QUANTUM CHEMISTRY METHODS

Zhosan I.A.*, *Arlashkin I.E.

Saint-Petersburg Institute of Technology

MAX-фазы представляют собой семейство тройных слоистых соединений, отвечающих условной формуле $M_{n+1}AX_n$, где M – переходный металл d-группы (Ti, Ta, Zr и др.); A – металл p-группы (Si, Ge, Al); X – углерод или азот. Уникальное сочетание свойств, характерное как для металлов, так и для керамики (малая плотность; высокая тепло- и электропроводность; превосходная прочность; подверженность механической обработки) позволяет говорить о перспективности таких материалов в качестве конструкционных. В последнее время внимание исследователей сосредоточено вокруг твердых растворов на основе MAX-фаз, которые потенциально могут иметь более высокие значение физико-механических характеристик по сравнению с «чистыми» MAX-фазами [1].

В качестве объекта исследований была выбрана система $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$ на основе MAX-фазы Ti_3SiC_2. Все вычисления проводились с использованием программного кода CRYSTAL17. Для расчетов был выбран гибридный DFT функционал B3LYP. Для всех атомов, кроме тантала (Ta), были использованы полноэлектронные базисные наборы гауссовского типа, представленные на сайте CRYSTAL. Так как атом Ta является тяжелым элементом, при его описании был использован метод псевдопотенциала (ECP). Критерий сходимости процедуры SCF, был установлен на значении 10^{-9}. Для ускорения процедуры конвергенции был использован метод DIIS.

Для моделирования твердого раствора были использованы серии суперъячеек, размерами от 1V до 4V от объема элементарной решетки Ti_3SiC_2. Заменой атома Ti на Ta были получены разные композиты, моделирующие твёрдые растворы $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$, где x = 0, 0,04, 0,08 и 0,17.

Все полученные структуры были оптимизированы с использованием аналитических градиентов энергии как по атомным координатам, так и по параметрам решетки, с использованием квазиньютоновской схемы в сочетании с алгоритмом BFGS для обновления матрицы Гессе. Полученные параметры элементарной решетки различных композитов усреднялись для MAX фаз с одинаковым содержанием Ta. Полученные значения согласуются с измеренными экспериментально (в пределах теоретической и экспериментальной точности).

По полученным в ходе вычислений значениям можно подтвердить, что параметры элементарной решетки линейно растут при увеличении содержания Ta в твердом растворе $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$, что наблюдается и при экспериментальных измерениях. Также стоит отметить, что серия смоделированных композитов может использоваться, как для дальнейших вычислений физико-химических свойств (например, модуль Юнга), так и использоваться как хорошая стартовая точка последующих кластерных вычислений с использованием молекулярных программ.

Литература:

1. Dahlqvist M. MAX phases–Past, present, and future/ M. Dahlqvist, M. W Barsoum, J. Rosen // Materials Today. –2024. – Vol. 72. – P. 1-24.

ПРИРОДНЫЕ ГИДРИДЫ, КАК ИСТОЧНИК ВОДОРОДА

***Михайлов А.В.*[1], *Обрывалин М.В.*[1,2], *Бабич К.И.*[1,2], *Денисов Ю.С.*[1,2], *Субботин Д.И.*[2]**

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

[2]*Институт Электрофизики и Электроэнергетики Российской Академии Наук*

e-mail: mixal2005@mail.ru

NATURAL HYDRIDES AS A SOURCE OF HYDROGEN

***Mikhailov A.V.*[1], *Obryvalin M.V.*[1,2], *Babich K.I.*[1,2], *Denisov Yu.S.*[1,2], *Subbotin D.I.*[2]**

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

[2]*Institute for Electrophysics and Electric Power of the Russian Academy of Sciences*

Водород – ценное химическое сырье и перспективное топливо. Водород необходим в таких областях, как нефтехимическая промышленность, органический синтез, водородная металлургия, благодаря которой возможно получать прецизионные сплавы. Кроме того, при освоении космоса, с высокой вероятностью, водородные технологии станут ключевыми. Поэтому уже сегодня, поиск путей получения водорода из различного сырья является перспективным.

Водород содержится в природных гидридах: аммиаке и сероводороде. Сероводород широко распространен на нашей планете, кроме того, это крупнотоннажный промышленный отход. Аммиак же обнаружен на многих телах солнечной системы.

Термическое разложение аммиака и сероводорода – эндотермические процессы. Ниже приведены термические уравнения этих процессов. Как видно, сероводород разлагать энергетически более выгодно, поэтому колонистам на других планетах, в первую очередь, стоит искать месторождения сероводорода.

(1) $2NH_3(г) \rightarrow N_2(г) + 3H_2(г)$ $\Delta H = +92$ кДж/моль

(2) $H_2S(г) \rightarrow H_2(г) + S(г)$ $\Delta H = +20{,}6$ кДж/моль

Осуществлять их нагрев можно с помощью плазмы, например, в плазмотроне переменного тока. Высоковольтные АС-плазмотроны разрабатываются в ИЭЭ РАН. Данные устройства характеризуются высоким КПД и длительным сроком службы. Для определения технических характеристик плазмотронов выполнены термодинамические расчеты. В качестве защитных газов использовались: для сероводорода – аргон, а для аммиака – азот в массовом соотношении гидрид/инертный газ=1/2.

Энергозатраты на получение водорода из аммиака и сероводорода представлены в таблице.

Таблица – Параметры плазменного пиролиза аммиака и сероводорода

Параметр	Аммиак	Сероводород
Температура, К	2250	4220
Степень превращения гидрида	99,7	99,7
Массовое соотношение гидрид/инертный газ	1/2	1/2
Энергия, требуемая на переработку 1 кг гидрида, МДж (кВт·ч)	14,91 (4,14)	30,6 (8,5)
Энергия, требуемая на получение 1 кг водорода, МДж (кВт·ч)	84,49 (23,47)	520,2 (144,5)
Энтальпия плазмы, МДж/кг	4,97	10,20

ВЛИЯНИЕ ЗНАЧЕНИЯ pH РЕАКЦИОННОЙ СРЕДЫ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ Bi_2O_3-P_2O_5-(H_2O)

Осминина А.А.[1,2]***, Еловиков Д.П.***[2]

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

[2]*Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИХС*

e-mail: alenaosminina3001@gmail.com

THE EFFECT OF THE pH VALUE OF THE REACTION MEDIUM ON PHASE FORMATION IN THE Bi_2O_3-P_2O_5-(H_2O) SYSTEM

Osminina A.A.[1,2]***, Elovikov D.P.***[2]

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

[2]*National Research Center «Kurchatov Institute»-PNRC-ISC*

Низкотемпературная химия широко применяется благодаря разнообразию методов, используемых для синтеза соединений и функциональных материалов. Возникает потребность в изучении того, как различные условия синтеза влияют на фазообразование в системах, в частности, уровень pH [1]. В работе проанализировано, как pH растворов и суспензий влияет на процессы образования оксидных соединений в системе Bi_2O_3 – P_2O_5 – (H_2O).

Синтез образцов с величиной pH = 2, 8 и 12 водно-солевых суспензий проводили двумя методами: методом осаждения при T = 25 °C, и гидротермальной обработкой при T = 200 °C в течение 20 ч (рисунок).

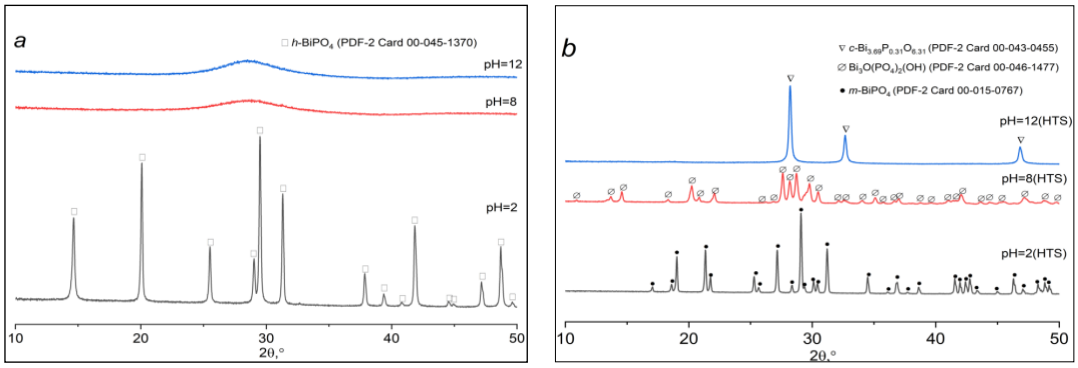


Рисунок – Дифракционные картины, полученные при различных условиях (pH, *T*) для образцов: а – *T* = 25 °C, б – *T* = 200 °C

Таким образом, при осаждении из водно-солевой суспензии при комнатной температуре и pH = 2 можно зафиксировать появление рефлексов кристаллического $BiPO_4$, имеющего ксименгито-подобную структуру. При повышении pH до 8 и 12 образцы являются рентгеноаморфными.

В гидротермальных условиях при pH = 2 происходит трансформация структуры $BiPO_4$ из гексагональной в низкотемпературную моноклинную модификацию. Гидротермальная обработка водно-солевых суспензий с аморфными компонентами, которые были получены при комнатной температуре в условиях осаждения с pH 8 и 12, приводит к образованию кристаллических соединений: $Bi_3O(OH)(PO_4)_2$ со структурой петижанита и кубического Bi_2O_3, содержащего фосфор в своей структуре.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-13-00445.

Литература:

1. Elovikov D.P., Nikiforova K.O., Tomkovich M.V., Proskurina O.V., Gusarov V.V. *Inorganica Chimica Acta*, 2024, 561, 121856.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ВЫДЕРЖКИ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ $BiPO_4$-YPO_4

Осминина А.А. [1,2]***, Еловиков Д.П.*** [2]

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

[2]*Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИХС*

e-mail: alenaosminina3001@gmail.com

THE EFFECT OF ISOTHERMAL EXPOSURE TIME ON PHASE FORMATION IN THE $BiPO_4$-YPO_4 SYSTEM

Osminina A.A. [1,2]***, Elovikov D.P.*** [2]

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

[2]*National Research Center «Kurchatov Institute»-PNRC-ISC*

YPO_4 – неорганическое соединение, которое присутствует в природе в виде минералов вайншенкита и ксенотима. Оно характеризуется высокой термостойкостью, стабильностью в химическом отношении и низкой токсичностью, что обуславливает его востребованность [1-3]. Наночастицы $BiPO_4$, модифицированные ионами редкоземельных металлов, представляют собой материалы для потенциальных фотонных и люминесцентных применений [4,5]. Однако в научной литературе отсутствует информация о фазовой диаграмме в системе $BiPO_4$-YPO_4.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния времени изотермической выдержки на фазовые превращения в системе $BiPO_4$-YPO_4 при проведении гидротермального синтеза.

В настоящей работе были получены образцы системы $BiPO_4$-YPO_4 путем совместного осаждения водных растворов нитратов иттрия и висмута с раствором $(NH_4)_2HPO_4$ и последующей гидротермальной обработкой полученных суспензий при 200 °C в течение 9 часов, 9 суток и 28 суток при pH = 1.

Согласно результатам элементного анализа состав образцов, полученных в процессе исследования, показал меньшее содержание иттрия на 10-15 атом.% по сравнению с заданным составом по синтезу в связи с вымыванием его из маточного раствора.

Согласно данным рентгеновской дифракции с повышением времени изотермической выдержки образец фосфата висмута трансформируется из метастабильного гексагонального ксименгита в равновесный моноклинный $BiPO_4$, а образец фосфата иттрия переходит из гексагонального рабдофана в структуру тетрагонального ксенотима YPO_4.

По данным расчета по методу Ритвельда происходит уменьшение долей фаз со структурами ксименгита и рабдофана и увеличение долей фаз со структурами ксенотима и моноклинного фосфата висмута.

Синтез приводит, вероятно, к образованию однофазного твердого раствора со структурой моноклинного фосфата висмута $Bi_xY_{1-x}PO_4$ при x>0.9 при ГТС в течение 9 суток и 28 суток.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 24-13-00445.

Литература:

1. Wu J. [et al.] // J. Alloys Compd. 2020, 821, 153-535.
2. Angiuli F. [et al.] // J. Lumin. 2013, 135, 239−242.
3. Enikeeva M. [et.al] // J. Nanosystems: Phys. Chem. Math., 2023, 14(6), 660-671.
4. Zhao M. [et al.] // J. Inorganic Chemistry. 2013, 52, 807−815.
5. Proskurina O. [et.al] // J. Nanosystems: Phys. Chem. Math., 2023, 14(3), 363-371.

ИЗУЧЕНИЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ СО СТИРИЛЬНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Тимощук К.В.*, *Семёнов К.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии
e-mail: office@technolog.edu.ru

THE STUDY OF NITROGEN-CONTAINING HETEROCYCLES WITH STYRENE SUBSTITUENTS BY THE QUANTUM CHEMICAL METHOD

Timoguk K.V.*, *Semenov K.N.
Saint Petersburg State Institute of Technology

Введение. Как известно противоопухолевые препараты, основанные на азотсодержащих гетероциклических соединениях со стирильными заместителями являются перспективными для медицины [1]. Одним из таких веществ является производное тиадиазоло[3,2a]пиримидин-4-ия, которое обладает выраженными цитостатическими свойствами по отношению к биологическим мишеням.

Цель. Целью работы является квантово-химический расчёт электронной структуры, электронного спектра поглощения и значений вышей занятых (ВЗМО) и низшей свободных (НСМО) молекулярных орбиталей производного тиадиазоло[3,2a]пиримидин-4-ия в водной среде.

Материалы и методы. Электронная структура была рассчитана методом DFT производного тиадиазоло[3,2a]пиримидин-4-ия с применением функционального и атомного базиса O3LYP 6-31g с полной оптимизацией геометрии и учетом взаимодействия с растворителем (вода) по модели CPCM.

Результаты. С помощью квантово-химических расчётов была оптимизирована геометрия и получено пространственное распределение поверхности зарядовой плотности в воде, которые представлены на (рисунок).



Рисунок - Молекула производного тиадиазоло[3,2 a]пиримидин-4-ия (слева) и распределение электронной плотности (справа), (красный цвет – области повышенного отрицательного заряда, синий цвет – положительный заряд)

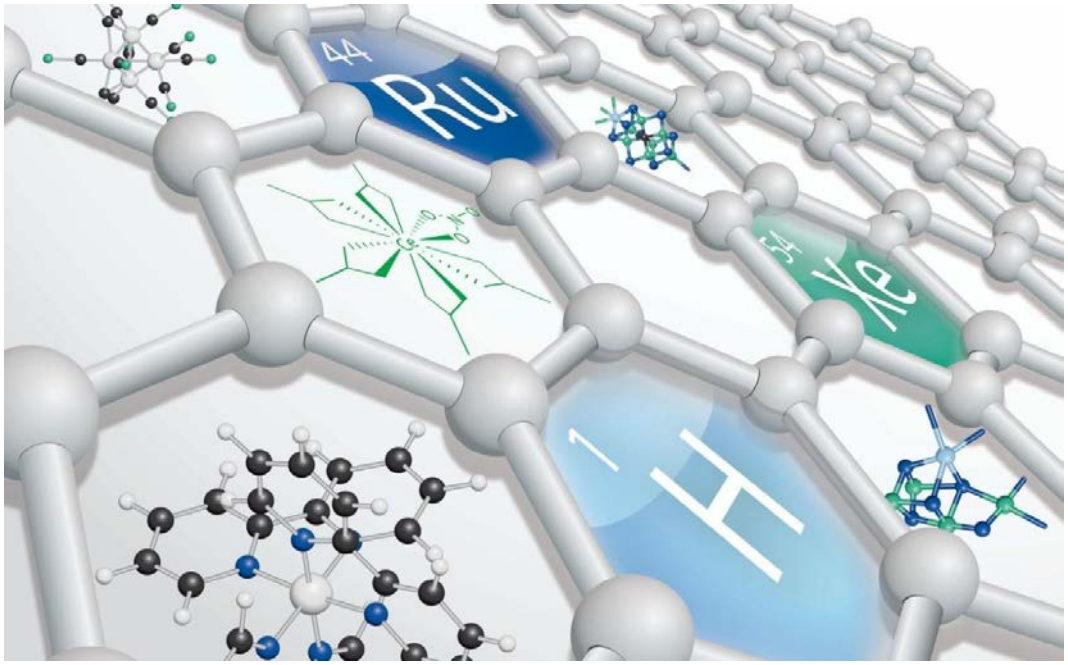
Как видно из рисунка, значительный отрицательный заряд концентрируется на атомах к которым приближен перхлорат ион. Также в результате расчётов были получены ВЗМО: -6.279 эВ и НСМО: -1.147 эВ, а также максимум полосы поглощения электронного спектра водного раствора: 478 нм, которые согласуются с экспериментальными данными. Проведённые исследования являются важным этапом для изучения данных соединений и их механизма действия, а также изучения взаимодействия с транспортными белками

Выводы. Результате выполненной работы было рассчитано распределение электронной плотности, электронный спектр, значения ВЗМО и НСМО.

Литература:

1. Bhurta, D., & Bharate, S. B. Styryl Group, a Friend or Foe in Medicinal Chemistry // *ChemMedChem* (Vol. 17, Issue 7). John Wiley and Sons Ltd. – 2022. – Vol. 17. – № 7.

СЕКЦИЯ 2.
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



СИНТЕЗ ДЕКАКАРБОНИЛА ДИТЕХНЕЦИЯ-99 ИЗ ТЕХНЕЦИЕВОЙ КИСЛОТЫ

Бабитова Е.С. [1,2]***, Сахоненкова А.П.*** [1,2]***, Бречалов А.А.*** [1,2]
[1]*Санкт-Петербургский государственный университет,*
[2]*АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»*
e-mail: st064214@student.spbu.ru

DECACARBONYL DITECHNETIUM-99 SYNTHESIS FROM TECHNETIUM ACID

Babitova E.S. [1,2]***, Sakhonenkova A.P.*** [1,2]***, Brechalov A.A.*** [1,2]
[1]*St. Petersburg State University,*
[2]*JSC Radium Institute named after. V.G. Khlopin"*

$M_2(CO)_{10}$ (M = Re, Mn) являются прекурсорами во многих реакциях, в том числе в синтезе металлокластерных соединений, однако их аналог $^{99}Tc_2(CO)_{10}$ остается малоизученным. Вероятно, это связано со сложностью его получения: известные синтезы $^{99}Tc_2(CO)_{10}$ требуют высокое давление монооксида углерода (до 350 атм) и температура 220 °C [1]. Известно, что в качестве исходных соединений для получения $^{99}Tc_2(CO)_{10}$ используют соли технециевой кислоты - пертехнетаты, а также диоксид технеция. Однако выход $^{99}Tc_2(CO)_{10}$, полученного из этих прекурсоров, невелик, вероятно, из-за их низкой растворимости в органических растворителях. В данной работе был синтезирован декакарбонил дитехнеция из $HTcO_4$ в 1,4-диоксане, 1,2-диметоксиэтане и тетрагидрофуране и оптимизированы параметры синтеза (температура, время). Наибольший выход (70 %) $^{99}Tc_2(CO)_{10}$ получен при синтезе в 1,2-диметоксиэтане. Продукт охарактеризовали методом ИК-спектроскопии (рисунок).

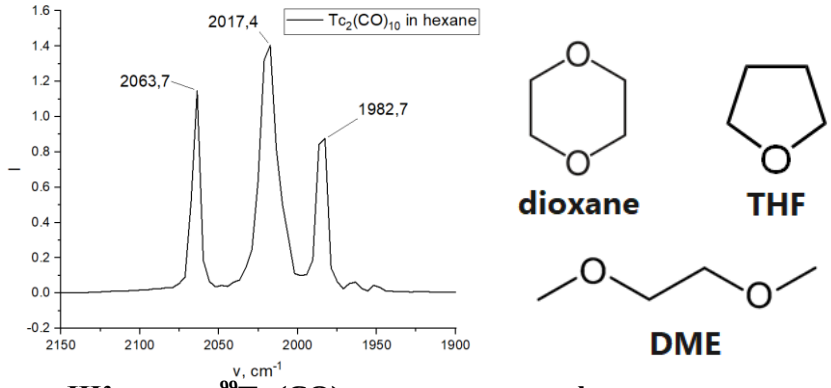


Рисунок - ИК-спектр $^{99}Tc_2(CO)_{10}$ и структурные формулы использованных растворителей

Литература:

1. J. Am. Chem. Soc. 1961, 83, 2953

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Богданов И.А.

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

e-mail: ilon2017@mail.ru

METHODS FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF HARD ALLOYS

Bogdanov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Твердые сплавы играют важную роль в производстве элементов торцевых уплотнений и узлов трения, работающих в сложных условиях динамического нагружения, высоких контактных давлений и скоростей, что способствует тому, что данный тип сплавов активно применяется для создания важных составляющих агрегатов в нефтедобывающей, военной и машиностроительной промышленности.

Несмотря на то, что твердые сплавы обладают большим количеством преимуществ, данный тип материалов имеет общий недостаток, а именно подшипники, производящиеся на их основе, имеют низкую работоспособность, а, следовательно, минимальный ресурс в условиях отсутствия или недостаточности смазки. Данный недостаток ограничивает применение данных сплавов в промышленности.Одним из решений данной проблемы является введение в структуру твердого сплава графита в качестве сухой смазки, который предает антифрикционные свойства. Для повышения антифрикционных свойств важно добиться равномерного распределения графита в структуре сплава, иначе будет происходить резкое падение прочности.

Равномерное распределение графита дает баланс между прочностью и антифрикционными свойствами, поэтому необходимо искать методы достижения данного состояния в твердом сплаве [1].

В данном исследовании рассматривается введение углерода в виде фенолформальдегидной смолы в сплав марок ВНС20-2 и ВНС20-4.

Литература:

1. Соколик Ю.Н., Вашарин С.А. Модифицированные керамические материалы и твердые сплавы для узлов трения, работающих в условиях ограниченной смазки. Насосы. Турбины. Системы. No.3(32)/2019. С. 80-94.

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ $(\eta^2\text{-H})[Tc(CO)_3bpy]_2ClO_4$

Бречалов А.А.[1,2]***, Мирославов А.Е.***[1,2]***, Бабитова Е.С.***[1,2]
[1]*Санкт-Петербургский государственный университет,*
[2]*АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»*
e-mail: st052691@student.spbu.ru

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION $(\eta^2\text{-H})[Tc(CO)_3bpy]_2ClO_4$

Brechalov A.A.[1,2]***, Miroslavov A. Ye.***[1,2]***, Babitova E.S.***[1,2]
[1]*St. Petersburg State University,*
[2]*JSC Radium Institute named after. V.G. Khlopin*

Карбонильные соединение рения широко исследуются в качестве потенциальных катализаторов электро- и фотовосстановления углекислого газа, причём в качестве интермедиатов в ходе реакции образуются карбонилгидридные координационные соединения [1]. Также ведутся работы по использованию для тех же целей соединений марганца в виду его большей доступности [2]. В то же время, получение и изучение аналогичных соединений технеция затруднено в силу его радиоактивности. В ходе данной работы было синтезировано новое карбонилгидридное соединения технеция, содержащего мостиковый гидридный лиганд. Полученное соединение охарактеризовано методами ИК- и ЯМР-спектроскопии на ядрах ^{1}H и ^{99}Tc а также рентгеноструктурным анализом.

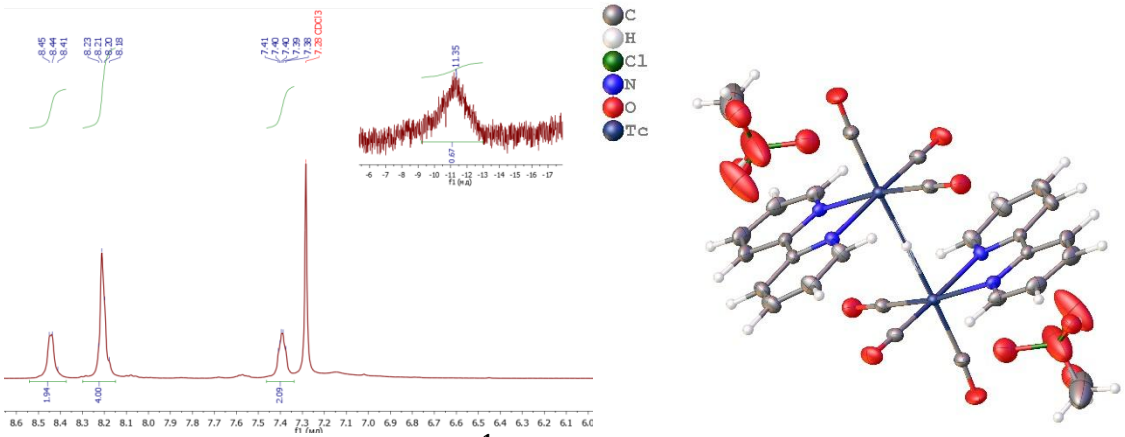


Рисунок – ЯМР-спектр на ядрах ^{1}H и данные РСА полученного соединения

Литература:

1. Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 11628–11686
2. Nature, 2022, 607, 499–506

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЧЕРНИЛ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

***Василенко А.В.*[1,2], *Касцова А.Г.*[2], *Глебова Н.В.*[2], *Нечитайлов А.А.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологий электрохимических производств,*

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

e-mail: vasilenko26p@mail.ru

FUEL CELL CATALYTIC ELECTRODE INK RESEARCH

***Vasilenko A.V.*[1,2], *Kastsova A.G.*[2], *Glebova N.V.*[2], *Nechitailov A.A.*[2]**

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

[2]*Ioffe Institute*

Топливный элемент (ТЭ) представляет собой устройство, способное преобразовывать химическую энергию реагентов в электрическую в результате электрохимической реакции. ТЭ является экологически чистым и эффективным преобразователем энергии, что делает его одним из ключевых элементов в переходе к устойчивому энергетическому будущему. Основой топливного элемента является мембранно-электродный блок (МЭБ), который состоит из трех важных частей: мембрана, слой катализатора и газодиффузионный слой (ГДС). Электродные слои МЭБ в свою очередь изготавливаются из дисперсий, т.н. каталитических электродных чернил. Состав и структура чернил оказывают сильное влияние на производительность ТЭ. Поэтому вопрос изучения влияния технологии чернил на характеристики МЭБ является актуальным. Главными компонентами для изготовления чернил водородного ТЭ являются композитный каталитический порошок Pt/C и ионпроводящий и одновременно связующий материал иономер Nafion [1]. Чернила имеют развитую область контакта трех фаз: фазы с электронной проводимостью (обычно используют углеродную сажу, например, типа Vulcan); фазы с протонной проводимостью (обычно используют перфторированный сульфополимер типа Nation); фазы активной составляющей катализатора (платина). К электродам предъявляются такие требования: пористая структура, доступные для реагентов частицы платины на носителе; объем пор должен составлять к общему материалу 60-70 %; дисперсия должна обеспечивать однородность частиц в электроде по размеру, обладать стабильностью в период формирования электродного слоя. Существуют различные способы изготовления чернил, однако наиболее часто используемым является процесс диспергирования [2]. С его помощью достигается высокая дисперсность и степень использования активной поверхности катализатора, а также позволяет достичь перечисленных выше требований. При изготовлении чернил на их структуру оказывают влияние следующие факторы: соотношении жидкой и твердой фазы [3], порядок смешивания компонентов чернил [2], время диспергирования и т.д. Вопрос влияния различных факторов при изготовлении чернил все еще недостаточно изучен. Обсуждаются различные аспекты формирования каталитических электродных чернил топливного элемента.

Литература:

1. Krasnova A.O, Glebova N.V, Kastsova A.G. Stability of Graphene/Nafion Composite in PEM FC Electrodes // Nanomaterials. – 2024. – V.14. – №11. – P.922.

2. Liu H., Ney L., Zamel N. Effect of Catalyst Ink and Formation Process on the Multiscale Structure of Catalyst Layers in PEM Fuel Cells // Appl. Sci. – 2022. – №12(8). – P.3776.

3. Kobayashi A., Fujii T., Harada C. Effect of Pt and Ionomer Distribution on Polymer Electrolyte Fuel Cell Performance and Durability // ACS Appl. Energy Mater. – 2021. – №4. – P.2307−2317.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ВОЛЬФРАМОМ

Васильев Н.В.

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

e-mail: nikitav25@yandex.ru

CHEMICAL HEAT ALLOYING OF THE STEEL SURFACE WITH TUNGSTEN

Vasiliev N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Изделия тяжелой промышленности должны отвечать жестким и постоянно растущим стандартам качества. За обеспечение безремонтной работы на протяжении жизненного цикла в первую очередь отвечают детали, работающие в условиях больших нагрузок. Такие детали должны быть надежными и долговечными, поэтому одним из наиболее важных критериев является выбор материала и его обработка.

Некоторые методы химико-термической обработки металлов не получили сильного распространения в силу сложности проведения процессов, дороговизны или отсутствии необходимых свойств у деталей после проведения процессов. К последнему пункту относится вольфрамирование – процесс насыщения поверхности металла вольфрамом. В известных и описанных способах насыщения вольфрамом на поверхности стали не образуются карбиды вольфрама, износостойкость после такой обработки почти не отличается от стали до насыщения, а сам процесс происходит при высоких температурах, достигающих 1400 ^{o}C, а также сопровождается значительным обезуглероживанием [1].

Данная работа ставит целью исследование возможности укрепления поверхности стали вольфрамом, устраняя известные проблемы. Химико-термическое легирование стали 34ХН1МА вольфрамом осуществляли путем газового транспорта с помощью йода [2]. Стальные образцы, помещенные в герметичную колбу с шихтой (смесь вольфрама, оксида алюминия и йода) и заполненную аргоном, выдерживали в печи при температурах 950 и 1000 ^{o}C, после чего охлаждали. Твёрдость исходной стали до термообработки 19,3 HRC. Образец, плакированный вольфрамом при температуре 950 ^{o}C в течении 3 часов, повысил твердость до 22,8 HRC, в то время как образец, находящийся в печи 4 часа при температуре 1000 ^{o}C почти не изменил твердость (18,8 HRC). Далее образцы цементировали для устранения обезуглероживания, закаливали и отпускали. После цементации образцы, плакированные вольфрамом при 950 и 1000 ^{o}C увеличили твердость до 27,8 и 47,8 HRC, соответственно. Образец, плакированный при 1000 ^{o}C, увеличил твердость в 2,5 раза. Последующий замер твердости после закалки показал увеличение твердости до 45,6 HRC для образца, выдержанного в печи при 950 ^{o}C, и увеличение до 51 HRC для образца, выдержанного в печи при 1000 ^{o}C. Отмечено, что после низкого отпуска, твердость образцов продолжила расти и составила 50,1 и 53,1 HRC. Неплакированный образец подвергли цементации, после чего его твердость составила 44,5 HRC, а после закалки и низкого отпуска - 54 HRC.

Полученные данные говорят о положительном влиянии повышения температуры для процесса насыщения вольфрамом, а также показывают нетипичное повышение прочности, поверхностно-легированной стали после отпуска, предположительно связанное со своеобразным процессом искусственного старения стали.

Литература:

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В. Борисенок, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин и др. // М.: Металлургия – 1981 –С. 213–215.

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

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СЛОЕВ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

***Гурьянова М.О.*[1,2], *Пелагейкина А.О.*[2], *Краснова А.О.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологий электрохимических производств,*

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

e-mail: guryanova.rita@bk.ru

METHODS OF FORMING ELECTRODE CATALYTIC LAYERS OF A MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY IN A FUEL CELL

***Guryanova M.O.*[1,2], *Pelageikina A.O.*[2], *Krasnova A.O.*[2]**

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

[2]*Ioffe Institute*

Топливный элемент (ТЭ) представляет собой устройство, преобразующее химическую энергию реагентов в электрическую в результате электрохимической реакции. ТЭ обладает преимуществами по сравнению с традиционными технологиями, основанными на сжигании. К ним относятся: высокий коэффициент полезного действия, отсутствие вредных выбросов, низкий уровень шума, а также гибкость применения. Ключевым элементом ТЭ является мембранно-электродный блок (МЭБ), который включает три компонента: мембрану, слой катализатора и газодиффузионный слой (ГДС). Способ нанесения катализатора оказывает сильное влияние на структуру электрода, и, следовательно, на производительность ТЭ. Потому вопрос изучения влияния способа формирования каталитического слоя на структуру электрода и производительность ТЭ является актуальным.

Существуют различные методы формирования электродных каталитических слоев МЭБ ТЭ из чернил. Среди них можно выделить следующие: методы ультразвукового распыления, аэрозольного напыления под инфракрасным светом, метод рулонной печати и электрофоретическое нанесение. Метод ультразвукового распыления заключается в диспергировании чернил на однородные мелкие капли с помощью ультразвуковых волн с последующим распылением этих капель на мембрану или ГДС с помощью воздушного потока для образования непрерывных жидких пленок [1]. В целом это высокоточный, контролируемый и простой метод нанесения чернил, который обеспечивает высокую эффективность катализатора. Метод аэрозольного напыления под инфракрасным светом [2] основывается на распылении чернил сжатым газом (воздухом) через форсунку непосредственно на мембрану, при этом инфракрасный свет используется одновременно для испарения растворителя. Однако в промышленных масштабах чаще всего используется метод рулонной печати, как наиболее технологичный для промышленных масштабов, это непрерывный процесс печати, работающий как ротационный штамп [2]. Электрофорез представляет собой нанесение каталитических чернил из дисперсии в электрическом поле.

В силу сложности и многообразия методов формирования слоя и технологических параметров при их реализации вопрос влияния метода формирования слоя на его структуру и свойства все еще недостаточно изучен. Целью работы было изучение влияния метода формирования каталитического слоя топливного элемента на его структуру и свойства.

Литература:

1. Guo, Y., Pan, F., Chen, W. (2020). The Controllable Design of Catalyst Inks to Enhance PEMFC Performance: A Review. Electrochemical Energy Reviews, 4(1), 67–100.

2. Fouzaï, I., Gentil, S., Bassetto, V. C. (2021). Catalytic layer-membrane electrode assembly methods for optimum triple phase boundaries and fuel cell performances. Journal of Materials Chemistry A, 9(18), 11096–11123.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА НА СВОЙСТВА ФТОРОФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ НАНОКРИСТАЛЛАМИ $CsPbI_3$

Дадыкин А.Ю.

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

e-mail: dadykin99@mail.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF MANGANESE IONS ON THE PROPERTIES OF FLUOROPHOSPHATE GLASSES ACTIVATED BY NANOCRYSTALS $CsPbI_3$

Dadykin A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Последние годы внимание ученых привлекают стекла, активированные нанокристаллами (НК) галоидных перовскитов. Контролируемое легирование данных стекол двухвалентными катионами позволяет изменять их люминесцентные характеристики, такие как цвет или квантовый выход люминесценции.

Решение изучить влияние марганца на стекла, содержащие НК $CsPbI_3$, было принято из предположения, что, поскольку марганец и йодный перовскит имеют люминесценцию в красной области спектра (600-700 нм), может наблюдаться увеличение квантового выхода. Вследствие того, что время жизни люминесценции марганца составляет от 0,8 до 4 мкс, а перовскита – до 0,02 мкс, при их измерениях использовались разные временные задержки.

Был получен ряд стекол, соактивированных нанокристаллами перовскита $CsPbI_3$ при изменении концентрации ионов Mn^{2+} от 2 до 8 мол. %. Нанокристаллы перовскита $CsPbI_3$ были сформированы в бесцветных стеклах в процессе дополнительной термической обработки выше температуры стеклования.

Обнаружено, что увеличение времени термообработки стекол приводит к появлению в спектрах люминесценции второй полосы, время жизни которой достигает 3 мкс. Положение этой полосы соответствует положению полосы люминесценции перовскита (рисунок А). Спектр возбуждения этой полосы совпадал со спектром возбуждения ионов Mn^{2+} (рисунок Б). Это может быть следствием того, что, после формирования НК $CsPbI_3$, при возбуждении ионов Mn^{2+} происходит перенос энергии от марганца к перовскиту. Перенос энергии инициирует длительную люминесценцию НК перовскита.

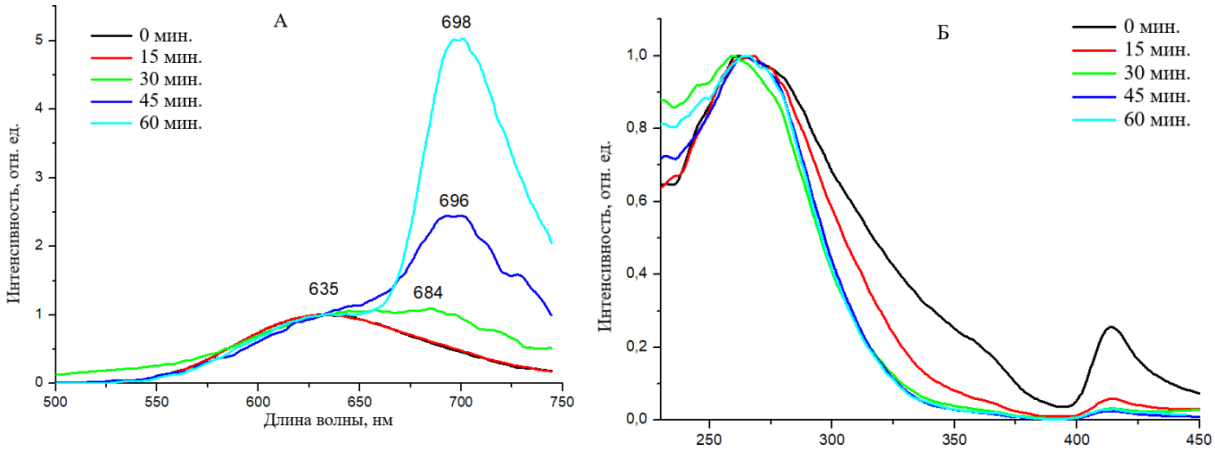


Рисунок – Спектры люминесценции (возбуждение 260 нм) (А) и возбуждения (Б) стекол после термообработки в течение разного времени

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ И ζ-ПОТЕНЦИАЛА НАНОЛЮМИНОФОРОВ GdF_3:Tb

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

INVESTIGATION OF THE DISPERSION AND ζ-POTENTIAL OF GdF_3:Tb NANOSIZED PHOSPHORS

Zykova P.D.*, *Bakhmetyev V.V.*, *Borisenkova A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нанолюминофоры GdF_3:Tb возможно применять в медицине в составе препарата для лечения онкологических заболеваний совместно с фотосенсибилизатором «Бенгальский розовый» при использовании в рентгенофотодинамической терапии [1].

Один из главных требований для использования вещества в данной терапии – это размер его частиц. Частицы нанолюминофора должны быть меньше 100 нм в диаметре, чтобы его можно было вводить в организм пациента.

Для образца, синтезированного гидротермальным методом с использованием автоклава, растровая фотография, которого представлена на рисунке (а), методом динамического светорассеяния был измерен размер частиц. Средний радиус частиц составил 65 нм, что соответствует диаметру 130 нм.

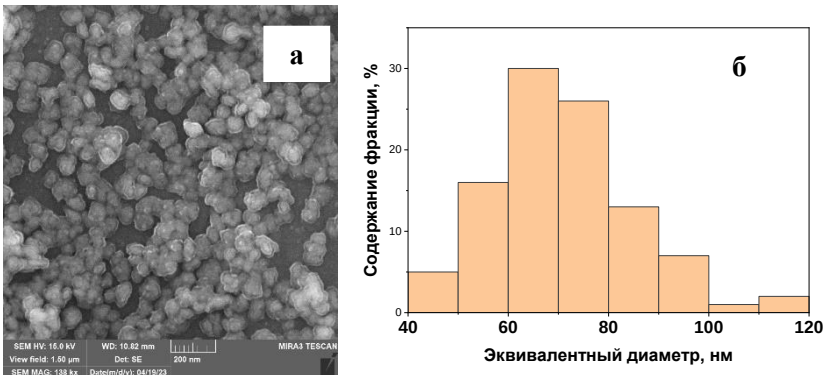


Рисунок: а) Растровая электронная микроскопия образца, полученного гидротермальным методом, б) Гистограмма распределения эквивалентного диаметра частиц

Также для данного образца по данным растровой электронной микроскопии были измерены размеры частиц с помощью программы ImageJ. Средний диаметр частиц составил 72 нм. На рисунке (б) представлена гистограмма распределения частиц по эквивалентному диаметру. Разница между размерами частиц, измеренных разными методами, вероятно, связана с тем, что частицы в растворе частично агрегированы.

Значение ζ-потенциала: 0,47 – положительное, что указывает на то, что данное вещество в коллоидном состоянии может проникать сквозь мембраны клеток, что необходимо для применения нанолюминофора в рентгенофотодинамической терапии.

Литература:

1. Зыкова, П.Д. Нанолюминофоры GdF_3Tb для использования в медицине / П.Д. Зыкова, В.В. Бахметьев // Нанофизика и наноматериалы: Сборник научных трудов Международного семинара посвященного 250-летию со дня основания Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и 20-летию работы международного симпозиума, Санкт-Петербург, 22–23 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2023. – С. 115-121.

ИНДУЦИРОВАННАЯ ЛАЗЕРОМ ЛОКАЛЬНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СТЕКОЛ В СИСТЕМЕ $ZnO-Al_2O_3-SiO_2$ И $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$, НУКЛЕИРОВАННЫХ TiO_2 И ЛЕГИРОВАННЫХ NiO И FeO, СООТВЕТСВЕННО

***Зяблова М.И.*[1], *Данилович Д.П.*[1], *Дымшиц О.С.*[2], *Волокитина А.А.*[2]**

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

[2]*АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»*

e-mail: 090302marina@mail.ru

LASER-INDUCED LOCAL CRYSTALLIZATION OF GLASSES OF $ZnO-Al_2O_3-SiO_2$ AND $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$ SYSTEMS, NUCLEATED BY TiO_2 AND DOPED WITH NiO AND FeO, RESPECTIVELY

***Zyablova M.I.*[1], *Danilovich D.P.*[1], *Dymshits O.S.*[2], *Volokitina A.A.*[2]**

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

[2]*S.I. Vavilov State Optical Institute*

Лазерная обработка стекол и ситаллов с помощью лазерного излучения непрерывного действия или лазеров, генерирующих ультракороткие импульсы, в настоящее время вызывает большой интерес из-за перспективности применения полученных материалов в оптике и фотонике.

В работе исследовалась локальная кристаллизация ситаллизирующихся стекол, индуцированная лазером TWOWIN Laser Engraver с максимальной мощностью 1,15 Вт. Длина волны лазера составляет 448 нм, поэтому в качестве объектов исследования были выбраны модельное никельсодержащее и железосодержащее ситаллизирующееся стекла цинковоалюмосиликатной и литиевоалюмосиликатной систем, соответственно, обладающие интенсивным поглощением ионов никеля и железа в этой спектральной области, что обеспечивает локальный разогрев материала.

Для изучения фазового состава и структуры образцов использовались методы спектроскопии комбинационного рассеяния света, КРС, (микро-КР InVia Renishaw (Великобритания) с длиной волны излучения 488 нм) и сканирующей электронной микроскопии, СЭМ, (растровый электронный микроскоп Tescan Vega 3 SBH).

Анализ спектров КРС свидетельствует о модификации структуры исходного стекла в результате лазерного воздействия. Изменение количества импульсов и мощности лазерного воздействия позволяет управлять количеством выделившейся кристаллической фазы. Начиная с 5 импульсов, лазерное воздействие приводит к выделению механически удаляемой фазы. Результаты СЭМ показали возникновение выступов в местах локального лазерного воздействия на поверхность стекла. Это может быть связано с локальным плавлением стекла и его объемным термическим расширением с последующей закалкой. Изменение рельефа наблюдается с некоторой пороговой мощности лазерного излучения.

Согласно результатам исследования, методом КРС, под воздействием лазерного излучения в ситаллизирующемся стекле системы ZAS появляются кристаллы ZnO в структуре вюрцита и β-Zn_2SiO_4 (β-виллемита), которые в стекле этого состава при вторичной термообработке никогда не обнаруживаются (кристаллизуются ганит ($ZnAl_2O_4$) и рутил (TiO_2)). Для стекол LAS-системы характерна кристаллизация β-кварцевого и β-сподуменового твердых растворов, и шпинели (γ-Al_2O_3). Кристаллизация в стеклах и ситаллах этой системы под лазерным излучением пока не была обнаружена.

ВЛИЯНИЕ СИЛИКАТОВ НАТРИЯ НА СВОЙСТВА ТОРКРЕТ-МАССЫ НА МАГНЕЗИАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Качалов С.И.

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

e-mail: semjon-kachalov@mail.ru

THE EFFECT OF SODIUM SILICATES ON THE PROPERTIES OF A MAGNESIA-BASED SHOTCRETE MASS

Kachalov S.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из самых перспективных материалов в связи со своими уникальными свойствами являются торкрет-массы на магнезиальной основе, которые во многом удовлетворяют потребности сталеплавильных предприятий для футеровки промежуточного ковша. За последние два десятилетия активно изучались торкрет-массы на магнезиальной основе, так как периклаз обладает достаточной огнеупорностью для футеровки стенок печей для плавки меди и никеля, высокотемпературных печей и стенок промежуточных ковшей.

В данной работе представлено всестороннее исследование торкрет-масс на основе спечёного периклаза в сочетании с силикатами натрия в качестве связующего, с последующим тщательным испытанием образцов в соответствии с установленными методиками и стандартами.

Для синтеза пригодной к нанесению торкрет-массы, сухая масса затворялась водой или водным раствором жидкого стекла, после чего готовая торкрет-масса набивалась с помощью штыковки в железные формы 50x50x50 мм. Далее масса выдерживалась в формах в течение 24 часов, после чего образцы подвергались сушке и дальнейшему обжигу при температуре 1000 °С и 1500 °С. Результаты исследования, согласно методикам и стандартам на торкрет-массы для промковшей приведены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний магнезиальных торкрет-масс

Номер состава	Предел прочности при сжатии, МПа	Линейное расширение после сушки, %	Линейная усадка после обжига, %
Состав №1 (стандартный)	6,5	2,1	0,4
Состав №2 (10 % жидкого стекла)	7,5	3,0	0,6
Состав №3 (3 % силикат глыбы)	7,1	2,9	0,9
Состав №4 (1,5% силикат глыбы)	6,9	2,7	0,9

Из данных таблицы следует, что при добавлении силикатов натрия образуется силикатная связка, которая способствует увеличению ранней прочности после сушки. Следовательно, добавление силикатов натрия способствуют увеличению линейной усадки. В таблице приведены результаты определения линейного расширения массы после сушки. Расширение связано с тем, что вовремя затворения периклаза происходит реакция с образованием брусита – $Mg(OH)_2$, которая приводит к расширению или даже разрушению структуры материала при дальнейшем нагревании.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АКТИВАТОРА В РЕНТГЕНОЛЮМИНОФОРЕ НА ОСНОВЕ Gd_2O_2S

Коваленко В.С., Струченков З.А., Устабаев П.Ш.

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

e-mail: verakovalenko01@yandex.ru

OPTIMIZATION OF ACTIVATOR CONCENTRATION IN THE X-RAY PHOSPHOR BASED ON Gd_2O_2S

Kovalenko V.S., Struchenkov Z.A., Ustabaev P.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Рентгенолюминофоры на основе редкоземельных элементов, такие как Gd_2O_2S, активно используются в различных технологиях, где требуется визуализация под воздействием рентгеновского излучения. Рентгенолюминофоры нашли широкое применение в рентгеновской дефектоскопии и медицинской диагностике [1]. Повышение интенсивности рентгенолюминесценции позволяет увеличить скорость и точность обнаружения дефектов, а также снизить время экспозиции при проведении различных медицинских исследований.

Целью данной работы являлся синтез рентгенолюминофоров основе Gd_2O_2S, обладающих повышенной яркостью и интенсивностью люминесценции. Для достижения этой цели нами было синтезировано несколько образцов люминофоров с различным содержанием тербия. В качестве исходных компонентов использовали оксиды гадолиния и тербия. Для превращения их в оксисульфиды в шихту добавлялась сульфосмесь на основе Na_2CO_3 и S. В качестве плавней применяли $Na_2P_2O_7$ и LiF. Шихты готовили путем механического перемешивания компонентов. Прокаливание шихты осуществлялось в восстановительной атмосфере при температуре 1200 °C. Полученные люминофорные спеки, подвергались тщательной отмывке от примесей, после чего люминофоры просеивались и высушивались в сушильном шкафу.

Рентгенофазовый анализ показал, что синтезированные люминофоры представляют собой оксисульфид гадолиния, не содержащий примесных фаз. Исследование спектров люминесценции проводилось с помощью установки на базе рентгеновского аппарата РПД-200 и спектрофлуориметра AvaSpec-3648. В качестве сравнительного анализа были сняты спектры всех люминофоров, синтезированных нами, параллельно с промышленным люминофором аналогичного состава.

По полученным результатам было определено влияние концентрации на свойства рентгенолюминофора, а также выявлен оптимальный состав шихты, обладающий максимальной интенсивностью рентгенолюминисценции. Было установлено, что наиболее интенсивный из синтезированных нами образцов, более чем на 40 % превосходит по интенсивности промышленный образец сравнения. Это является положительным результатом, поскольку даже незначительное повышение интенсивности люминесценции приводит к существенному сокращению экспозиции, что, в свою очередь, дает возможность снизить дозу облучения при проведении различных медицинских исследований.

Литература:

1. Ильясов Л.В Физические основы и технические средства медицинской визуализации. - 3-е изд. - СПб.: Лань, 2021. – 127 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЬФА-РАДИОЛИЗА ЭКСТРАКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДИАМИДА 1,10-ФЕНАНТРОЛИНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ В 3-НИТРОБЕНЗОТРИФТОРИДЕ НА ЭКСТРАКЦИЮ АМЕРИЦИЯ И КЮРИЯ

***Кузнецов Т.В.*[1], *Сорока П.И.*[3], *Голецкий Н.Д.*[2,3], *Наумов А.А.*[1,3]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии, [2]кафедра химической технологии редких элементов, [3]АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»

e-mail: tima.kuznetsov02@yandex.ru

RESEARCH OF THE EFFECT OF ALPHA-RADIOLYSIS OF AN EXTRACTION SYSTEM BASED ON DIAMINE 1,10-PHENANTHROLINDICARBOXYLIC ACID IN 3-NITROBENZOTRIFLUORIDE ON THE EXTRACTION OF AMERICIUM AND CURIUM

***Kuznecov T.V.*[1], *Soroka P.I.*[3], *Goletsky N.D.*[2,3], *Naumov A.A.*[1,3]**

[1,2]Saint-Petersburg State Institute of Technology, [3]JSC «Khlopin Radium Institute»"

На существующих радиохимических заводах по обращению с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) после выделения урана и плутония на первом экстракционном цикле образуется высокоактивный рафинат, содержащий более 99 % всей активности. Затем рафинат упаривают и отверждают в алюмофосфатное или боросиликатное стекло с последующим захоронением в глубинных формациях.

Одним из возможных решений обращения с высокоактивным рафинатом является фракционирование. В состав рафината входят короткоживущие и долгоживущие радионуклиды, а также стабильные элементы. К короткоживущим относят такие радиоактивные изотопы, как ^{137}Cs и ^{90}Sr, а к долгоживущим – изотопы Am, Cm и другие.

В результате фракционирования выделяют совместно америций и кюрий. Разделение америция и кюрия является сложной задачей ввиду близких химических свойств.

Для решения этой задачи предложен новый экстрагент на основе диамида 1,10-фенантролиндикарбоновой кислоты с высокими коэффициентами разделения америция от кюрия. Экстрагент обладает высокой радиационной устойчивостью к γ-излучению до 500 кГр [1]. Однако исследований по влиянию α-излучения на новый экстрагент не были проведены.

Целью данной работы является исследование влияния альфа-радиолиза на экстракционную систему на основе диамида 1,10-фенантролиндикарбоновой кислоты в 3-нитробензотрифториде. Эффективные условия для экстракции Cm: 6 моль/л азотной кислоты, соотношение фаз 1:3. Для наибольшего поражения экстрагента количество Cm брали $1{,}14 \cdot 10^{14}$ Бк/л ^{244}Cm. В ходе работы получены данные по экстракции Am и Cm экстрагентом с поглощенной дозой от 100 до 500 кГр. Получены и сопоставлены коэффициенты распределения исходного и пораженного экстрагента.

Литература:

1. Матвеев, П.И. Экстракционные системы на основе диамидов 4,7-замещенных фенантролиндикарбоновых кислот для выделения и разделения америция(III) и кюрия(III): специальность 02.00.14 «Радиохимия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Матвеев Петр Игоревич; МГУ имени М.В. Ломоносова. – Москва, 2019.

«2+1$_Б$» ТРИКАРБОНИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТЕХНЕЦИЯ-99М И РЕНИЯ С N,N'-БИДЕНТАТНЫМИ ЛИГАНДАМИ И МЕТИЛ-2-(ДОДЕЦЛИТИО)-6-ИЗОЦИАНОГЕКСАНОАТОМ

***Кузьмин В.В.*[1], *Тюпина М.Ю.*[1,2], *Сахоненкова А.П.*[1,2], *Хохлов М.Л.*[1]**

[1]*Радиевый институт им. В.Г. Хлопина,*

[2]*Озерский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ*

e-mail: radium@khlopin.ru

«2+1$_B$» TRICARBONYL COMPLEXES OF TECHNETIUM-99M AND RHENIUM WITH A COMBINATION OF N,N-BIDENTATE LIGANDS AND METHYL 2-(DECYLTHIO)-6-ISOCYANOHEXANOATE

***Kuz'min V.V.*[1], *Tyupina M.Y.*[1,2], *Sakhonenkova A.P.*[1,2], *Khokhlov M.L.*[1]**

[1]*«Radium Institute named after V.G. Khlopin»,*

[2]*Ozersk Technological Institute*

На сегодняшний день для проведения ОФЭКТ миокарда при изучении метаболизма применяются препараты, содержащие метку изотопа йода-123 [1]. Актуальной задачей является замена дорогостоящего йода-123 на более дешевый и доступный технеций-99m, но подобных препаратов в клинической практике не существует.

Предполагается для создания препаратов использовать жирные кислоты, содержащие метку технеция-99m. Подходящим выбором для этого будут линейные кислоты, содержащие гетероатом (например, серы), и содержащие углеводородный радикал в β-положении.

Для введения метки технеция-99m использовался «2+1$_Б$» подход, в качестве бидентатных лигандов выступали 2,2'-бипиридин (bipy) и 1,10-фенантролин (phen), а монодентатным лигандом – метиловый эфир 2-(додецлитио)-6-изоцианогексановой кислоты.

По окончании экспериментальных работ впервые были получены комплексы $[M(CO)_3(N\hat{}N)CN(CH_2)_4CH(COOMe)SC_{10}H_{25}]ClO_4$, где N^N = 2,2'-бипиридин (bipy) или 1,10-фенантролин (phen), M = ^{99m}Tc или Re. Полученные ИК спектры соединений рения показали, что CN^--группа при 2214,1 см$^{-1}$ сдвинута относительно полосы свободного лиганда в высокочастотную область на 65,5 см$^{-1}$, что однозначно указывает на координацию группы к металлу. Для аналогичных комплексов технеция-99m были определен РХЧ (с bipy и phen составили 84,8 и 94,9 %, соответственно). Также была определена липофильность комплексов технеция, которая составила 0,724±0,023 и 0,749±0,022 для соединений с bipy и phen, соответственно. Относительно данных значений комплексы можно отнести к умеренно липофильным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 22-13-00057.

Литература:

1. Uehara T. et al. Technetium-99m-Labeled Long Chain Fatty Acid Analogues Metabolized by β-Oxidation in the Heart // J. Med. Chem. 2007. Vol. 50, №3. P. 543-549

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА И КОНСОЛИДАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ CeO_2-Dy_2O_3

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

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

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

e-mail: nikolayfarafonov23@gmail.com

EFFECT OF SYNTHESIS AND CONSOLIDATION CONDITIONS UPON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF NANOPOWDERS AND CERAMIC ELECTROLYTE MATERIALS IN THE SYSTEM CeO_2-Dy_2O_3

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

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

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

Одним из способов решения проблемы все возрастающего спроса на электроэнергию является разработка новых, высокоэффективных источников тока. В связи с этим в настоящее время актуальной задачей материаловедения является поиск и разработка современных материалов для создания электрохимических генераторов энергии. Одними из наиболее перспективных среди них считаются твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). Их привлекательность обусловлена высоким КПД (до 85 %), а также высокой степенью экологической безопасности [1]. Для среднетемпературных ТОТЭ эффективные рабочие характеристики электролитов могут быть обеспечены только при соблюдении требований высокой ионной проводимости и низких значений открытой пористости. Создание высокоэффективных и дешевых твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) особо актуально для России, поскольку две трети российских территорий (Дальний Восток, Сибирь и Арктика) малопригодны для централизованной энергетики.

Методом совместной кристаллизации солей синтезированы высокодисперсные порошки состава: $(CeO_2)_{1-x}(Dy_2O_3)_x$ (x = 0,05; 0,10; 0,15; 0,20) со средним размером кристаллитов ~ 12-14 нм, мезопористой структурой с размером пор 2-5 нм, удельным объемом пор 0,021 – 0,053 $см^3/г$ и площадью удельной поверхности 22,68 – 61,33 $м^2/г$. Полученная керамика заданного состава с ОКР 68-85 нм (1300 ºС), открытой пористостью 2-5 %, кажущейся плотностью 5,68-7,05 $г/см^3$ обладает кубической структурой типа флюорита.

По своим физико-химическим свойствам (плотность, пористость, кристаллическая структура) полученные керамические материалы перспективны в качестве твердооксидных электролитов среднетемпературных топливных элементов.

Работа выполнена в рамках Госзадания НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ – ИХС (номер госрегистрации темы 0081-2022-0007).

ОБРАЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В ВОДЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕРЕБРЯНЫХ И МЕДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Макарова С.В., Снетов В.Н., Субботин Д.И.

Институт Электрофизики и Электроэнергетики Российской Академии Наук

e-mail: makarovasvetlana98@mail.ru

FORMATION OF NANOPARTICLES IN AN ELECTRIC DISCHARGE IN WATER USING SILVER AND COPPER ELECTRODES

Makarova S.V., Snetov V.N., Subbotin D.I.

Institute for Electrophysics and Electric Power of the Russian Academy of Sciences

Исследование стабильных методов синтеза наночастиц является актуальной задачей в течение последних нескольких десятилетий. Одним из них является электродуговой синтез. Этот метод основан на эрозии электродов обусловленной высокой плотностью тока в точке привязки электрической дуги к электродам и формировании высоких температур на их поверхности. При этом размеры и форма образующихся наночастиц переменчивы и зависят от параметров импульса тока, расхода воды, температуры.

В данной работе для синтеза наночастиц были применены медные и серебряные электроды при использовании их в качестве анода и катода в различной комбинации (таблица).

Таблица – Весовые и ионные концентрации меди и серебра, удельная электрическая проводимость, pH водных дисперсий

Анод-Катод	C (Cu), мг/л	C (Cu^{2+}), мг/л	C (Ag), мг/л	C (Ag^{+}), мг/л	$\varkappa$, мкСм/см	pH
Cu-Ag	68,32	0,0	31,3	1,7	10,6	6,90
Ag-Cu	25,9	0,0	43,0	0	7,5	6,92

Из таблицы видно, что при эрозии медных электродов она переходит в металлическую форму, а также в нерастворимые в воде вещества (вероятно, в виде гидроксидов и карбонатов меди переменного состава). При рентгенофазовом анализе (рисунок) обнаружены кристаллические фазы чистой металлической меди и ее оксида. В тоже время серебро, подвергшееся эрозии, переходит в растворимую и нерастворимую формы. До 30 % серебра переходит в ионную форму. Рентгенофазовый анализ выявил наличие кристаллических фаз серебра и его оксида. Удельная электрическая проводимость исходной бидистиллированной воды составляет 2,85 мкСм/см. После обработки воды электрическим разрядом удельная электрическая проводимость увеличивается, что свидетельствует об образовании гидроксидов и связывании углекислого газа, растворенного в воде (рисунок).

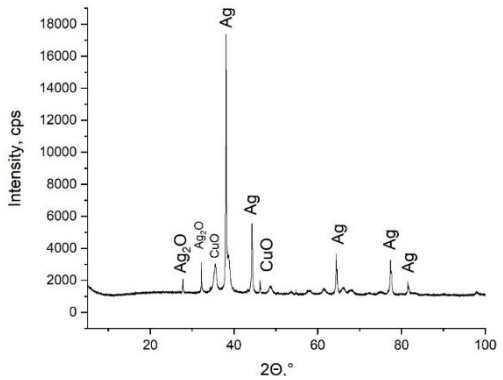


Рисунок – Дифрактограмма образца, полученного эрозией медно-серебряных электродов

ЭКСТРАКЦИЯ АМЕРИЦИЯ, КЮРИЯ И ЕВРОПИЯ РАСТВОРАМИ ТБФ В ТЯЖЁЛОМ ГАЛОГЕНИРОВАННОМ РАЗБАВИТЕЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ВЫСАЛИВАТЕЛЕЙ

***Мостовой Д.Н.*[1], *Мамчич М.В.*[3], *Голецкий Н.Д.*[1,3], *Наумов А.А.*[2,3]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]*кафедра химической технологии редких элементов,*
[2]*кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии,*
[3]*АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»*
e-mail: dmost2002@mail.ru

AMERICIUM, CURIUM AND EUROPIUM EXTRACTION WITH TBP IN A HEAVY HALOGENATED SOLVENT IN THE PRESENCE OF THE SALTING AGENTS

***Mostovoi D.N.*[1], *Mamchich M.V.*[3], *Goletsky N.D.*[1,3], *Naumov A.A.*[2,3]**

[1,2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[3]*JSC «Khlopin Radium Institute»*

Экстракция является эффективным методом выделения радионуклидов, широко применяемым в радиохимической промышленности. В качестве экстрагента, ввиду своей дешевизны и отработанности технологических стадий, применяют трибутилфосфат (ТБФ).

В зависимости от технических параметров, экстрагент разбавляют с помощью разбавителей, лёгких или тяжёлых. В основном, применяют лёгкие, к примеру, керосин, однако при неправильном соотношении объёмов возможна проблема с гидродинамикой процесса, сам же керосин легковоспламеним. Из тяжёлых разбавителей в промышленности применяют гексахлорбутадиен (ГХБД), который пожаровзрывобезопаснен и обладает высокой плотностью, что избавляет от проблем с разделением фаз, однако из-за галогенированной составляющей вызывает коррозию оборудования. Оценивая эти характеристики, зачастую применяют лёгкие разбавители.

Выделение фракций различных радионуклидов является актуальной задачей в радиохимии. Предложенные технологические решения включают в себя различные комбинации из экстрагента, разбавителей и высаливателей. Для выделения фракции трансплутониевых элементов (ТПЭ) и редкоземельных элементов (РЗЭ) с целью увеличения коэффициента распределения использовали различные высаливатели: нитраты алюминия и железа. В качестве экстрагента применялся 50 % раствор ТБФ в лёгком разбавителе [1].

Целью данной работы является получение данных по тяжёлым разбавителям, а также по высаливателям - нитратам лёгких, однозарядных ионов. Проведены исследования экстракции ТПЭ и РЗЭ из азотнокислых растворов в ТБФ в ГХБД в присутствии различных высаливателей: нитратов лития, натрия и аммония. В ходе работы получены данные по экстракции америция, кюрия и европия 40 % ТБФ в ГХБД при варьировании концентрации азотной кислоты от 0,01 до 1 моль/л азотной кислоты и концентрациях высаливателей от 1 до 3 моль/л.

Литература:

1. Патент RU 2709826 C1 Способ переработки высокоактивных отходов с фракционированием радионуклидов / Голецкий Н.Д., Наумов А.А., Хаперская А.В. и др. Заявл. 18.02.2019. Опубл. 23.12.2019.

МУЛЛИТКОРУНДОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УЗЛОВ

Николенко А.В.

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

e-mail: kalannarzautlar@gmail.com

MULITE-CORUNDUM MATERIALS FOR INSULATION OF HIGH-VOLTAGE ELECTROMAGNETIC COMPONENTS

Nikolenko A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цель данной работы подобрать электроизоляционный материал, который должен будет работать в условиях низкочастотного электромагнитного поля с высокой напряженностью. Диэлектрик этот должен быть термомеханически и химически совместим с молибденовыми металлическими конструкциями самого разгонного узла генерации электромагнитного поля. И этот диэлектрик должен выдерживать температурный интервал нагрева от комнатной температуры до 500 °С без изменения диэлектрических свойств и сплошности. Указанным условиям отвечают неорганические диэлектрики. Для отработки технологии были испытаны различные варианты смеси глиноземистого цемента с тремя видами дисперсности заполнителя из муллита (крупный заполнитель: фракция 150-315 мкм (40 %); средний заполнитель: фракция 80-150 мкм (20 %); мелкий неактивный заполнитель: фракция минус 80 мкм (40 %)) по бетонно-шликерной технологии с влажностью 27 %. Оптимизировали соотношение цемента и заполнителя.

По результатам эксперимента при введении 50 % и 45 % заполнителя в высокоглиноземистый цемент, после твердения и высыхания на воздухе при комнатной температуре удается получить образцы с двумя электродами, образцы с одиночным электродом при таких соотношениях заполнитель/цемент разрушаются. При 40 % заполнителя получаются образцы с одним электродом, образцы с двумя электродами при таком соотношении заполнитель/цемент разрушаются.

Все образцы отданы на исследование микроструктуры на электронном микроскопе с целью дальнейшей оптимизации зернового состава, и получения бездефектных образцов.

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДВОЙНОСЛОЙНЫХ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Потапов К.А.*, *Яковлев А.А.*, *Долженко А.*, *Хромин Д.А.*, *Кузнецова А.Р.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии электрохимических производств
e-mail: kkostyapotapov@gmail.com

EXPONENTIAL METHOD FOR CALCULATING THE SPECIFIC SURFACE AREA OF CARBON MATERIALS FOR EDLCs

Potapov K.A.*, *Yakovlev A.A.*, *Dolzhenko A.*, *Khromin D.A.*, *Kuznetsova A.R.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время для определения удельной поверхности твердых материалов применяются два основных подхода: теоретический и экспериментальный. Теоретический подход основан на использовании данных о форме и размерах частиц, однако этот метод не дает точных результатов. На практике предпочтение чаще отдают экспериментальным методам.

Наиболее распространенным методом является метод БЭТ, однако он является крайне дорогим и трудоемким и в промышленных масштабах использование этого метода для оценки удельной площади поверхности материалов, используемых в двойнослойных суперконденсаторах (ДСК) нецелесообразно.

Авторами работы [1] был предложен метод, который позволяет получить достаточно точные значения удельных площадей поверхности для углеродных материалов ДСК. Оценку удельной площади поверхности проводят путем расчёта емкости ДСК по результатам гальваностатического циклирования малыми токами (от 50мкА – 500мкА) и закона эквивалентов. Однако, было проведено недостаточное количество исследований для определения точности и расчета погрешностей.

Для исследования были выбраны три углеродных материала: Supra 30, Kuraray, СП-16. Два из которых (Supra 30 и Kuraray) являются активированными углями, распространенными в промышленности при изготовлении ДСК, а СП-16 — это нанокомпозит на основе технического углерода и коксопековой матрицы. Для каждого материала была рассчитана удельная площадь поверхности описанным методом и проведен сравнительный анализ с результатами, полученными при использовании метода БЭТ. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица – Значения $S_{БЭТ}$ и $S_{расч}$ для исследуемых материалов

Материал	$S_{БЭТ}$, $м^2/г$	$S_{расч}$, $м^2/г$
Supra 30	1750	1558
Kuraray	2000	1956
СП-16	276	247

Таким образом, для углеродных материалов была предложена упрощенная методика на основе измерения емкости ДСК, которая позволяет быстро оценить удельную площадь поверхности. Проведенные расчеты показали сопоставимые результаты с методом 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

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ БОРИДОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

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 REFRACTORY METAL BORIDES

Samsonenko A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В рамках данного исследования были синтезированы и исследованы материалы на основе высокоэнтропийного твёрдого раствора $(Hf_{0,25}Zr_{0,25}Nb_{0,25}Ta_{0,25})B_2$ путём смешивания диборидов гафния, циркония, ниобия и тантала в эквимолярном соотношении, последующего прессования с пластификатором и спеканием при температуре 2100±50 °С в графитовой печи в вакууме.

Измеренные показатели свойств представлены в таблице.

Таблица - Значение показателей свойств полученных материалов

Название показателя	Значение показателя
Кажущаяся плотность, г/см^3	3,22±0,31
Относительная плотность, %	35,96±3,51
Открытая пористость, %	20,5±2,3
Объёмная усадка, %	17,2±2,1
Линейная усадка, %	6,4±0,5
Потеря массы, %	4,90±1,27
Модуль упругости измеренный, ГПа	247±70
Модуль упругости расчётный, ГПа	569
Прочность, МПа	105±20
Твёрдость по Виккерсу спечённых образцов, ГПа	10,6±0,3
Температура плавления, °С	2750±60

В результате были получены материалы с высокой пористостью и соответственно с низкой относительной плотностью и модулем упругости. Также полученные материалы имеют высокую объёмную усадку и невысокие значения прочности при поперечном изгибе.

На основе результата рентгеновской дифракции и расчёта параметров кристаллической решётки было установлено, что в смеси образуется единый твёрдый раствор. Также на основании результата рентгеновской дифракции и сканирующей электронной микроскопии было обнаружено, что порядка 5 мол. % диборида гафния не растворилось, что приводит к выводу о том, что требуется увеличить выдержку при спекании.

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

ОРГАНИЗОВАННОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОДНОГО КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА С ПОВЕРХНОСТЬЮ КАРБИДО-КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖЕК: ТЕКТОЛОГИЯ

Сергеева Н.М., Богданов С.П.

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

e-mail: Alnserg41@mail.ru

ORGANIZATION IN THE PROCESS OF INTERACTION OF COMPONENTS OF AQUEOUS COLLOIDAL SOLUTION WITH THE SURFACE OF CARBIDE-SILICON SUBSTRATES: TECTOLOGY

Sergeeva N.M., Bogdanov S.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ранее нами [1] было проведено исследование современными физико-химическими методами поверхности гетероструктур Si(111)/нано Si_xC/нано SiC(111), $1 \leq x \geq 0{,}6$, выращенных на кремнии мезопористой, крупнопористой структуры по методу [2], а затем обработанных водным коллоидным раствором состава: люминофор $Cd_{0,1}Zn_{0,9}S$: Cu, Ag, сульфат натрия, сульфид натрия, кадмия (ВКР). Оказалось, что в ВКР исследуемые карбидо-кремниевые гетероструктуры нестойкие, постоянно происходят в них структурные и фазовые изменения, обусловленные кристаллизацией, окислением, адсорбцией. Анализ результатов приборных методов позволил обнаружить явления самоорганизации (вид организованности) как на промежуточной, так и заключительной стадии обработки гетероструктур, содержащих матричный кремний разной структуры. На крупнопористом кремнии *n*-типа проводимости обнаружены аномально высокие оптические свойства (отражательная способность) поверхности слоёв карбида кремния в ближней ИК области спектра. Обнаруженные эффекты и явления объяснили научным логическим мышлением. Однако возник интерес к более углублённому пониманию механизмов возникновения организованности частиц в саморазвивающейся системе.

Тектология (Всеобщая организационная наука), разработанная русским мыслителем А.Богдановым в 20-х г. XX в. [3] в настоящем признана общенаучной парадигмой XXI.

Начальный момент в тектологии это деталировка. Основные участники: пористые структуры матричного кремния (форма и размеры пор), поверхность карбида кремния, углерод, диоксид кремния; компоненты ВКР. Затем их созидательное соединение.

Результаты. Созидательное целенаправленное образование нужных химических веществ происходит с учётом более успешного соединения “активностей” на основе триединых потоков вещества, энергии, информации. В химии этими активностями могут быть валентности, дисперсионные силы, структурные связи. Они служат селекционным механизмом, обеспечивающим в процессе физико-химического взаимодействия осуществлять выбор атомами и молекулами наиболее «удачных» партнёров к более совершенному взаимодействию, без принудительного объединения с использованием специальных лабораторных установок.

Литература:

1. Сергеева Н.М. Нанофизика и Наноматериалы. СПб, 2022. 372 с.

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

3. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. М.: Экономика, 1989. с.117.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА Ti_3SiC_2 – SiC

Сулим Ю.С.

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

e-mail: iuliasulim@yandex.ru

PREPARATION OF Ti_3SiC_2 – SiC COMPOSITE MATERIAL

Sulim. J.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Введение добавок для создания новых композитов на основе Ti_3SiC_2 объясняется стремлением повысить эксплуатационные характеристики конструкционного материала с целью повышения его трещиностойкости. Высокотвердые и сверхтвердые добавки TiC, SiC, кубический нитрид бора или синтетические алмазы способствуют увеличению твердости композита и повышению общей стойкости к истиранию. Ti_3SiC_2 при этом выступает в роли связующей трещиностойкой матрицы.

Целью данной работы является изучение совместного синтеза Ti_3SiC_2-SiC.

В данной работе применялся состав (50 % Ti + 10 % Si + 20 % C + 20 % SiC), спекаемый при 1600 °C в вакууме с недостатком свободного кремния.

Микроструктура полученного материала, представлена на рисунке, изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа.

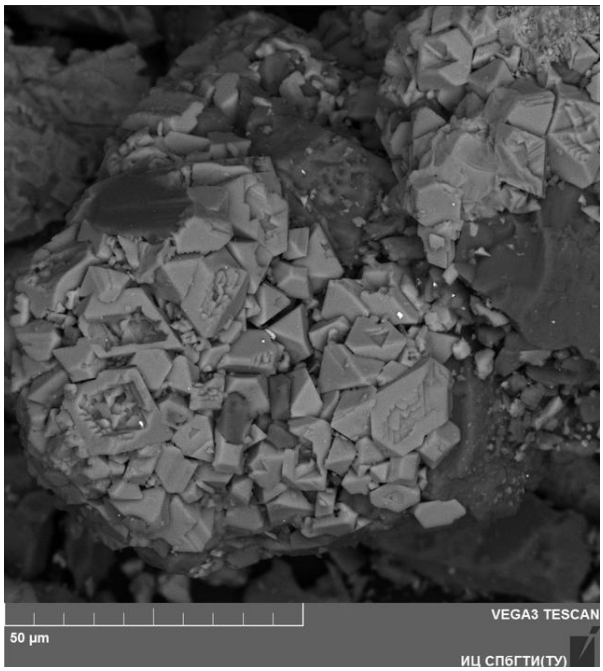


Рисунок – Микроструктура полученного материала

Предположительно нам удалось получить композиционный двухфазный материал SiC-$Ti_xSi_yC_z$ (предположительно карбосилицид титана Ti_3SiC_2). Необходимо подтверждение результатов рентгенофазовым анализом.

Структура образца, состоит из нестехиометрических соединений $Ti_xSi_yC_z$ с включениями зерен первичного и вторичного (синтезированного) SiC.

Работа выполнена с привлечением оборудования Инжинирингового Центра СПбГТИ (ТУ).

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОРОШКАХ WC-Co

Туманов П.А.[1,2]

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

[2]*ООО «Вириал»*

e-mail: TumanovPA@virial.ru

CARBON CONTENT IN SYNTHESIZED WC-Co POWDERS

Tumanov P.A.[1,2]

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

[2]*Virial LTD*

Содержание углерода, наравне с содержанием кобальта и зернистостью фазы WC, оказывает большие влияние на режущие свойства сплавов.

Наличие избытка углерода в виде графита снижает износостойкость сплава, а его недостаток приводит к образованию η-фазы, которая снижает прочность сплава, но повышает износостойкость. Таким образом, малоуглеродистые сплавы обладают большей износостойкостью, но менее прочны, чем высокоуглеродистые [1,2], поэтому получение синтезированного порошка WC-Co, с содержанием углерода, близкому к стехиометрическому (6,13 %), является важной задачей.

Для проведения опытов было подготовлено три смеси, состоящие из оксида вольфрама, оксида кобальта и оксида ванадия с добавлением сажи в количестве 15,5, 16,5 и 17,35 мас. % соответственно. Синтез порошков WC-Co проводили в вакуумной печи при температуре 1200 °C в течение 20 часов. Результаты анализа синтезированных порошков представлены на рисунке.

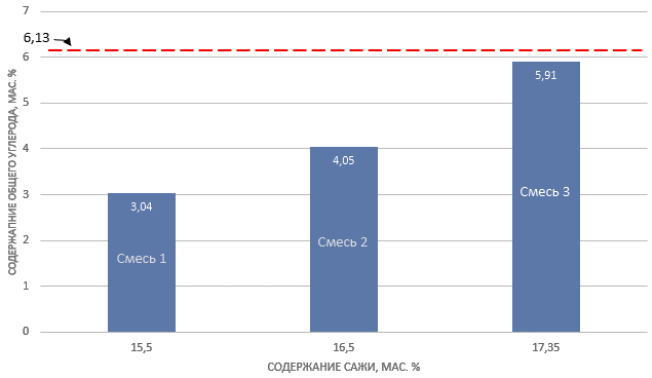


Рисунок – Содержание общего углерода в порошках WC-Co

Как видно из рисунка, максимальная близость к стехиометрическому значению содержания углерода достигается при использовании смеси с содержанием сажи в количестве 17,35 мас. %.

Работа выполнена в ходе плановых НИР ООО «Вириал» при участии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет).

Литература:

1. Гончаренко И.М. Физические основы разработки и производства твердых сплавов / Кафедра ФВТМ ИФВТ ТПУ. – Модуль 1. – 18 с.

2. Каблов Е.Н. Формирование структуры твердых сплавов на основе системы WC–Co с субмикронным зерном в присутствии ингибирующих добавок / Е.А. Лукина, А.В. Заводов, И.Ю. Ефимочкин // Научно-технический журнал «ТРУДЫ ВИАМ». - 2020. - №4-5. - С. 89-99.

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА СМАЧИВАНИЕ TiB_2 Fe-Mo МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКОЙ

Тухватуллина Л.Г.

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

e-mail: leska102@yandex.ru

THE EFFECT OF NITROGEN IMPURITIES ON THE WETTING OF TiB_2 WITH A Fe-Mo METAL BINDER

Tukhvatullina L.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В процессе спекания керамометаллических соединений, смачиваемость матрицы расплавом связывающего реагента оказывает существенное влияние на прочностные характеристики конечного изделия, а также определяет микроструктуру итогового материала [1].

Целью данной работы являлось изучение влияния наличия азотных примесей на смачивание TiB_2 металлической связкой на основе Fe и Mo.

В ходе работы было изготовлено 6 составов металлической связки с содержанием молибдена от 0 до 50 масс. %, которые впоследствии были сформованы в полусферы и помещены на предварительно полученные методом горячего прессования (T = 2180 °C; P = 30 МПа; вакуум; время выдержки = 1 ч; ρ = 4,382 г/см^3) подложки из диборида титана. Проведение последующей термообработки проводилось в электропечи сопротивления шахтной, вакуумной в среде аргона. Скорость нагрева – 200 °C/час (до 600 °C), 400 °C/час (после 600 °C), время выдержки при максимальной температуре (1600 °C) – 15 мин., скорость охлаждения – 1000 °C/час.

На всех образцах, подверженных термообработке, наблюдалось наличие жёлтого налёта, как на подложке, так и на полусферах (рисунок). По результатам сканирующей электронной микроскопии, было установлено, что в процессе термообработки на поверхности образцов образовался оксинитрид титана (TiN_xO_y).

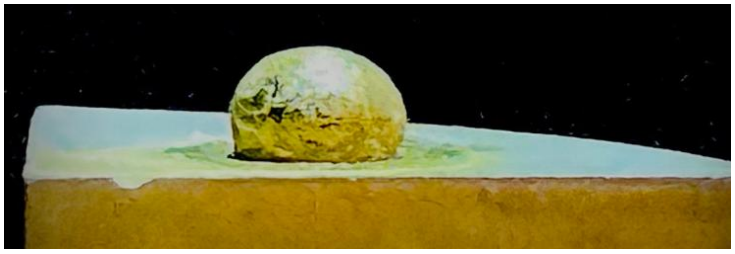


Рисунок – Образование TiN_xO_y на поверхности образцов

Образование плёнок TiN_xO_y может быть обусловлено наличием азота в исходном порошке железа (использовалось железо карбонильное радиотехническое, ГОСТ 13610-79), а также результатом взаимодействия кислородных примесей исходных соединений с примесями атмосферы печи.

Таким образом, наличие азотных примесей и, как следствие, образование пленок оксинитрида титана приводит к деградации поверхности и препятствует смачиванию подложки расплавом (значения краевого угла смачивания варьировались от 100 до 120 градусов, что свидетельствует о плохом смачивании).

Литература:

1. Машков, Ю.К. Трибофизика конструкционных материалов: учебное пособие / Ю.К. Машков, О.В. Малий. – Омск: ОмГТУ, 2017. – 176 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ГИДРОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФОБНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОДОЙ

Тучаев Г.М., Раджабов М.И.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды
e-mail: ms.t.green@mail.ru, magomed.radzhabov.99@inbox.ru

CHANGING THE WETTABILITY OF HYDROPHILIC AND HYDROPHOBIC SURFACES WITH WATER

Tuchaev G.M., Radzhabov M.I.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Изменение смачиваемости гидрофильных и гидрофобных поверхностей водой обусловлено взаимодействием молекул воды с поверхностными группами материалов, что влияет на угол смачивания и, соответственно, на физико-химические свойства. (рисунок) [1].



Рисунок – Зависимость смачиваемости поверхности от ее свойств

Таким образом, гидрофильные материалы, обладая высокой энергией поверхности, способствуют образованию тонкой водяной пленки, тогда как гидрофобные поверхности, имея низкую энергию, создают значительный угол контакта, препятствуя смачиванию. Для того чтобы поверхность стала более гидрофильной, можно увеличить угол контакта, например, путем добавления поверхностно-активных веществ, которые способствуют уменьшению поверхностного натяжения воды. Это позволяет воде лучше увлажнять поверхность и более равномерно распределяться по ней. С другой стороны, для того чтобы поверхность стала более гидрофобной, угол контакта нужно уменьшить. Это можно достичь, например, за счет нанесения гидрофобных покрытий на поверхность, которые отталкивают воду и делают ее слабо смачиваемой [2].

Литература:

1. Marmur, A. (2003). Wetting on Hydrophobic and Superhydrophobic Surfaces. *Langmuir*, 19(8), 3349-3353.

2. М. Носоновский и Б. Бхушан, «Супергидрофобные поверхности и новые области применения: отсутствие адгезии, энергетика, экологичная инженерия», Текущее мнение в журнале Colloid & Interface Science, Том 14, № 4, 2009, стр. 270-280. doi: 10.1016 / j.cocis.2009.05.004

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ В СИСТЕМЕ Pr_2O_3–SrO–Ni(CO)O В КАЧЕСТВЕ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

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

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

e-mail: nikolayfarafonov23@gmail.com

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CERAMICS IN THE SYSTEM Pr_2O_3–SrO–Ni(CO)O AS CATHODE MATERIALS FOR MEDIUM TEMPERATURE FUEL CELLS

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

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

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

В настоящее время использование водорода и топливных элементов, являющихся основой водородно-ориентированной экономики, открывает уникальный путь получения «безопасной» энергии, выработка которой не влияет на климат, обеспечивает повышение эффективности использования энергии и способствует созданию энергетических источников, свободных от выброса парниковых газов.

Целью данной работы является исследование физико-химических свойств керамических катодных материалов с развитой пористой структурой и высокой плотностью в системах Pr_2O_3 – SrO – Co(Ni)O в качестве компонентов современных среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (СТТОТЭ).

Для улучшения свойств материалов, синтезированной методом совместной кристаллизации солей, были использованы порообразующая добавка в виде 10 % раствора поливинилового спирта (ПВС) и спекающая добавка гидроксида алюминия $Al(OH)_3$. Применение данного подхода обеспечило получение керамики с развитой пористой структурой (открытая пористость 14 – 34 %) и высокой плотностью (кажущаяся плотность до 7,2 г/см^3) - важнейшими характеристиками катодных материалов (таблица), что перспективно для применения в составе СТТОТЭ.

Таблица - Физико-химические свойства образцов состава $Pr_{0.2}Sr_{0.3}Ni_{0.3}O_{3-\delta}$, $Pr_{0.1}Sr_{0.4}Ni_{0.3}O_{3-\delta}$, $Pr_{0.2}Sr_{0.3}Co_{0.3}O_{3-\delta}$, $Pr_{0.1}Sr_{0.4}Co_{0.3}O_{3-\delta}$,

Добавка	Кажущаяся плотность, г/см^3	Открытая пористость, %	Усадка ΔL/L, %
$Pr_{0.1}Sr_{0.4}Ni_{0.5}O_{3-\delta}$			
без добавок	4,20	15,97	19,50
$Al(OH)_3$ 5 масс %	6,29	23,14	21,84
ПВС 5 масс %, $Al(OH)_3$ 5 масс %	7,05	28,89	20,84
ПВС 10 масс % $Al(OH)_3$ 5 масс %	5,21	34,15	19,84
$Pr_{0.1}Sr_{0.4}Co_{0.5}O_{3-\delta}$			
без добавок	5,14	14,99	17,25
ПВС 5 масс %,	5,23	19,53	15,61
$Al(OH)_3$ 5 масс %	7,21	19,31	19,24
ПВС 5 масс %, $Al(OH)_3$ 5 масс %	6,79	29,56	18,83
ПВС 10 масс % $Al(OH)_3$ 5 масс %	6,46	32,97	18,56

Работа выполнена в рамках Госзадания НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ – ИХС (номер госрегистрации темы 0081-2022-0007).

О ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ СВАРКЕ ПО АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНОМУ ОРГАНОСИЛИКАТНОМУ ПОКРЫТИЮ

Чуппина С.В.*, *Жабрев Л.А.*, *Кесарева Е.А.
ООО «СТРОЙЛАЙН»
e-mail: tchoup@mail.ru

ON THE HEAT-AFFECTED ZONE DURING WELDING ON AN ANTI-ICING ORGANOSILICATE COATING

Chuppina S.V.*, *Zhabrev L.A.*, *Kesareva E.A.
STROYLINE LLC

Толщина и состав неудаленных органосиликатных покрытий (ОСПк) оказывают влияние на качество сварных швов при сварке металлов [1]. По сравнению с ОСПк ОС-51-03 и ОС-82-01 зеленого цвета антиобледенительное ОСПк ОС-56-22 серое в меньшей степени снижает относительную ширину сварного шва, что, по-видимому, связано с более низкими адгезионными свойствами и теплостойкостью полимерной матрицы полидиметилфенилсилоксан – полидиметилсилоксан-α,ω-диол.

Зона термического влияния, для которой характерны изменения состава, структуры, декоративных и физико-химических свойств этого покрытия относительно исходного состояния, составляет 20-25 мм.

По данным ИКС, по мере приближения к центру сварного шва наиболее значимое изменение – снижение интенсивности полос поглощения в области 3500-3000 $см^{-1}$, обусловленное снижением количества связанных ОН-групп в образцах фрагментов покрытий (рисунок).

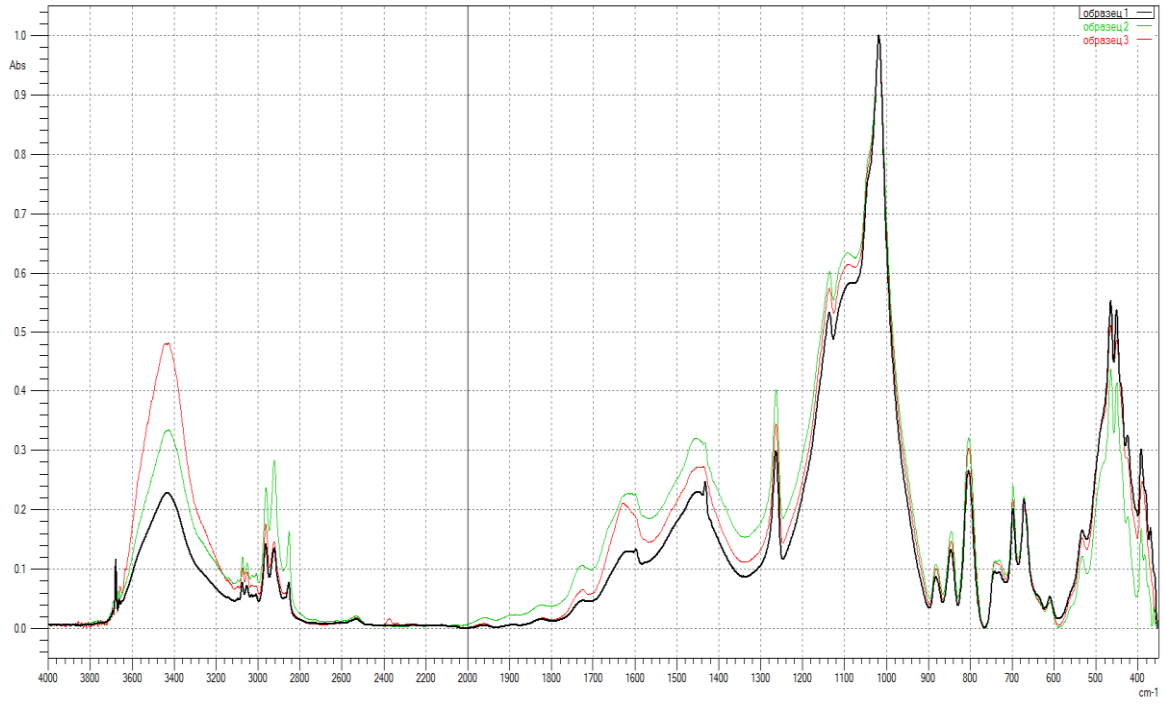


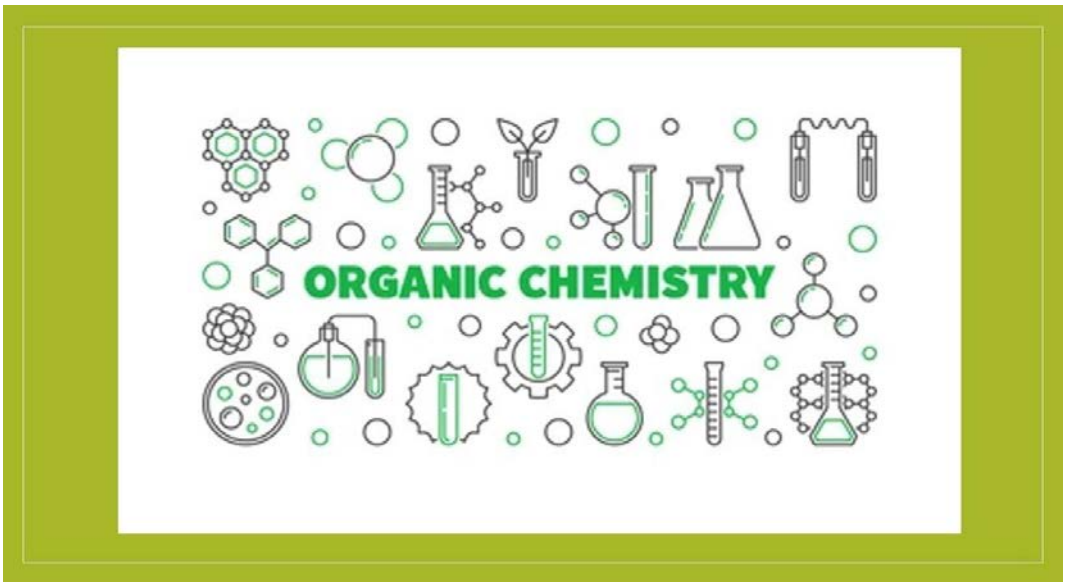
Рисунок – ИК-спектры фрагментов покрытия ОС-56-22 серое, взятых в зоне термического влияния на разном расстоянии от центра сварного шва

Литература:

1. Zhabrev L. Composition of Organosilicate Coatings High-temperature Breakdown Products and Their Distribution in the Weld/ Zhabrev L., Kurushkin D., Mushnikov I., Panchenko O., Shamshurin A., Chuppina S. // Materials. 2022. Т. 15. № 3

СЕКЦИЯ 3.

ОРГАНИЧЕСКАЯ И ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



ИССЛЕДОВАНИЕ НУКЛЕОФИЛЬНОСТИ 1-МЕТИЛ-5-АМИНО-ТЕТРАЗОЛА И 2-МЕТИЛ-5-АМИНО-ТЕТРАЗОЛА МЕТОДОМ DFT

Антоненко Д.В.*, *Мажай В.С.

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

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

RESEARCH OF NUCLEOPHILICITY OF 1-METHYL-5-AMINO-TETRAZOLE AND 2-METHYL-5-AMINO-TETRAZOLE BY DFT METHOD

Antonenko D.V.*, *Mazhai V.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

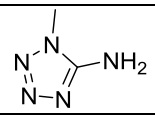
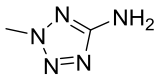
Тетразолы широко применяются как исходные субстраты в синтезе биологически активных, энергонасыщенных веществ и катализаторов. Ацилирование тетразолов используется в органическом синтезе для получения практически значимых соединений. Важными реагентами для таких реакций могут быть рассмотрены галогенангидриды тетразолилкарбоновых кислот и производные 5-аминотетразола, для оценки реакционной способности которых важно знать критерии электрофильности и нуклеофильности [1].

В данной работе были произведены расчеты нуклеофильности 1-метил-5-аминотетразола **1** и 2-метил-5-аминотетразола **2** и исследовано их взаимодействие с электрофилами. Оптимизация проводилась методом DFT/B3LYP/6-311G+(d,p). Корректность оптимизации характеризовалась отсутствием отрицательных частот колебаний в рассчитанном колебательном спектре молекул. Индекс нуклеофильности N определяется следующим выражением:

$$N = E_H(Nu) - E_H(TCE),$$

где E_{H} – энергия ВЗМО, а ТСЕ – стандарт – тетрацианоэтилен [2].

Таблица – значения энергий ВЗМО и индексов нуклеофильности соединений

№	Соединение	E_{H}, eV	N, eV
1		-7,19703	2,29071
2		-6,68381	2,80393

Согласно результатам расчёта (таблица) рассмотренные соединения обладают средним показателем нуклеофильности [2]. Эти данные хорошо согласуются с экспериментальными результатами исследований ацилирования соединений **1** и **2** Данный способ расчета можно рекомендовать для прогнозирования химических свойств тетразолов.

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

Литература:

1. V.A. Ostrovskii, E.A. Popova, R.E. Trifonov, in Comprehensive Heterocyclic Chemistry IV, Eds D. Black, J. Cossy, C. Stevens, Elsevier, Oxford, 2022, 6, pp. 182-232

2. M. Ríos-Gutiérrez, A. Saz Sousa, L.R. Domingo, Electrophilicity and nucleophilicity scales at different DFT computational levels, *J. Phys. Org. Chem.* 2023, 36

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА N-(1-БУТИЛ-1*H*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИЛ)-2-(5-ФЕНИЛ-2*H*-ТЕТРАЗОЛ-2-ИЛ) АЦЕТАМИДА КАК СОЕДИНЕНИЯ С ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

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 N-(1-BUTYL-1*H*-TETRAZOL-5-YL)-2-(5-PHENYL-2*H*-TETRAZOL-2-YL) ACETAMIDE AS A COMPOUND WITH POTENTIAL BIOLOGICAL ACTIVITY

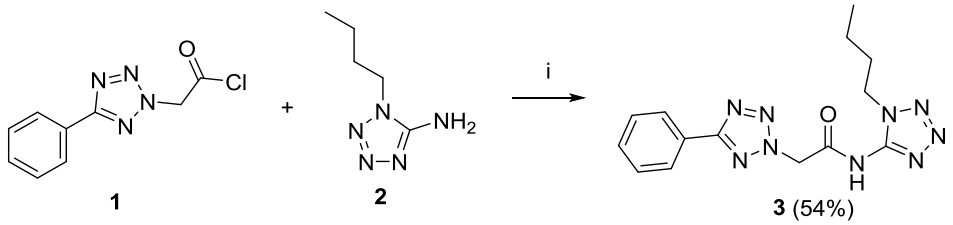
Antonenko D.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из важных направлений медицинской химии является поиск и исследование биологической активности. В связи с этим представляет интерес синтез и исследование биологической активности биядерных гетероциклических соединений, содержащих в своей структуре как тетразолильный, так и пиримидильный фрагменты [1].

Особое внимание привлекают региоизомерные N-алкил-5-замещенные тетразолы, которые являются перспективным фармакофорными фрагментами активных ингредиентов известных лекарственных средств, а также перспективных лекарственных кандидатов. В проведенных ранее исследованиях было показано, что продукты ацилирования данных гетероциклических субстратов проявили выраженную противовирусную активность [2].

В настоящей работе в результате ацилирования 1-бутил-5-аминотетразола **2** хлорангидридом 5-фенилтетразол-2-илуксусной кислотой **1** в MeCN был получен N-(1-бутил-1H-тетразол-5-ил)-2-(5-фенил-2H-тетразол-2-ил) ацетамид **3**. Перекристаллизацию проводили из системы растворителей $EtOH/H_2O$. Согласно прогнозу биологической активности (PASS Online 2022) полученное вещество **3** представляют интерес как ингибиторы фактора транскрипции.



i: MeCN , Et3N, r.t, 4h,

Строение и индивидуальность соединения **3** подтверждали данными спектроскопии ^{1}H, ^{13}C ЯМР, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрического анализа.

Литература:

1. Rostislav E. Trifonov, Vladimir A. Ostrovskii. Tetrazoles and Related Heterocycles as Promising Synthetic Antidiabetic Agents. International Journal of Molecular Science. 2023, 24(24), 17190.

2. Ostrovskii V.A., Shmaneva N.T., Ershov I.S., Antonenko D.V., Skrylnikova M.A., Khramchikhin A.V., Chernova E.N., Grishina A.Yu., Anisimova N.A., Napalkova S.M., Buyuklinskaya O.V., Mazhai V.S, Pavlyukova Yu.N., Trifonov R.E. "2-(5-Phenyl-2H-tetrazol-2-yl)acetyl chloride as a key reagent in the synthesis of non-annulated polynuclear tetrazole-containing compounds with potential antidiabetic activity." Russ. Chem. Bull., 2024. Vol. 73, No. 7. P. 1977-1983.

СИНТЕЗ 3- И 4-ЗАМЕЩЕННЫХ ФТАЛОНИТРИЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТЕТРАГИДРОКАРБАЗОЛЬНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

Антонович А.А.*, *Шершнева С.М.

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

e-mail: armorio48@gmail.com

SYNTHESIS OF 3- AND 4-SUBSTITUTED PHTHALONITRILES CONTAINING TETRAHYDROCARBAZOLE FRAGMENTS

Antonovich A.A.*, *Shershneva S.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ключевыми полупродуктами в синтезе металлофталоцианинов являются фталонитрилы. Для получения макрогетероциклических соединений с улучшенными физико-химическими характеристиками и биологической активностью во фталоцианиновое ядро часто вводят различные заместители. В связи с этим интерес к фталоцианинам с азотсодержащими заместителями неуклонно растет [1]. Ранее было показано, что 4-гидразинилфеноксифталонитрил является ключевым строительным блоком для синтеза фталонитрилов, содержащих азотсодержащие гетероциклические заместители [2]. Известно, что введение тетрагидрокарбазольных фрагментов может придавать различную биологическую активность соединениям. В продолжении работы по синтезу металлофталоцианинов с азотсодержащими заместителями, нами была разработана схема синтеза 3- и 4-замещенных фталонитрилов с тетрагидрокарбазольными заместителями (рисунок).

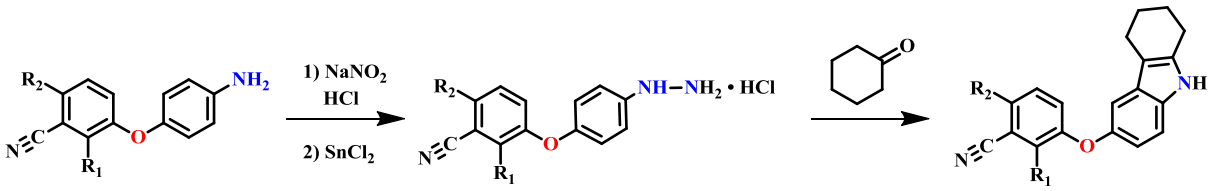


Рисунок – Схема синтеза целевых фталонитрилов 5, 6

Фталонитрилы **1**, **2** были получены путем нуклеофильного замещения нитрогруппы в 3- или 4-нитрофталонитриле на *n*-аминофенокси группу. Фталонитрилы **3**, **4** были получены диазотированием соединений **1**, **2** и последующим восстановлением хлоридом олова. Целевые фталонитрилы **5**, **6** были получены конденсацией **3**, **4** с циклогексаноном по Фишеру. Строение всех новых соединений было подтверждено современными методами физико-химического анализа.

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.

2 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. - №8(1). - С. 26-31.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРЕПАРАТИВНОГО СИНТЕЗА ЦИСТЕАМИНА

Бенедиктов П.М.*, *Мирошниченко А.О.*, *Ворона С.В.

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

e-mail: pbenediktov03@mail.ru

SEARH FOR OPTIMAL METHODS FOR THE PREPARATIVE SYNTHESIS OF CYSTEAMINE

Benediktov P.M.*, *Miroshnichenko A.O.*, *Vorona S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цистеамин (2-меркаптоэтиламин) – это лекарственное средство, используемое главным образом для лечения редкого наследственного заболевания под названием цистиноз. Цистиноз характеризуется накоплением цистина в различных тканях организма, что приводит к повреждению клеток и органов. Цистеамин помогает уменьшить уровень цистина, улучшая качество жизни пациентов [1].

В настоящее время цистеамин не производится в России, а его цена при покупке из-за границы достаточно велика. В связи с этим целью данной работы являетя разработка оптимальной методики препаративного синтеза цистеамина с возможностью последующего внедрения этой методики на производство.

На основании имеющейся в литературных источниках информации о методиках синтеза промежуточных и целевого соединений [2,3], нами была предложена схема получения цистеамина, позволяющая получить его из доступных реактивов и без использования дорогостоящего и сложного оборудования в условиях лаборатории.

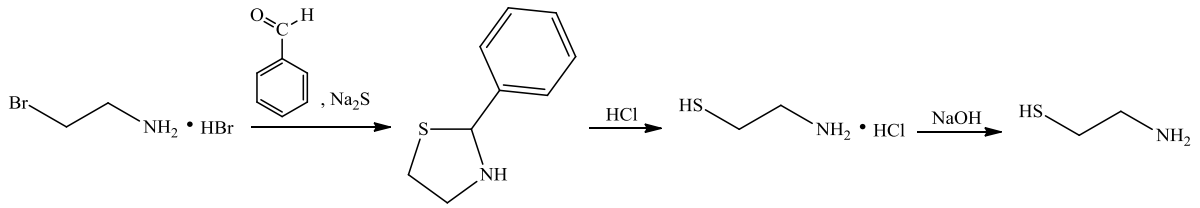


Рисунок – Схема синтеза цистемина из гидробромида 2-бромэтиламина

В оригинальной методике для получения 2-фенилтиазолидина в качестве исходного продукта используется гидрохлорид 2-хлорэтиламина. По причине большей доступности в нашем синтезе он был заменен на гидробромид 2-бромэтиламина. Затем проводится гидролиз 2-фенилтиазолидина в присутствии соляной кислоты с целью получения гидрохлорида цистеамина. Для получения нашего целевого соединения – цистемина, проводится щелочной гидролиз полученного гидрохлорида.

Литература:

1. Ariceta, G. Effects of long-term cysteamine treatment in patients with cystinosis / G. Ariceta, V. Giordano, F. Santos // Pediatric Nephrology. – 2019. – V.34. – P. 571-578.

2. Rajan, S.T. An improved process for the preparation of Cysteamine Bitartrate / S.T. Rajan // Technical Disclosure Commons. – 2021.

3. Патент KR101645675, МПК C07L 319/26 (2013.01), C07C 319/28 (2013.01). Method for isolating free cysteamine from cysteamine hydrochloride by electrolysis: № 1020150055621: заявл. 21.04.2015: опубл. 04.08.2016 – 7 с.

РЕГИОСЕЛЕКТИВНОЕ 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ НЕАКТИВИРОВАННЫХ АЛКЕНОВ К СТАБИЛЬНОМУ АЗОМЕТИН-ИЛИДУ НА ОСНОВЕ НИНГИДРИНА И ПРОЛИНА

Пронина Ю.А., Бережная Е.В., Слесарев Д.С., Степаков А.В.

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

e-mail: imberezhnaya@yandex.ru

REGIOSELECTIVE 1,3-DIPOLAR CYCLOADDITION OF UNACTIVATED ALKENES TO A STABLE AZOMETHINE YLIDE BASED ON NINHYDRINE AND PROLINE

Pronina Y.A., Berezhnaya E.V., Slesarev D.S., Stepakov A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время активно ведутся исследования, направленные на разработку эффективных методов синтеза биологически значимых спироциклических гетероциклов, содержащих фармакофорный фрагмент пирролизидина, на основе мультикомпонентных реакций [3+2] циклоприсоединения с участием азометин-илидов и алкенов различного строения [1,2].

В данной работе нами впервые было показано, что стабильный азометин-илид, полученный на основе нингидрина и пролина, с высокой региоселективностью, и в мягких условиях, вступает в реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения с широким кругом неактивированных алкенов, таких как замещенные стиролы, α-метилстирол, изопропилэтилен, гекс-1-ен, пент-1-ен, аллилхлорид, металлилхлорид, изопрен, метиленциклобутан, инден, 1,2-дигидронафталин, норборнадиен и 2,3-дигидрофуран. В ходе исследуемых реакций были получены спироциклические соединения **3**, содержащие пирролизидиновую систему, с хорошими выходами и высокой стереоселективностью (рисунок).

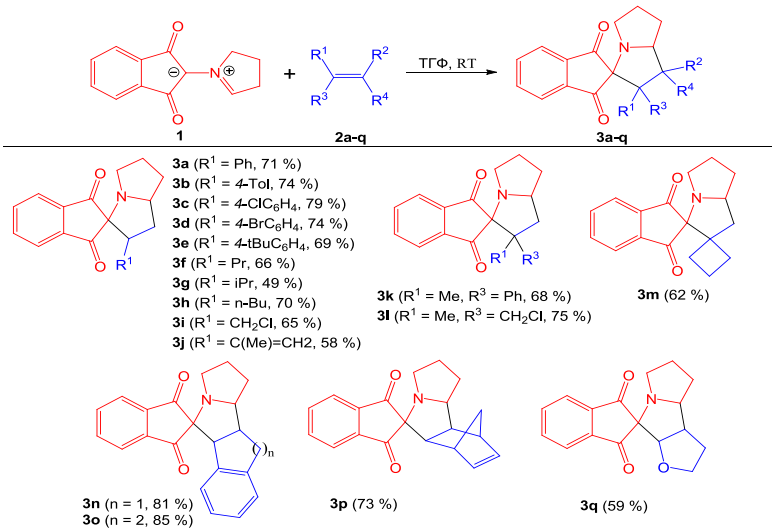


Рисунок – Региоселективный синтез спироциклических соединений 3a-q из азометин-илида 1 и алкенов 2a-q

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

Литература:

1. Filatov A.S., Boitsov V.M., Stepakov A.V. and al, J. Org. Chem., 2017, vol. 82, p. 959–975.

2. Filatov A.S., Boitsov V.M., Stepakov A.V. and al, J. Org. Chem., 2019, vol. 84, p. 7017–7036.

СИНТЕЗ НОВЫХ ФОСФОНИЛИРОВАННЫХ АЗОТИОБАРБИТУРОВЫХ КИСЛОТ

Булгакова Е.В.*, *Сонин Н.О.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технологический университет), кафедра органической химии
e-mail: lizabulgakova135@gmail.com

SYNTHESIS OF NEW PHOSPHORUS-SUBSTITUTED AZOTHIOBARBITURIC DYES

Bulgakova E.V.*, *Sonin N.O.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Интерес к азосоединениям тиобарбитуровой кислоты обусловлен простотой их получения и возможностью создания на их базе потенциально биологическиактивных соединений с противоопухолевыми и иммуномодулирующими свойствами. В связи с этим, разработка метода синтеза новых представителей азотиобарбитуровых кислот и разработка способов их дальнейшей модификации является актуальной задачей в органической химии.

В настоящей работе мы предлагаем метод фосфонилирования азотиобарбитуровых кислот с помощью диметилхлорэтинилфосфоната. В качестве модельной азотиобарбитуровой кислоты использован (Z)-5-(фенилдиазенил)-2-тиоксодигидропиримидин-4,6(1H,5H)-дион. Исходное гетероциклическое соединение обладает очень низкой растворимостью в классических органических растворителях (ацетонитрил, метанол, дихлорметан), из-за чего для реакции был использован диметилсульфоксид. Реакцию протекает в мягких условиях – при комнатной температуре, для связывания выделяющегося хлористого водорода использовался эквивалент поташа. Контроль за реакцией осуществляли с помощью ЯМР-спектроскопии ^{31}P. Реакция протекала с высокой хемо- и региоселективностью, выход продукта составил 91 %.

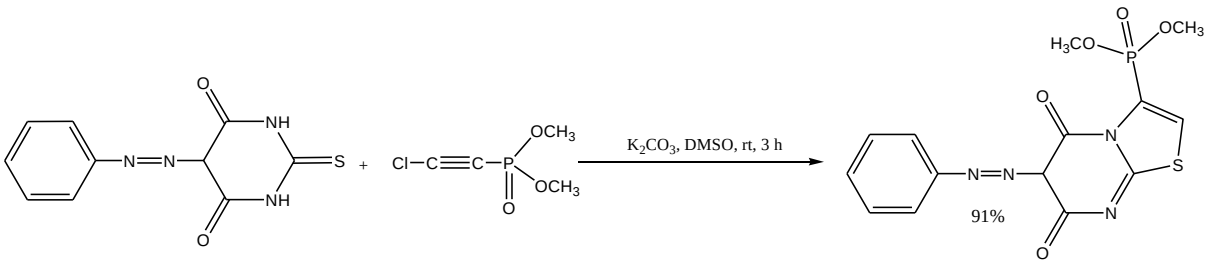


Рисунок - Схема синтеза фосфорозамещенного азотиобарбитурового красителя

После окончания реакции отфильтровывали осадок, раствор упаривали в вакууме, полученный остаток промывали спиртом (рисунок). Строение полученного соединения подтверждено данными ЯМР-спектроскопии ^{1}H, ^{13}C, ^{31}P.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSEN-2023-0002).

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНОГО 1,1’-БИФЕНИЛ-2,4’-ДИОЛА С 5-СУЛЬФОНАМИДНОЙ ГРУППОЙ

Викторов Н.Б.

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

e-mail: kolki@mai.ru

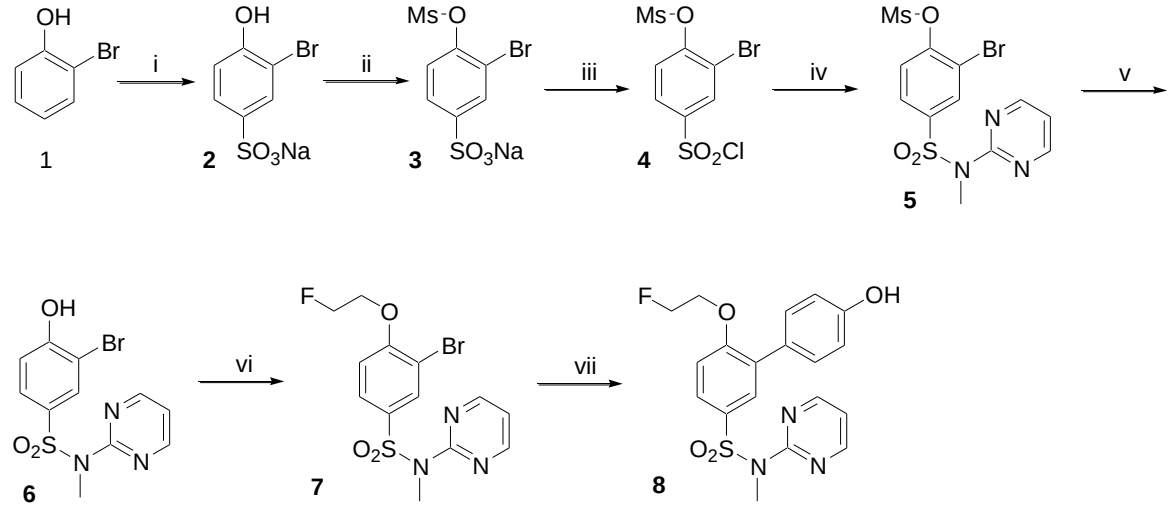
SYNTHESIS OF 1,1’-BIPHENYL-2,4’-DIOL DERIVATIVE WITH 5-SULFONAMIDE GROUPE

Viktorov N.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные ряда 1,1’-бифенил-2,4’-диола проявляют противовоспалительную и нейропротекторную активность. Введение 2-фторэтильной группы позволяет визуализировать поведение препаратов в живых организмах методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) [1]. Предварительные расчеты показывают, что введение в 5-ое положение таких структур замещенных сульфониламидных групп может привести к значительному увеличению противовоспалительной активности.

Исходя из доступного о-бромфенола **1** сульфированием был получен 3-бром-4-метансульфонилоксибензолсульфохлорид **4**. 2-Фторэтильную группу удобней вводить до создания структуры 1,1’-бифенил-2,4’-диола, чтобы избежать конкуренции второй гидроксильной группы. После удаления мезильной группы и реакции фторэтилирования был получен замещенный арилбромид **7**. Последний вводили в реакцию Судзуки с 4-гидроксифенилбороновой кислотой и получили искомый фторэтилированный 1,1’-бифенил-2,4’-диол с сульфонамидной группой заданного строения **8**.



i: 1. H_2SO_4 conc., Δ, 2h; 2. NaCl, H_2O; **ii**: MsCl, NaOH, H_2O, 20°C, 2h;
iii: $SOCl_2$, DMF, Δ, 2h; **iv**: 2-(methylamino)pyrimidine, pyridine, 20 °C, 40h;
v: NaOH, H_2O, 20 °C, 5h; **vi**: $BrCH_2CH_2F$ K_2CO_3, acetone, reflux, 8h; **vii**: 4-hydroxyphenylboronic acid, $Pd(Ph_3P)_4$, Na_2CO_3, H_2O-1,4-dioxane, 95 °C, 8h.

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

СИНТЕЗ 3-АМИНО-4-АЛКИЛ(АРИЛ)-1,2,4-ТРИАЗОЛТИОНОВ-5 НА ОСНОВЕ 1-АМИНО-2-НИТРОГУАНИДИНА

Гайковая Е.М., Иванова М.П., Ефимова Т.П.

Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена

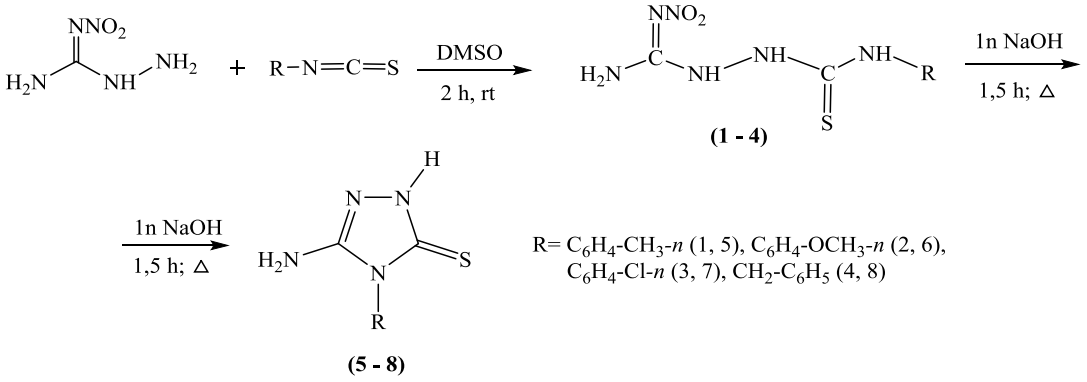
e-mail: kohrgpu@yandex.ru

SYNTHESIS OF 3-AMINO-4-ALKYL(ARYL)-1,2,4-TRIAZOLTIONES-5 BASED ON 1-AMINO-2-NITROGUANIDINE

Gajkovaya E.M., Ivanova T.P., Efimova T.P.

A.I. Herzen State Pedagogical University of Russia

Производные 3-амино-1,2,4-триазола являются практически значимыми соединениями и могут быть использованы в качестве препаратов антисептического действия, а также обладают гербицидными свойствами [1]. В литературе имеются сведения о способах получения производных 3-амино-1,2,4-триазолтионов-5 на основе взаимодействия гидрогалогенидов аминогуанидина с такими электрофилами как изотиоцианаты [1]. Нами было осуществлено взаимодействие алкил(арил)изотиоцианатов с 1-амино-2-нитрогуанидином. Реакции проходили по пути нуклеофильного присоединения в среде ДМСО и заканчивались образованием 1-алкил(арил)-3-(нитрогуанидино)тиомочевин **(1-4)** с выходами до 83 %, представляющих интерес для дальнейшей гетероциклизации. По аналогии со структурно подобными соединениями [2], полученные вещества **(1-4)** способны к дальнейшей циклизации, которая может осуществляться по трем разным направлениям и приводить к замещенным 1,3,4-тиадиазолам, 1,2,4- и 1,3,4-триазолам. При кипячении 1-алкил(арил)-3-(нитрогуанидино)тиомочевин **(1-4)** в 1 н растворе гидроксида натрия в течение 1,5 часов, до осветления раствора, с последующим подкислением до pH 3-4, нами были получены кристаллические вещества с выходами до 74 %, идентифицированные по данным физико-химических методов (ИК и ЯМР H^1 спектроскопий) как 3-амино-4-алкил(арил)-1,2,4-триазолтионы-5 **(5-8)**.



Для полученных гетероциклов характерна прототропия по типу тиокетонной - тиольной таутомерии и возможность существования в двух изомерных формах. Однако данные ЯМР H^1 спектроскопии показали, что полученные соединения в растворе ДМСО-d_6 существуют в тиокетонной форме.

Литература:

1. Dobosz M., Wujec M. // Heterocycles **2002**, 57 (6), 1135.
2. Suni M.M., Vipin A. N., Joshua C.P. // Tetrahedron **2001**, 57, 2003.

ФОСФОНИЛИРОВАНИЕ ГИДРАЗИДОВ АРОМАТИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Герасимова Е.А.

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

e- mail: spiridon.41@mail.ru

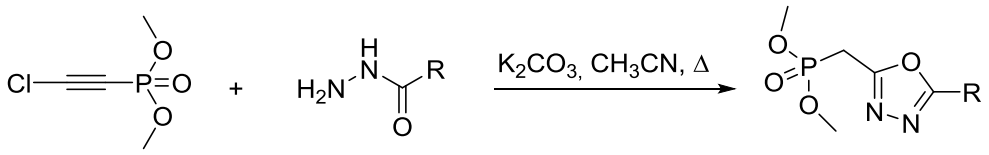
PHOSPHONYLATION OF AROMATIC ACID

Gerasimova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наличие широкого спектра биологической активности у 1,3,4-Оксадиазолов, включающего противовоспалительную, антибактериальную, противотуберкулезную и противомалярийную обуславливает активное применение последних в качестве эффективных фармакофорных фрагментов в составе многих лекарственных препаратов [1].

В данной работа рассматривается новый одностадийный подход к синтезу 1,3,4-Оксадиазолов реакцией диалкилхлорэтинилфосфонатов с гидразидами кислот ароматиеского ряда. Реакция протекает в мягких условиях, хемо- и региоселективно и приводит к образованию фосфонилированных 1,3,4-оксадиазолов, выходы которых варьировались в диапазоне 85-90 %.



R= п-C_6H_4Cl, п-$C_6H_4NO_2$

Строение полученных фосфонатов (3a, b) доказано по данным спектроскопии ЯМР на ядрах ^1H, ^{13}C, ^{31}P. Химические сдвиги δ_P полученных соединений представлены в характерной области ~18 м.д.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-13-00224, https://rscf.ru/project/23-13-00224/ с использованием оборудования Инжинирингового центра Санкт-Петербургского государственного технологического института.

Литература:

1. X. Wang, J. Fu, J. Xie, Q. Teng, H. Tang and Y. Pan, Org. Biomol. Chem., 2020, 18, 4936-4940

СИНТЕЗ 5-АДАМАНТАНТИЛ- 2-ФОРМИЛ-3-АЦЕТИЛ ФУРАНА

Дакуо К.Н., Певзнер Л.М., Петров М.Л.

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

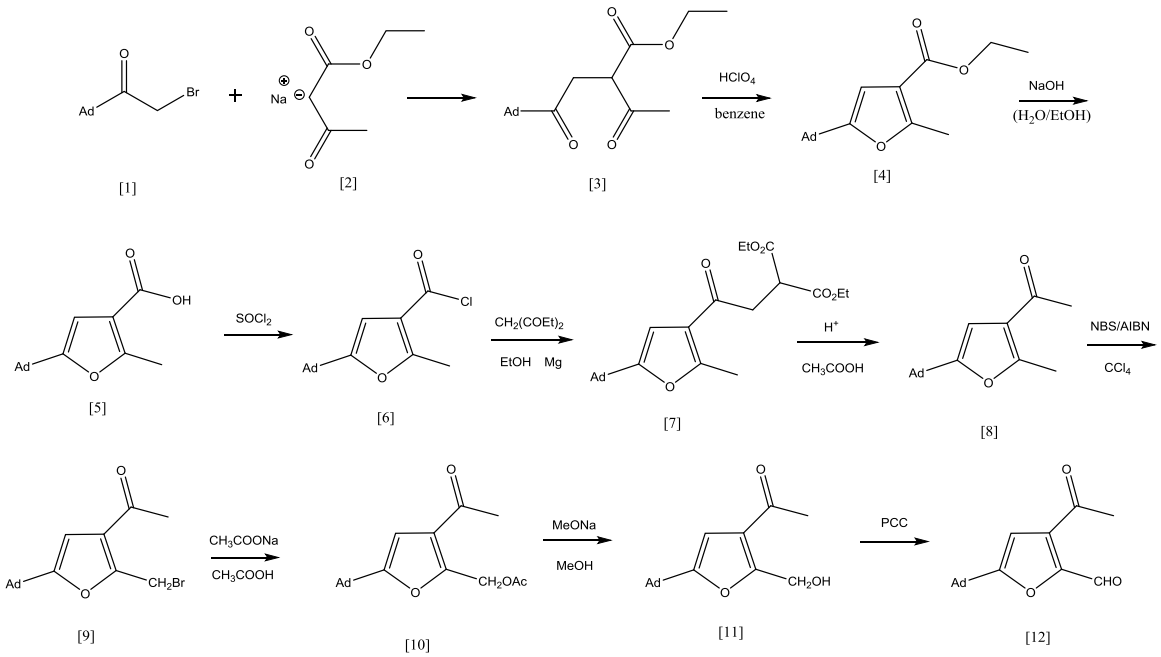
e-mail: kristiandakuo@mail.ru

SYNTHESIS OF 5-ADAMANTYL-2-FORMYL-3-ACETYL FURAN

Dakuo K.N., Pevzner L.M., Petrov M.L.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Введение в биологически активные соединения адамантанового фрагмента изменяет биологическую активность, а также усиливает ее проявление [1]. Поэтому введение адамантильного заместителя в 2-формил-3-ацетилфуран, исходное соединение для синтеза биологически активных гибридных гетероциклических соединений, является актуальной задачей. Алкилированием натрий ацетоуксусного эфира **2** 1-бромацетиладамантаном **1** по модифицированной методике [2] был получен 1,4-дикетон **3**. В условиях синтеза Пааля-Кнора в присутствии хлорной кислоты произошла его циклизация в эфир 3-фуранкарбоновой кислоты **4**. Последний действием водного раствора щелочи был гидролизован до кислоты **5**. Действием хлористого тионила кислота **5** была превращена в хлорангидрид **6**. Реакцией этоксимагниевого производного малонового эфира с соединением **6** был получен ацилмалонатмалонат **7**. Гидролиз последнего смесью соляной и уксуной кислоты привел к кетону **8**, который бромировали N-бромсукцинимидом по метильной группе до монобромида **9.** Действием на него ацетата натрия был получен ацетат **10**, щелочной гидролиз которого привел к спирту **11**. Окислением последнего пиридинхлорхроматом был синтезирован целевой альдегид **12**. Соединения **4-12** в литературе не описаны. Строение всех продуктов подтверждено спектрами ЯМР ^{1}H и ^{13}C.



Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (785.00X6019).

Литература:

1. Shvekhgeimer M-G. A. // Russian Chemical Reviews. 1966. Vol. 65. P. 555.

2. Klimochkin Yu.N., Korzhev I.R., Ivleva E.A. // Russ. J. Org. Chem. 2024. Vol. 60. Issue 7. P. 265. DOI 10.1134/S107042802402012X

ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧНОГО АГЕНТА НА СИНТЕЗ ДИПРОПАРГИЛОВОГО ЭФИРА ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Дружинин В.Д.

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

e-mail: druzhinin.vd@yandex.ru

THE INFLUENCE OF ALKALINE AGENT FOR SYNTHESIS OF DIPROPARGYL ETHER OF DIETHYLENE GLYCOL

Druzhinin V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Дипропаргиловые эфиры двух атомных спиртов образуются в результате реакции нуклеофильного замещения, в которой участвуют пропаргиловый спирт (либо пропаргилгалогенид) и дигалогензамещённое соединение (либо двухатомный спирт). Такие эфиры могут использоваться для отверждения азидосодержащих полимеров, для получения 1,2,3-триазольных производных, имеющих широкое применение в фармакологической области, и в качестве ингибиторов коррозии металлов под действием кислот.

Реакцию можно проводить в гетерогенной системе с межфазным катализатором по следующей схеме, представленной на рисунке.



Рисунок – Схема реакции получения дипропаргилового эфира диэтиленгликоля

В данной работе дипропаргиловый эфир диэтиленгликоля получали взаимодействием 2,2`-дихлордиэтилового эфира (хлорекса) и пропаргилового спирта. В качестве межфазного катализатора использовали тетрабутиламмоний бромид, а в качестве щелочных агентов – гидроксид натрия, гидроксид калия и карбонат калия. Было выяснено, что тип щелочного агента влияет на степень замещения хлорекса и содержание примесей. Основным побочным продуктом в данной реакции является винилпропаргиловый эфир этиленгликоля.

В таблице представлены параметры, на которые влияет используемый в синтезе щелочной агент.

Таблица – Влияние используемого щелочного агента на результат синтеза

Характеристики получаемого сырца	NaOH	KOH	K_2CO_3
Массовое содержание хлорекса в сырце, %	0	0	35,7
Массовое содержание основной примеси в сырце, %	0	7,1	1,6
Выход чистого продукта, %	91,9	85,4	57,6

Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальным для синтеза является выбор гидроксида натрия.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕТРА НАТРИЕВЫХ СОЛЕЙ α-ТЕТРАКИС[4-(-1*H*-ТЕТРАЗОЛ-5-ИЛ)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНОВ ЦИНКА И ХЛОРИДА ИНДИЯ

Иванова М.А.

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

e-mail: masichkamasha@icloud.com

SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES OF TETRA SODIUM SALTS α-TETRAKIS[4-(-1H-TETRAZOL-5-YL)PHENOXY]PHTHALOCYANINES OF ZINC AND INDIUM CHLORIDE

Ivanova M.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.

Ранее мы разработали синтез непериферийнозамещенных (β) комплексов, поэтому в этой работе уделим внимание периферийнозамещенным (α) фталоцианинам. Соли таких фталоцианинов были получены тетрамеризацией соответствующего фталонитрила с солями металлов ($Zn(OAc)_2$/$InCl_3$) в пентаноле с каталитической добавкой ДБУ по схеме, представленной на рисунке.

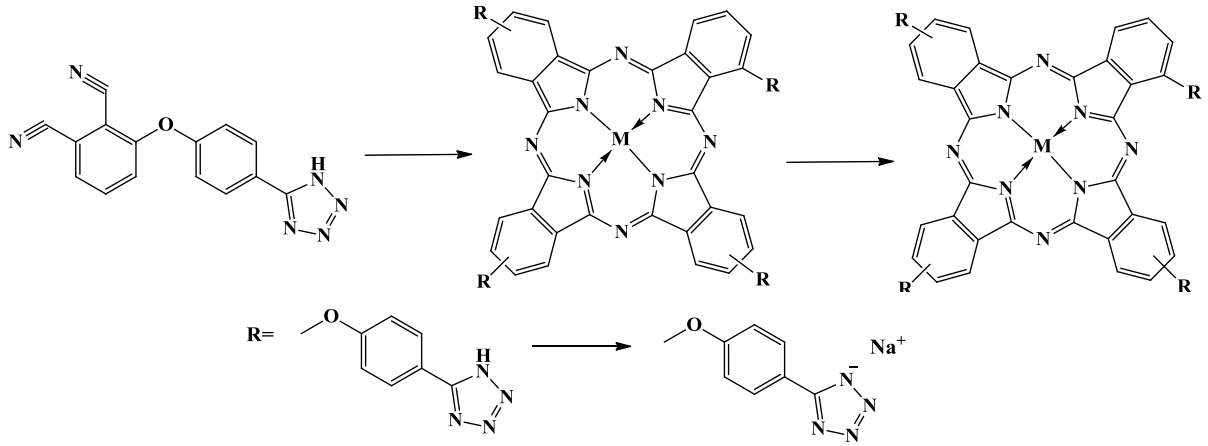


Рисунок – реакция получения α-тетраксис-(4-(1Н-тетразол-5-ил)фенокси)фталоцианинов цинка и хлорида индия и их тетранатриевых солей

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.

В докладе будут обсуждаться изученные фотофизико-химические свойства: агрегация, фотодеструкция и квантовые выходы генерации синглетного кислорода.

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 И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Кантерман А.С.

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

e-mail: kanterman.anya@yandex.ru

OPTIMIZATION OF SYNTHESIS METODS OF AROMATIC NITRIL

Kanterman A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фталоцианины – это отдельный класс фотоактивных соединений, уникальные физико-химические свойства которых исследуются во многих областях современной науки. Так как металлофталоцианины являются фотосенсибилизаторами (ФС), то они используются в фотодинамическая терапия (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.

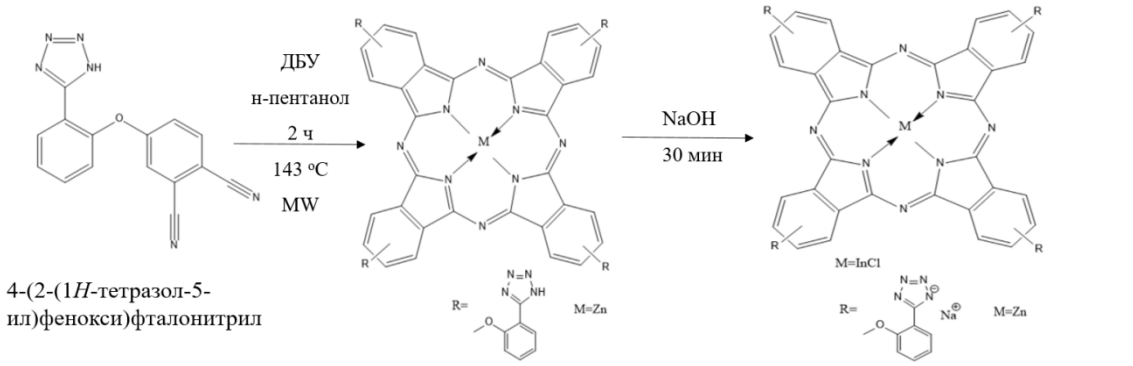


Рисунок – Схема синтеза фталоцианина цинка и его тетранатриевой соли

Фталоцианина 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 (рисунок).

Для того чтобы комплекс фталоцианина с металлом мог успешно функционировать в качестве фотосенсибилизатора, необходимо обеспечить нахождение молекул металлофталоцианина в мономерном состоянии. Агрегационное поведение тетра натриевой соли металлофталоцианина было изучено в ДМСО. Закон Бугера-Ламберта-Бера выполняется для полученной соли в диапазоне концентраций от 0 до $22*10^{-6}$ моль/л. Следовательно, в этом диапазоне концентраций фталоцианин хлорида индия не агрегирован.

1-АМИНОАЦИЛОКСИГЕРМАТРАНЫ НА ОСНОВЕ ТЕТРА(2-ГИДРОКСИ-ЭТИЛ)ЭТИЛЕНДИАМИНА

Королёнок К.А.[1,2]***, Лёзов Д.В.***[1,2]

[1]*Филиал Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова Научно-исследовательского центра Курчатовского института - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ*

e-mail: korolenokkseniya@gmail.com

1-AMINOACYLOXYHERMATRANS BASED ON TETRA(2-HYDROXY-ETHYL)ETHYLENEDIAMINE

Korolionok K.A.[1,2]***, Lezov D.V.***[1,2]

[1]*Branch of the St. Petersburg Institute of Nuclear Physics named after B.P. Konstantinov Scientific Research Center of the Kurchatov Institute - I.V. Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry,*

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

Герматраны – это внутрикомплексные соединения германия, в которых существует дополнительная донорно-акцепторная (гипервалентная) связь N-Ge.

Ранее были проведены исследования [1], в которых синтезировали 1-аминоацил-оксигерматраны, используя реакцию 1-герматранол-гидрата с аминокислотами (L-*α*-аланин, *β*-аланин и L-валин). В настоящее время важной задачей является поиск заместителей при атоме германия, которые увеличивали бы фармакологический эффект конечных продуктов.

Цель данного исследования – изучить взаимодействие солей германия (L-цистеината, *β*-аланината и L-серината) с тетра(2-гидроксиэтил)этилендиамином (THEED). Синтез 1-аминоацилоксигерматранов состоит из 2-х этапов. На первом этапе были получены комплексы GeO_2 с аминокислотами (L-цистеин, *β*-аланин, L-серин) в водной среде при температуре 80 ºС. На втором этапе полученные комплексы вступают в реакцию с тетра(2-гидроксиэтил)этилендиамином в водной среде при температуре 90 ºС, с последующим образованием 1-аминоацилоксигерматранов.

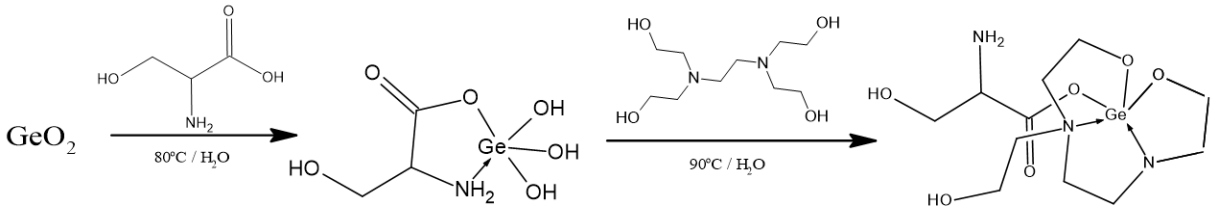


Рисунок – Схема синтеза на примере L-серината германия с THEED

В итоге синтезированы ранее неизвестные 1-аминоацилоксигерматраны на основе THEED. Структура атрановой клетки и физиологически активных кислот доказано с помощью спектроскопии ЯМР на ядрах ^{1}H и ^{13}C и ИК спектроскопией (рисунок).

Литература:

1. I.S. Ignatyev, D.V. Lezov, Y.A. Kondratenko, T.A. Kochina. Interaction of simple amino acids (glycine, α-alanine, β-alanine and L-valine) with germatranol hydrate // Journal of Molecular Structure 1253 (2022) 132245.

ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ 3-И 4-[*E*-2-(1,2,3- ТИАДИАЗОЛ-4-ИЛ)-1-ЭТЕНИЛ]ФЕНОЛОВ

Лебедева Н.В., Певзнер Л.М., Петров М.Л.

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

e-mail: nattehimlen@yandex.ru

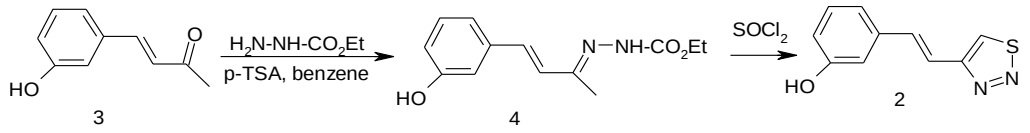
GLYCOSYLATION OF 3- AND 4-[*E*-2-(1,2,3-THIADIAZOL-4-YL)ETHEN-1-YL]PHENOLS

Lebedev N.V., Pevzner L.M., Petrov M.L.

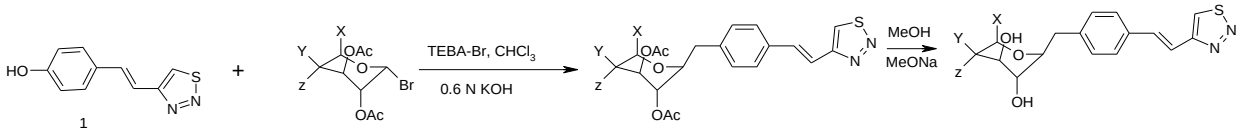
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Повышение биодоступности и снижение токсичности производных фенолов путем гликозилирования очень перспективно, поскольку моделирует механизм действия природных биорегуляторов, например индукторов экспрессии генов [1,2]. Особый интерес представляет гликозилирование 4-[*E*-2-(1,2,3-тиадиазол-4-ил)этен-1-ил]фенола **1**, имеющего углеродный скелет природных бензилиденацетонов – розефурина и дегидроцингерона [1], а также неизвестного до настоящего времени близкого по строению 3-[*E*-2-(1,2,3-тиадиазол-4-ил)этен-1-ил]фенола **2**.

Последний был получен исходя из *E*-3-(гидроксифенил)бут-3-ен-2-она **3,** который был превращен в карбэтоксигидразон **4**. Обработка соединения **4** хлористым тионилом в условиях реакции Хурда-Мори привела к целевому продукту **2.**



Гликозилирование соединений **1,2** проводили в условиях межфазно-каталитического варианта реакции Кеннигса-Кнорра в системе хлороформ – 0.6 N раствор гидроксила калия. В качестве катализатора применяли бромид триэтилбензиламмония. Все полученные из **1** гликозиды имели β-конфигурацию.



При гликозилировании **2** образовывались нестабильные гликозиды α-конфигурации, то есть происходило нарушение вальденовского обращения. Абсолютную конфигурацию веществ устанавливали по величине химического сдвига углерода C^1 углеводного фрагмента. Строение полученных гликозидов установлено с помощью спектров ЯМР ^1H и ^{13}C, их состав подтвержден масс-спектрами ESI.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (785.00Х6019)

Литература:

1. Joubert P., Beaupere D., Wadouachi A., Chateau S., Sangwan R.S., Sangwan-Norreel B. // J. Nat. Products. 2004. Vol. 67. P. 348. DOI 10.1021/np030281z.

2. Delay D., Delmotte F. // Carbohydrate Research. 1990. Vol. 198. Issue 2. P. 223.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 5-АЛКИЛ-СУЛЬФОНИЛТЕТРАЗОЛОВ С НУКЛЕОФИЛАМИ

Лукина В.А., Ниязов М.Г., Тищенко Е.А.

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

e-mail: vu_lu_2002@list.ru

INTERACTION OF 5-ALKYL-SULPHONYLTETRAZOLES WITH NUCLEOPHILS

Lukina V.A., Niyazov M.G., Tishchenko E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразолы, содержащие сульфонильную или сульфинильную группу в 5-ом положении гетерокольца, являются пусть и мало изученными, но обладающими значительным синтетическим потенциалом, соединениями. Так, они могут быть использованы для синтеза разнообразных соединений [1].

Широко известно, что 1-замещенные 5-R-сульфонилтетразолы могут вступать в реакцию нуклеофильного замещения, давая тетразолы с кислород, азот и углерод содержащими заместителями в 5-ом положении гетерокольца [2]. В то же время реакция с незамещенными и 2-замещенными 5-R-сульфонилтетразолами так и остается неизученной.

Нами был проведен ряд экспериментов по замещению различными нуклеофилами 5-R-сульфонил- и 5-R-сульфинил-1*H*-тетразолов. Мы нашли, что при взаимодействии N-незамещенного 5-метилсульфонилтетразола с гидроксидом натрия с хорошим выходом образуется незамещенный тетразол (схема 1).

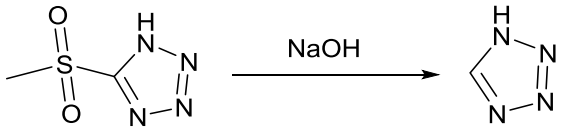


Схема 1 – Реакция нуклеофильного замещения 5-метил-сульфонил-1*H*-тетразола

В отличии от незамещенного сульфонилтетразола 2-третбутил-5-метилсульфонил тетразол в реакцию с гидроксидом натрия не вступает (схема 2).

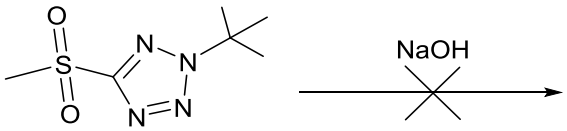


Схема 2 – Реакция нуклеофильного замещения 2-третбутил-5-метил-сульфонилтетразола

Это связано с электронным влиянием заместителя во 2-ом положении тетразольного цикла, что свидетельствует о большей стабильности данного соединения по сравнению с незамещенным аналогом.

Литература:

1. Харбаш, Р.В. Тетразолы. XIII. Полидентатные тетразолсодержащие лиганды для биомиметических исследований / Р.В. Харбаш, М.А. Гольцберг, Т.В. Артамонова, Е. Норландер, Г.И. Колдобский // ЖОрХ. - 2002. – Вып. 38. - С. 1409-1412

2. Гольцберг, М. А. Простой способ получения 5-алкил(арил)окси- 1-фенилтетразолов / М.А. Гольцберг, Г.И. Колдобский // ЖОрХ. -1995. - Т.31. - Вып.11. -С. 1726-1727.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТРТ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОТОТРОПНЫХ ФОРМ 5R-ТЕТРАЗОЛОВ

Мажай В.С.

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

e-mail: vova.mazha@mail.ru

AN INFLUENCE OF A SUBSTITUENT ON CHARACTERISTICAL VIBRATION FREQUENCIES FOR DIFFERENT PROTOTROPIC FORMS OF 5R-TETRAZOLES

Mazhai V.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразол и его производные широко применяются в медицинской химии, используются в качестве ключевых компонентов высокоэнергетических соединений и других областях науки и техники. [1]. Свойства тетразолов сильно зависят от природы заместителя в положении 5. Анализ различных колебательных состояний молекулы позволяет получить важную информацию о ее симметрии, стабильности, реакционной способности и других свойствах.

В работе методом DFT в приближении B3LYP/6-311G+(d,p) с использованием программы Gaussian16 [2] рассчитаны характеристичные частоты колебаний различных прототропных форм 5R-тетразолов (R=H, CH_3, Ph, Cl, NO_2): 1H- и 2H-таутометрные формы нейтральных тетразолов, тетазолат-анионы, 1H,3H$^+$-, 1H,4H$^+$-, 2H,3H$^+$-изомерные тетразолиевые ионы. Для всех форм 5R-тетразолов в области частот 550-850 см$^{-1}$ проявляются внеплоскостные остовные колебания гетерокольца, а в области 950-1550 см$^{-1}$ – валентные колебания эндоциклических связей и прилежащих им валентных углов. Интенсивность сигналов и характеристичные частоты в ИК-спектрах сильно варьирут в зависимости от прототропной формы и природы заместителя в гетероцикле (рисунок).

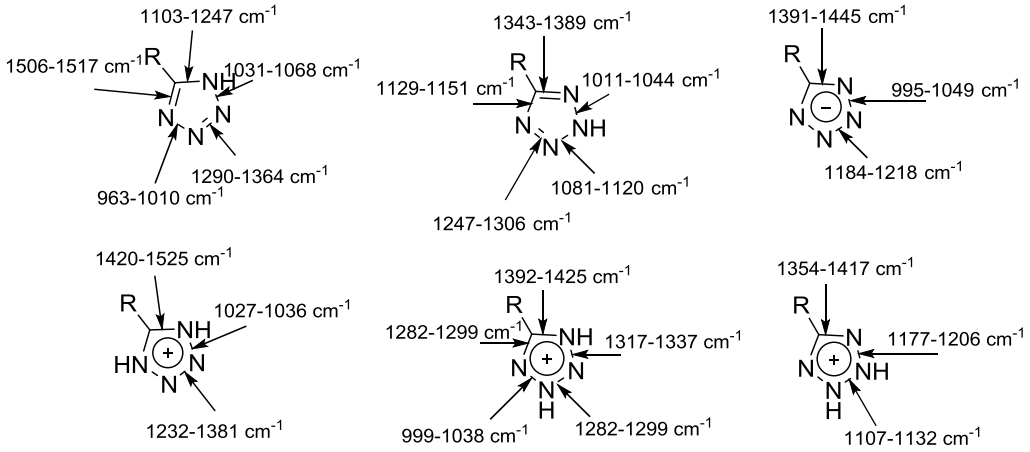


Рисунок – Структурные формулы исследованных соединений и частоты, на которых проявляется колебание отмеченных связей

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.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИНИЛ-Н-БУТИЛОВОГО ЭФИРА В РОССИИ

Миронова А.И.*, *Усачева У.О.

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

e-mail: alex.sm.2002@mail.ru, ul.usa4eva@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF LAUNCHING THE PRODUCTION OF VINYL-N-BUTYL ETHER IN RUSSIA

Mironova A.I.*, *Usacheva U.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время резко возрос интерес к созданию производства винил-н-бутилового эфира (ВБЭ). Повышение интереса к данному химическому соединению обусловлено отсутствием отечественных производств, трудности импортирования продукта в связи введенными санкциями, а также высоким спросом – ежегодное потребление составляет порядка 200 тысяч тонн в год. Основными потребителями продукта являются компании, занимающиеся производством индустриальных масел (значимую часть данного сегмента занимают компании группы «Лукойл»), ПВХ, красок, а также порошковых покрытий и винилина.

Синтез ВБЭ может осуществляться различными способами. Наиболее распространенным является процесс на основе винилирования бутанола-1: исходными компонентами синтеза являются ацетилен и бутанол-1. Реакция нуклеофильного присоединения происходит в присутствии катализатора, чаще всего бутанольный раствор гидроксида калия или натрия. Недостатком процесса является образование значительного количества побочных продуктов (диалкилацеталь), в связи, с чем требуется их переработка в целевой продукт.

Вторым способом синтеза является деалкоксилирование дибутилацеталя уксусного альдегида при высоких давлениях, который незначительно лучше традиционного, однако данный процесс может быть реализован лишь при использовании сложного в изготовлении катализатора – палладий с асбестом. Помимо этого, недостатками способа являются: сложное аппаратурное оформление процесса, необходимое для поддержания условий разложения и потребность в создании эффективной системы улавливания продуктов реакции. Также возможно получать ВБЭ разложением дибутилацеталя. Выход винил-н-бутилового эфира в этом процессе невелик (порядка 65 %), что ограничивает применение этого способа, однако в последнее время активно ведутся поиски новых катализаторов, повышающих выход продукта.

Помимо различных способов проведения химических процессов, производство ВБЭ можно классифицировать по агрегатному состоянию исходных компонентов. Получение ВБЭ возможно по системе «жидкость-газ», при которой осуществляется непрерывный барботаж ацетилена через бутанольный раствор КОН при температуре около 150 °С и давлении 1,3 ати (выход эфира достигает 80 %). Производство ВБЭ также можно реализовать по системе «жидкость-жидкость» во вращающемся автоклаве, однако подобные системы нестабильны, а также требуют тщательной очистки продукта от следов катализатора. Реализация процесса в системе «газ-твердое» встречается значительно реже ввиду сложности реализации технологического процесса и контроля основных параметров.

Производство ВБЭ в России возможно ввиду хорошей изученности процесса синтеза, однако осложнено малым производством катализаторов для процесса синтеза винил-н-бутилового эфира. Тем не менее, актуальность производства возрастает по причине увеличения спроса на загустители для моторных масел, текстильные пропитки и отделочные материалы.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА 1,5-ЗАМЕЩЁННЫХ ДИАРИЛДИТЕТРАЗОЛОВ

Мирошниченко А.О., Бенедиктов П.М., Ворона С.В.

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

e-mail: miroshnichenko2023@gmail.com

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE SYNTHESIS OF 1,5-SUBSTITUTED DIARYLTETRAZOLES

Miroshnichenko A.O., Benediktov P.M., Vorona S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразольный фрагмент широко применяется в медицинской химии и фармакологии как биоизостер *цис*-амидной, *N*-алкиламидной и карбоксильной групп, за счёт повышенной метаболической стабильности и увеличенной пролонгированности биологически активного субстрата [1]. Тетразолсодержащие соединения проявляют антимикробную, противоэпилептическую, противораковую, антигипоксическую активность, благодаря разнообразным механизмов действия, включая взаимодействие с биологическими мишенями, модуляцию ферментов или рецепторов, регуляцию ионного транспорта.

Целью данной работы является разработка эффективного и простого в реализации метода получения 1,5-замещённых диарилдитетразолов, которые являются тетразолсодержащими аналогами ингибиторов/активаторов различных хлоридных и калиевых каналов. В качестве исходного реагента нами был предложен легкодоступный нафталин, окислением которого и последующим восстановлением продукта реакции получили 2-формилбензойную кислоту. Полученную кислоту вводят в реакцию конденсации с гидроксиламином для получения 2-цианобензойной кислоты, являющейся исходным реагентом для синтеза непосредственно 1,5-замещённых диарилдитетразолов, схема синтеза которых показана на рисунке.

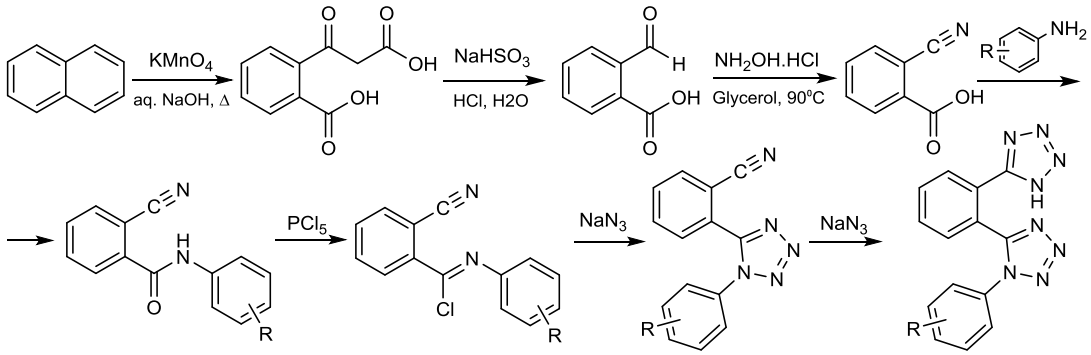


Рисунок – Принципиальная схема синтеза 1,5-замещённых диарилдитетразолов

По предварительным результатам оценки взаимодействия лиганда с мишенью методом полужесткого молекулярного докинга наилучшее сродство было обнаружено с сайтом связывания белка 6BGI (кальций-активируемый хлоридный канал) для 5-(2-(1*H*-тетразол-5-ил)фенил)-1-(4-фторфенил)-1*H*-тетразол и 5-2-(1*H*-тетразол-5-ил)фенил)-1-(3-(трифторметил)фенил)-1*H*-тетразол.

Литература:

1. Myznikov L.V., Vorona S.V., Zevatskii Y.E. Biologically active compounds and drugs in the tetrazole series / L.V. Myznikov, S.V. Vorona, Y.E. Zevatskii // Chemistry of Heterocyclic Compounds 2021, 57(3), 224–233

ПОЛУЧЕНИЕ 6-(4-БРОМФЕНИЛ)-4-ФЕНИЛ-3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2(1*H*)-ТИОНА И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДИМЕТИЛХЛОРЭТИНИЛФОСФОНАТОМ

Михайлова Е.С.*, *Скрылькова А.С.

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

e-mail: ket.mikho@mail.ru

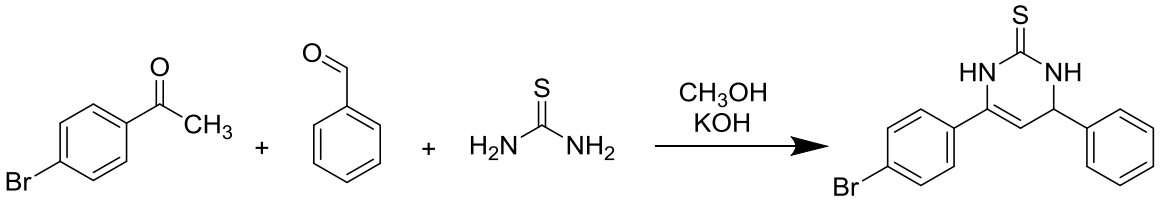
PREPARATION 6-(4-BROMPHENYL)-4-PHENYL-3,4-DIHYDROPYRIMIDINE-2(1*H*)-THIONE AND THEIR INTERACTION WITH DIMETHYLCHLOROETHYNILPHOSPHONATE

Mikhaylova E.S.*, *Skrylkova A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

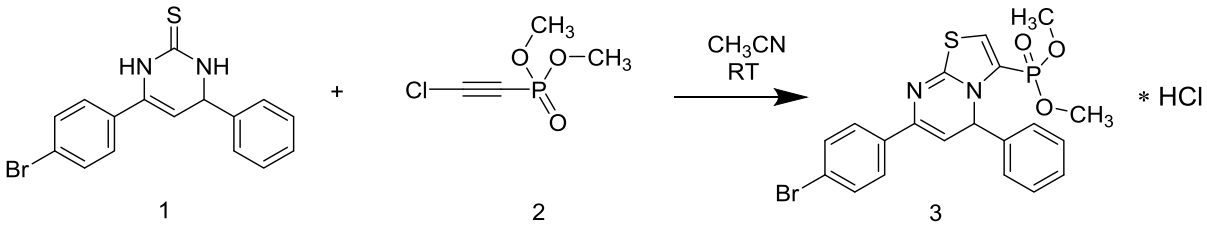
Многие азотосодержащие гетероциклические соединения, такие как пиримидин, обладают широким спектром биологической активности. Фосфонилирование производных пиримидина позволяет снизить их токсичность и повысить растворимость, поэтому синтез полиядерных фосфоросодержащих гетероциклов является актуальной задачей для органической химии.

6-(4-бромфенил)-4-фенил-3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-тион (1) был получен взаимодействием 4-бромацетофенона с бензальдегидом и тиомочевиной в присутствии гидроксида калия при кипячении в метаноле. Реакция проводилась 4 часа. Образовавшийся осадок отфильтровали на воронке Бюхнера и перекристаллизовали в метиловом спирте, получившийся продукт также отфильтровали и промыли метанолом. Выход составил 71 %.



1

В ходе дальнейших исследований, было изучено взаимодействие 6-(4-бромфенил)-4-фенил-3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-тиона (1) с диметилхлорэтинилфосфонатом (2) в ацетонитриле при комнатной температуре. Реакция полностью протекла в течение 72 часов с высокой селективностью. Полученный фосфонилированный тиазолопиримидин (3) отфильтровали на складчатом фильтре и просушили на воздухе, выход составил 89 %.



1 2 3

Строение полученных соединений установлено по данным ЯМР-спектроскопии по ядрам ^{1}H, ^{13}C, ^{31}P.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSEN-2023-0002) с использованием оборудования ИЦ СПбГТИ(ТУ).

СИНТЕЗ *N*-(-4-(1,2,3-ТИАДИАЗОЛ-4-ИЛ)ФЕНИЛ)-1,7,7-ТРИМЕТИЛБИЦИКЛО[2.2.1]ГЕПТАН-2-ИМИНА

Мкртчян С.С.*, *Попова Е.А.

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

e-mail: sergey02072001@gmail.com

SYNTHESIS OF *N*-(4-(1,2,3-THIADIAZOL-4-YL)PHENYL)-1,7,7-TRIMETHYLBICYCLO[2.2.1]HEPTAN-2-IMINE

Mkrtchyan S.S.*, *Popova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Терпены и их производные обладают большим биологическим потенциалом, который открывает возможности для их применения в фармакологии в качестве антивирусных, противораковых агентов и иммуномодуляторов. Азометины камфоры представляют интерес как субстраты, проявляющие антивирусную и антимикобактериальную активность [1]. Ряд соединений, содержащих фрагмент 1,2,3-тиадаизола также проявляют высокую биологическую активность по отношению к растениям, благодаря чему они нашли свое применение в сельском хозяйстве [2].

В данной работе мы осуществили синтез азометина **3**, путем взаимодействия нитроимниа камфоры **1** и 4-(1,2,3-тиадиазол-4-ил)анилина **2**. Производное **1** является удобным агентом, позволяющем присоединять нуклеофильный субстрат к камфорному фрагменту в достаточно мягких условиях без нарушения структуры борнилиденового скелета [3]. Выход азометина **3** по трем стадиям составил 28 %. Строение имина **3** было доказано с помощью ЯМР ^{1}H, ^{13}C, ^{1}H- ^{1}H COSY и масс-спектрометрии.

По данным, полученным с помощью программы Pass online азометины камфоры содержащие фрагмент 1,2,3-тиадиазола, соединенный через фенильный мостик, могут проявлять биологическую активность в качестве антагонистов гестагеновых рецепторов. Для азометина **3** данная рассчитанная активность составила 61,3 %.

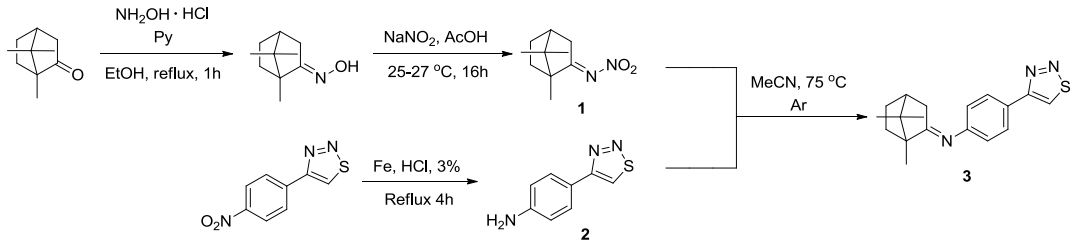


Схема - синтез *N*-(-4-(1,2,3-тиадиазол-4-ил)фенил)-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1] гептан-2-имина 3

Литература:

1.Sokolova, A. S., Yarovaya, O. I., Shernyukov, A. V. et. al. New quaternary ammonium camphor derivatives and their antiviral activity, genotoxic effects and cytotoxicity. Bioorganic & Medicinal Chemistry.: 2013, P. 6690–6698.

2. Kalinina, T. A, Balandina, V. I., Obydennov, K. L. et. al. Synthesis, Fungicidal Activity and Plant Protective Properties of 1,2,3-Thiadiazole and Isothiazole-Based *N*-acyl-*N*-arylalaninates. Molecules.: 2023, V. 28, № 1, pp. 419-419.

3. Emerson Teixeira da Silva, Luciano da Silva Santos, Gabriel Fernandes de Andrade, et. al. Camphor nitroimine: a key building block in unusual transformations and its applications in the synthesis of bioactive compounds. Molecular Diversity.: 2022, V.26, P. 3463–3483.

ПРОБЛЕМА КОНТРОЛЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

***Нилова Д.В.*[1,2], *Зевацкий Ю.Э.*[1,2], *Левыкин А.В.*[2], *Бакланова Е.Г.*[2]**

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

[2]*АО «Новбытхим»*

e-mail: dasha_nilova2002@mail.ru

THE IMPORTANCE OF CONTROL OF PAINTS AND VARNISHES IN THEIR PRODUCTION AND APPLICATION

***Nilova D.V.*[1,2], *Zevatckiy Yu. E.*[1,2], *Levykin A.V.*[2], *Baklanova E.G.*[2]**

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

[2]*JSC «Novbytkhim»*

Существуют различные лакокрасочные материалы (ЛКМ):

- для архитектурно-декоративных работ — окраска зданий и сооружений снаружи или внутри;
- для защиты металлических изделий (трубопроводов, транспорта, элементов конструкций зданий, мостов) от коррозии;
- краски по древесине используются как для декоративной окраски древесины, так идля защиты от грибов и плесени;
- для полиграфии.

В настоящее время приобрели большую популярность лакокрасочные материалы на водной основе. Им свойственна низкая токсичность при производстве и применении. В процессе производства таких лакокрасочных материалов появляется возможность отказаться от использования ядовитых и пожароопасных растворителей.

При разработке и производстве ЛКМ требуется контролировать качество конечного продукта, для улучшения свойств материала и покрытий, образуемых после нанесения. Для осуществления такого контроля существуют определённые методики определения свойств лакокрасочных материалов и лакокрасочных покрытий.

К основным характеристикам ЛКМ можно отнести:

1. стабильность состава при хранении;
2. массовая доля нелетучих веществ;
3. оседаемость и размешиваемость исходного материала;
4. вязкость;
5. плотность.

К характеристикам покрытия относятся:

1. водостойкость и влагостойкость плёнки покрытия;
2. адгезия к подложке;
3. твёрдость, эластичность и износостойкость;
4. блеск покрытия.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСКОРЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

***Нилова Д.В.*[1,2], *Зевацкий Ю.Э.*[1,2], *Левыкин А.В.*[2], *Бакланова Е.Г.*[2]**

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

[2]*АО «Новбытхим»*

e-mail: dasha_nilova2002@mail.ru

AUTOMATION OF ACCELERATED CLIMATIC TESTS FOR RESISTANCE TO THE IMPACT OF CLIMATIC FACTORS

***Nilova D.V.*[1,2], *Zevatckiy Yu.E.*[1,2], *Levykin A.V.*[2], *Baklanova E.G.*[2]**

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

[2]*JSC «Novbytkhim»*

В условиях лаборатории при стандартных условиях результаты исследования лакокрасочных материалов (ЛКМ) и лакокрасочных покрытий (ЛКП) бывают недостоверными, так как проводятся в одной климатической зоне и при определённой температуре. На производстве для создания улучшенного материала, подходящего под любые погодные условия, была внедрена методика климатических испытаний.

Оценка срока службы лакокрасочного покрытия имеет большое экономическое и экологическое значение. Эффективная защита изделий продлевает срок службы и обеспечивает оптимальное ресурсосбережение.

Самым достоверным способом определения срока службы лакокрасочного покрытия является проведение испытаний в природных условиях, где действуют: солнечное излучение, влага, снег, дождь, перепады температур, загрязнения, способные привести к коррозии металла или гниению древесины, пыль. Но эти испытание являются достаточно растянутыми по времени и могут затянуться на десятки лет. Поэтому получение данных по стойкости покрытия к воздействию климатических факторов и прогнозирование на основе ускоренных испытаний - важная задача [1].

Для автоматизации и ускорения процессов, влияющих на стойкость покрытия, существует климатическая камера, которая позволяет усовершенствовать и упростить проведения испытаний. Настройки камеры способствуют воспроизведению условий в различных климатических зонах (умеренной, тропической, субтропической, полярной), где планируется использоваться ЛКМ и их покрытия. Анализы, на которые в реальном времени могли уйти годы, в камере проводятся за считанные часы, что способствует развитию методик контроля качества конечного продукта.

Литература:

1. ГОСТ 9.401-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов: межгосударственный стандарт: издание официальное: дата введения 2018-09-30 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва. Издательство стандартов. 2019. – 122 с.

ТИОЦИАНИРОВАНИЕ АЦЕТОФЕНОНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИОДА

***Ниязов М.Г.*, Лукина В.А., Волкова Д.Д., Тищенко Е.А.**

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

e-mail: maks.n1981m@yandex.ru

THIOCIANATION OF ACETOPHENONE AND ITS DERIVATIVES IN THE PRESENCE OF METALLIC IODINE

Niyazov M.G., Lukina V.A., Volkova D.D., Tishchenko E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

α-Кетонтиационаты − важные интермедиаты в синтезе серосодержащих гетероциклов, таких как тиазолы и сульфанилтетразолы. В литературе описаны разнообразные методы тиоцианирования кетонов. Однако в большинстве своём они либо протекают в несколько стадий с низкими суммарными выходами, либо требуют использования дорогостоящих и/или труднодоступных реагентов, либо вовсе не воспроизводятся [1].

Выбранный нами метод заключался во взаимодействии ацетофенона или его производных с тиоцианатом аммония в присутствии металлического иода в среде метанола (схема).

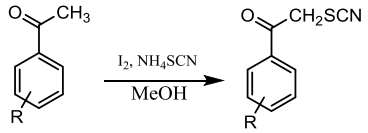
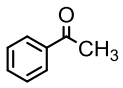
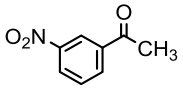
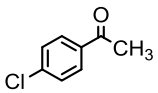
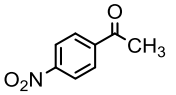
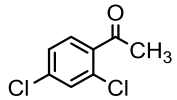
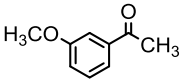


Схема – Тиоционирование производных ацетофенона

Нами было проведено исследование тиоцианирования ацетофенонов с донорными и акцепторными заместителями в различных положениях (таблица).

Таблица – Условия тиоцианирования производных ацетофенона

Субстрат	Мольное соотношение I_2	Время реакции, ч	Субстрат	Мольное соотношение I_2	Время реакции, ч
	1	2		2	8
	1	3		2	10
	1	6		-	-

Обнаружено, что акцепторность заместителя и его положение в бензольном кольце ацетофенона ощутимо влияет на протекание реакции. Так же было установлено, что наличие донорного заместителя не позволяет провести тиоцианирование в данной системе.

Литература:

1. Atkins, E.F. Pseudohalogen Chemistry. XI.[1] Some Aspects of the Chemistry of α-Thiocyanato-β-Dicarbonyl Compounds / E. F. Atkins, S. Dabbs, R. G. Guy // Tetrahedron. – 1994. – Vol.50. – №24. – P. 7253-7264.

ПРОГНОЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ β-(2R,3S,5R)-2-(ГИДРОКСИМЕТИЛ)-6-(5-ФЕНИЛ-2*H*-ТЕТРАЗОЛ-2-ИЛ) ТЕТРАГИДРО-2*H*-ПИРАН-3,4,5-ТРИОЛА

Новожилова Д.Д.

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

e-mail: novozhilova2103@mail.ru

PPREDICTION OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF β-(2R,3S,5R)-2-(HYDROXYMETHYL)-6-(5-PHENYL-2*H*-TETRAZOLE-2-YL) TETRAHYDRO-2*H*-PIRAN-3,4,5-TRIOL

Novozhilova D.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразольный цикл является перспективным фрагментом в составе полиядерных гетероциклических соединений, проявляющих выраженную биологическую активность. В живых системах тетразольный цикл образует водородные связи, включая многоцентровые, что оказывает положительное влияние на образование и устойчивость комплексов «лиганд-рецептор». Полезным фрагментом для создания биологически активных молекул, которые могут быть перспективны для повышения биодоступности, является 2,3,4,6-тетра-O-ацетил-D-галактопиранозил [1].

В данной работе проводился *in silico* прогноз биологической активности для соединения β-(2R,3S,5R)-2-(гидроксиметил)-6-(5-фенил-2*H*-тетразол-2-ил) тетрагидро-2*H*-пиран-3,4,5-триола **1**. Скрининг осуществлялся с применением PASS Online (2022) , а также проводился докинг-анализ позиционирования молекулы в активном центре фермента (белка-мишени) с помощью программы AutoDock Vina (рисунок 1,2).

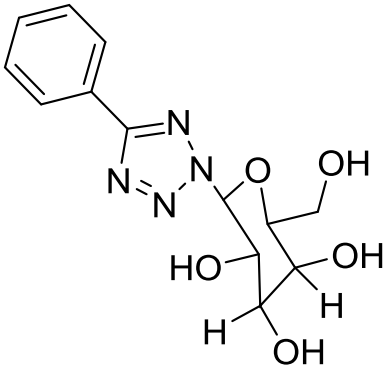


Рисунок 1 – β-(2R,3S,5R)-2-(гидроксиметил)-6-(5-фенил-2*H*-тетразол-2-ил) тетрагидро-2*H*-пиран-3,4,5-триол

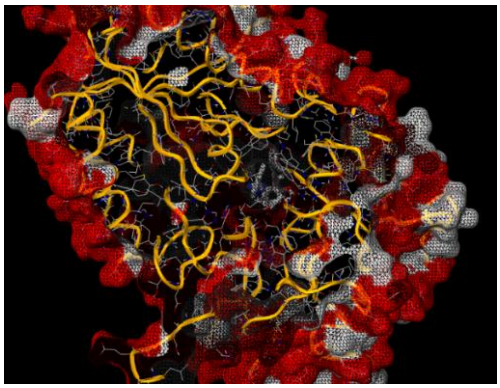


Рисунок 2 – Позиционирование лиганда - молекулы β-(2R,3S,5R)-2-(гидроксиметил)-6-(5-фенил-2*H*-тетразол-2-ил) тетрагидро-2*H*-пиран-3,4,5-триола в активном сайте дипептидилпептидазы-4 (1rwq)

Таким образом, соединение **1** проявляет ярко выраженную *in silico* активность как ингибитор CDP-глицерола (Pa = 0.920) и антидиабетическую активность (Pa = 0.852). Скоринг показал высокую энергию связывания: -8,0 Ккал/моль. В связи с этим, можно рекомендовать на дальнейшее исследование соединения **1** *in vitro* и *in vivo*.

Литература:

1. Павлюкова Ю.Н., Певзнер Л.М., Гукова П.А., Новожилова Д.Д., Данагулян Г.Г., Островский В.А. β-(2R,3S,5R)-2-(гидроксиметил)-6-(5-фенил-2*H*-тетразол-2-ил) тетрагидро-2*H*-пиран-3,4,5-триол. Синтез и компьютерный прогноз биологической активности. *Трансляционная медицина,* 2023, т.10(6), с.495-506.

ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ НА ОСНОВЕ ТИОКСАНТЕНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ и аза-BODIPY

Поняев А.И.*, *Глухова Я.С.

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

e-mail: ponyaev@technolog.edu.ru

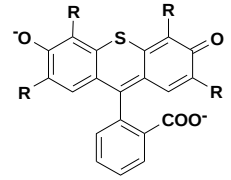
PHOTOSENSITIZERS FOR PHOTODYNAMIC THERAPY BASED ON THIOXANTHENE DYES AND aza-BODIPY

Ponyaev A.I.*, *Glukhova Y.S.

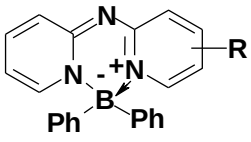
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Древние цивилизации, египетская, индийская и китайская использовали солнечный свет для лечения многих заболеваний, в основном кожи. В начале XX века важность света в лечении заболеваний была признана, и Нобелевская премия по физиологии и медицине 1903 года была присуждена Нильсу Финзену за его вклад в эту область. Финзен обнаружил, что солнечный свет можно использовать для лечения волчанки – туберкулезного заболевания кожи. Позднее стало понятно, что необходимым элементом фотодинамической терапии (ФДТ) является фотосенсибилизатор, который после возбуждения светом определенной длины волны реагируют с молекулярным кислородом, создавая активные формы кислорода в пораженной ткани, что приводит к гибели раковых клеток. По сравнению с традиционными терапевтическими методами ФДТ демонстрирует большую селективность в отношении опухолевых клеток благодаря совершенствованию фотосенсибилизаторов и точного облучения этих очагов светом. Эти открытия положили начало современной фототерапии, которая активно развивается и в 21 веке.

В СПбГТИ(ТУ) было показано, что модифицированные ксантеновые красители могут быть потенциальными высокоэффективными и безвредными сенсибилизаторами для целей фотодинамической терапии, диагностики онкологических заболеваний и в антимикробной ФДТ. Отличительной особенностью возбужденных состояний ксантеновых красителей является то, что они могут напрямую взаимодействовать с клеткой, генерируя реакционноспособные радикалы или, взаимодействуя с кислородом, переводить его в синглетное состояние. В обоих случаях можно ожидать повреждения больных опухолевых клеток.



Наиболее интересны тиоксантеновые красители, т.к. они обладают достаточно высоким квантовым выходом триплетов (до 0.9), поглощают свет в видимой области спектра, обладают флуоресценцией и фосфоресценцией, которые можно использовать для диагностики распределения красителя в пораженных тканях организма.



Синтезированные хелаты бора (аза-BODIPY) (**I R=Cl, II R=3,5-Cl_2)** в модельной системе с метилвиологеном восстанавливают его с квантовыми выходами от 0,34 до 0,60 для соединения **(I)** при увеличении концентрации исходного метилвиологена от $1{,}2 \times 10^{-3}$ до $4{,}1 \times 10^{-3}$ моль/л. Для соединения **(II)** квантовый выход фотовосстановления - до 0,84.

Эффективность фотовосстановления определяется выходом триплетного состояния хелата. Столь высокие значения квантового выхода, позволяют рассматривать эти соединения, как эффективные фотосенсибилизаторы для фотодинамической терапии.

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

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ АНТИГИПОКСИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

***Сакс Е.Э.*[1], *Родионова О.М.*[2], *Селина Е.Н.*[2], *Мызников Л.В.*[1,2]**

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

[2]*ФГБНУ Институт экспериментальной медицины*

e-mail: katerina.sax@yandex.ru

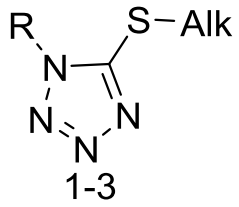
TOXICITY ASSESSMENT OF ANTIHYPOXIC DRUGS

***Saks E.E.*[1], *Rodionova O.M.*[2], *Selina E.N.*[2], *Myznikov L.V.*[1,2]**

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

[2]*FGBNU Institute of Experimental Medicine*

Ранее нами был получен ряд **1-3** производных тиотетразола с общей формулой:



1-3

где R = метил, Alk = N,N-диэтиламиноэтил (**1**), или R = фенетил, Alk = N,N-диэтиламиноэтил (**2**), или R = фенил, Alk = N,N-пиперидиноэтил (**3**).

Эти соединения проявили высокую антигипоксическую активность на моделях острой гипоксии различного генеза (нормобарической гипоксии с гиперкапнией, гистотоксической гипоксии, гемической гипоксии) [1].

Продолжая исследование этих соединений, была определена их острая токсичность. Токсичность синтезированных веществ определяли на белых нелинейных мышах обоего пола массой 20–25 г при внутривенном введении. Результаты обрабатывали по Прозоровскому с вычислением средней смертельной дозы (LD50) при $P \leq 0{,}05$ [2].

LD50 синтезированных нами соединений находится в пределах 350-450 мг/кг. Таким образом, полученные соединения по ГОСТ 12.1.007–76 относятся к умеренно-токсичным, использованные дозировки веществ 25-50 мг/кг составляют 1/10 от LD50.

Литература:

1. Средство, проявляющее антигипоксическую активность / Л.В. Мызников, О.М. Родионова, А.Ф. Сафонова, П.Д. Шабанов: 12.12.2023, RU 2809486 C2

2. Прозоровский В.Б. Практическое пособие по ускоренному определению средних эффективных доз и концентраций биологически активных веществ. – Байкальск, 1994. – 46 с.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ДОКИНГ АНАЛОГОВ ХЛОРАЗОЛА ЧЕРНОГО

Сапенок А.С.

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

e-mail: sapas1303@gmail.com

MOLECULAR DOCKING OF CHLORAZOLE BLACK ANALOGUES

Sapenok A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Молекулярный докинг аналогов азокрасителей является перспективным исследованием в фармакологической области, так как некоторые из них проявляют протививирусные свойства путем ингибирования метилтрансферазы. В ходе работы было рассмотрено соединение 1 (рисунок), являющееся аналогом хлоразола черного, который обладает противовирусным эффектом против вирусов SARS [1].

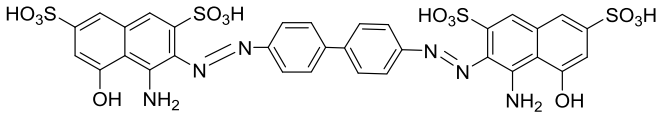
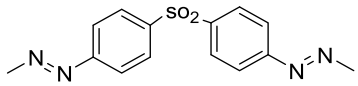
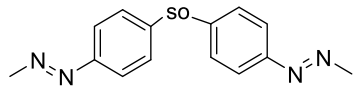
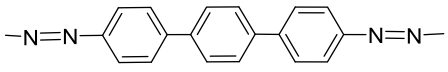


Рисунок – Соединение 1

В данном соединении содержится бензидин, известный своими канцерогенными свойствами. Поэтому для проведения докинга бензидин в структуре был заменен на неканцерогенные фрагменты. Результаты для соединения 1 сравнивались с результатами эталонного красителя – хлоразола черного.

Таблица – Результаты скрининга

Азокраситель	Glide Score	Glide Emodel
Хлоразол черный	-7,526 -6,240	-99,088 -125,851
Соединение 1	-8,139 -8,260	-127,971 -141,353
Замещенный фрагмент		
	-7,354 -8,293	-121,634 -186,289
	-8,491 -8,462	-170,557 -184,597
	-8.555 -8.301	-159.468 -153.997

Численные показатели, описывающие сродство лиганда к активной полости белка приведены в таблице. Можно видеть, что соединение 1 показало лучшие результаты, чем эталонный краситель, а форма с терфенильным заместителем имеет самые высокие значения (таблица).

Литература:

1. Bojadzic D.K., Alcazar O.F., Chen F.J., Chuang S.S., Capcha, J.J., Shehadeh, L.N. Small-Molecule Inhibitors of the Coronavirus Spike: ACE2 Protein−Protein Interaction as Blockers of Viral Attachment and Entry for SARS-CoV‑ 2. // ACS Infectious Diseases. 2021. 7. P. 1519–1534.

СИНТЕЗ 1,2-ОКТАНДИОЛДИНИТРАТА ИЗ ОКТЕНА-1

Светунькова А.М.*, *Бабаев А.И.*, *Ищенко М.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений
e-mail: asvetunkova@inbox.ru

SYNTHESIS OF 1,2-OCTANEDIOL DINITRATE FROM OCTENE-1

Svetunkova A.M.*, *Babaev A.I.*, *Ishchenko M.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Повышение энергетических характеристик связующего в твердом ракетном топливе является актуальной задачей. В качестве перспективного активного пластификатора предложен ОГДН – 1,2-октиленгликольдинитрат (1,2-октандиолдинитрат), термодинамически совместимый с различными марками неполярных каучуков. Две нитратные группы в ОГДН повышают энергоэффективность топлива за счет содержания окислительного элемента в активной форме.

Получение ОГДН осуществлялось в две стадии: эпоксидирование октена-1 и дальнейшее его нитрование. Синтез 1,2-эпоксиоктана проходит при взаимодействии октена-1 в растворе дихлорэтана с пероксидом водорода в присутствии межфазного катализатора $[Q]_3[PO_4(WO_5)_4]$. Схема эпоксидирования представлена на рисунке 1:

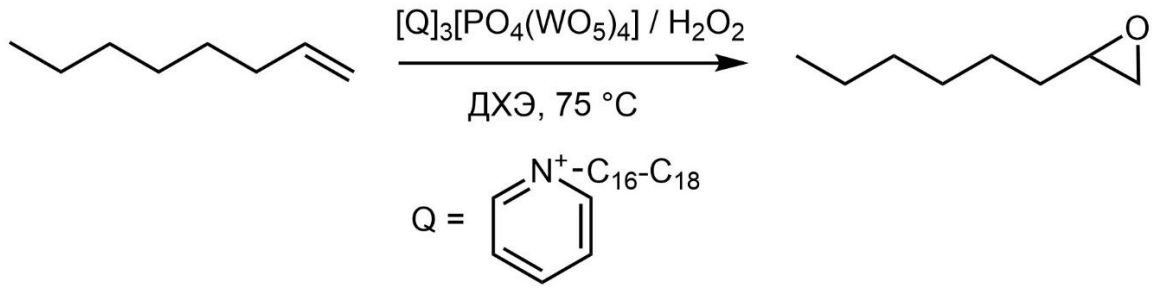


Рисунок 1 – Получение 1,2-эпоксиоктана

Нитрование 1,2-эпоксиоктана осуществляли медленным дозированием раствора 1,2-эпоксиоктана в дихлорметане к охлажденной азотной кислоте (98%) при интенсивном перемешивании. Схема нитрования представлена на рисунке 2:

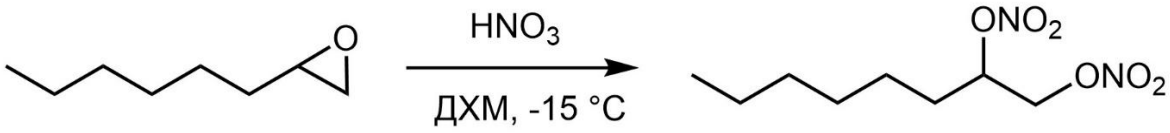


Рисунок 2 – Получение 1,2-октандиолдинитрата

ОГДН дополнительно очищали методом колоночной хроматографии (силикагель АСКГ, фракция 0,200 - 0,500 мм; элюент этилацетат/этанол – 1:1). Строение подтверждено ИК-, ^{1}H и ^{13}C ЯМР спектроскопией. Было установлено, что выход 1,2-эпоксиоктана составляет 90 %. В небольших количествах образуется 1,2-октандиол. Используемый катализатор извлекали фильтрованием для повторного использования. Выход ОГДН составил 95 %. В качестве стабилизатора химической стойкости ОГДН использовали дифениламин.

РЕАКЦИИ АЛЬДОКЕТЕНИМИНОФОСФОНАТОВ С 5-АЛКИЛТИО-6-ТРИФТОРМЕТИЛ-4(3*H*)-ОКСОПИРИМИДИНАМИ

Сидорова А.П.*, *Свинцицкая Н.И.

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

e-mail: ntsdrv@gmail.com

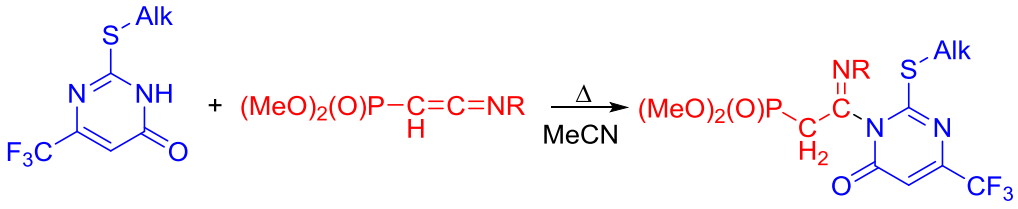
REACTIONS OF ALDOKETENIMINOPHOSPHONATES WITH 5-ALKYLTHIO-6-TRIFLUOROMETHYL-4(3H)-OXOPYRIMIDINES

Sidorova A.P.*, *Svintsitskaya N.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кетенимины представляют собой класс электрононасыщенных соединений, обладающих высокой реакционной способностью. Благодаря этому они находят широкое применение в качестве интермедиатов и строительных блоков в органическом синтезе. Так, реакции с аминами открывают удобный доступ к получению еще одного класса практически полезных соединений – амидинов, имеющие в своем составе аминогруппу, сопряженную с кратной связью C=N. Амидины проявляют разнообразную биологическую активность, что делает их потенциальными кандидатами для создания на их основе лекарственных средств. Так, амидиновый фрагмент (в составе гетероцикла) входит в структуру таких лекарственных препаратов, как нафтизин, галазолин, фентоламин, хлордиазепоксид и др. Одновременное введение тиоурацильного фрагмента и фосфонатной группы в структуру амидинов позволяет существенно расширить их синтетический и биологический потенциал. Тиоурацилы обладают химиотерапевтическим значением, особенно в отношении бактерий-паразитов и рака.

В продолжение исследований в области химии кетениминофосфонатов осуществлен атом-экономный синтез ряда новых несимметричных C-фосфоноацетамидинов на основе реакции стабильных стерически затрудненных кетениминофосфонатов с 5-(алкилтио)-4(3*H*)-оксопиримидинами. Установлено, что реакции диалкил-2-(N-адамант-1-ил/*трет*-бутил)иминоэтенилфосфонатов с замещенными 5-алкилтио-6-трифторметил-4(3*H*)-оксопиримидинами протекают при кипячении в ацетонитриле и приводят к образованию соответствующих [2-(1-адамантил/*трет*-бутилимино)-2-(оксопиримидин)этил]фосфонатов с выходом 78–93 %.



78–93%

Alk = H, Me, Pr, i-Pr, n-Bu, amyl; R = t-Bu, 1-adamantyl.

Строение *C*-фосфонилированных ацетамидинов подтверждено данными спектроскопии ЯМР ^{1}H, ^{13}C и ^{31}P.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВОГО ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ОКТАКАТИОННОГО ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА С ПИРОЗОЛСОДЕРЖАЩИМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Сикорский Н.Ю.

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

e-mail: n.u.sikorsky@gmail.com

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF NOVEL PHOTOSENSITIZER BASED ON OCTACATIONIC ZINK PHTHALOCYANINE WITH PYRAZOLE-BEARING SUBSTITUENTS

Sikorsky N.U.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Поиск новых фотосенсибилизаторов для фотодинамической терапии (ФДТ) рака является актуальной задачей. Особое внимание уделяется металлофталоцианинам с биологически активными гетероциклическими заместителями. В литературе известны тетракатионные металлофталоцианины с четырьмя пиразольными гетероциклами [1]. Эти комплексы показывают относительно высокий квантовый выход синглетного кислорода, однако обладают рядом недостатков, таких как малая растворимость в воде и склонность к агрегации, что негативно сказывается на их фотофизико-химических свойствах. Ранее было показано [2], что октакатионные металлофталоцианины частично лишены этих недостатков. В связи с этим нами были синтезированы новые октакатионные металлофталоцианины с восьмью пиразольными гетероциклами.

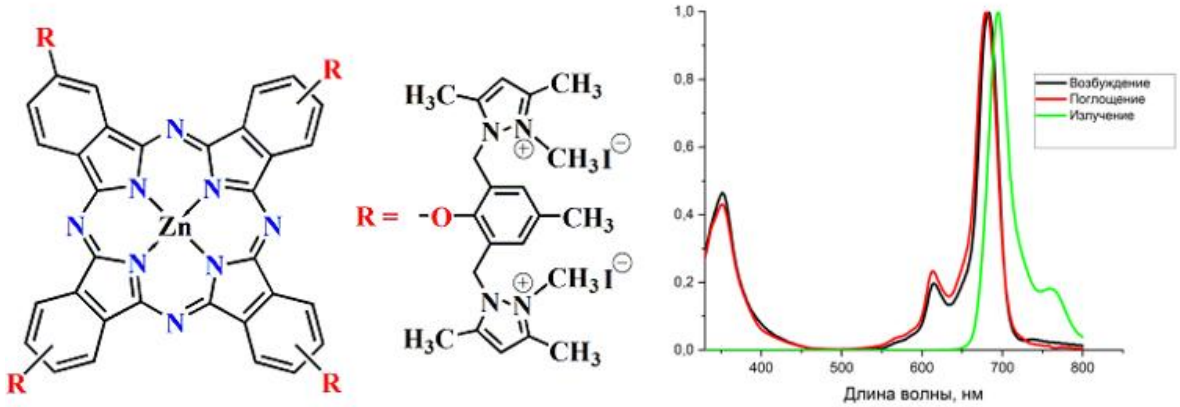


Рисунок – Структура синтезированного фталоцианина цинка и электронные спектры в воде

Для нового фталоцианина цинка были изучены спектры поглощения, возбуждения и люминесценции в воде (рисунок). Показано, что комплекс не агрегирует в воде, квантовый выход флуоресценции составляет 12 %, а генерации синглетного кислорода 46 %.

Литература:

1. Ziminov A.V., Mal'tsev V. K., Sherstyuk A.A. et al. Synthesis and Aggregation of Cationic Zinc and Magnesium Phthalocyanines Containing 4-(3,5-Dimethyl-1*H*-pyrazol-1-yl)phenoxy Groups. Russ J Gen Chem 88, 1648-1656 (2018).

2. Kolarova, M.; Mulaku, A.; Miletin, M.; Novakova, V.; Zimcik, P. Magnesium Phthalocyanines and Tetrapyrazinoporphyrazines: The Influence of a Solvent and a Delivery System on a Dissociation of Central Metal in Acidic Media. *Pharmaceuticals* **2022**, *15*, 409.

НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ 4*H*-ТИОПИРАНО[2,3-*B*]ХИНОЛИН-3-КАРБАЛЬДЕГИДОВ, КАК К ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ЛЕКАРСТВЕННЫМ КАНДИДАТАМ ПРОТИВ ВИРУСА ГРИППА A/PUERTO RICO/8/34 (H1N1)

Скрыльникова М.А.*, *Храмчихин А.В.

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

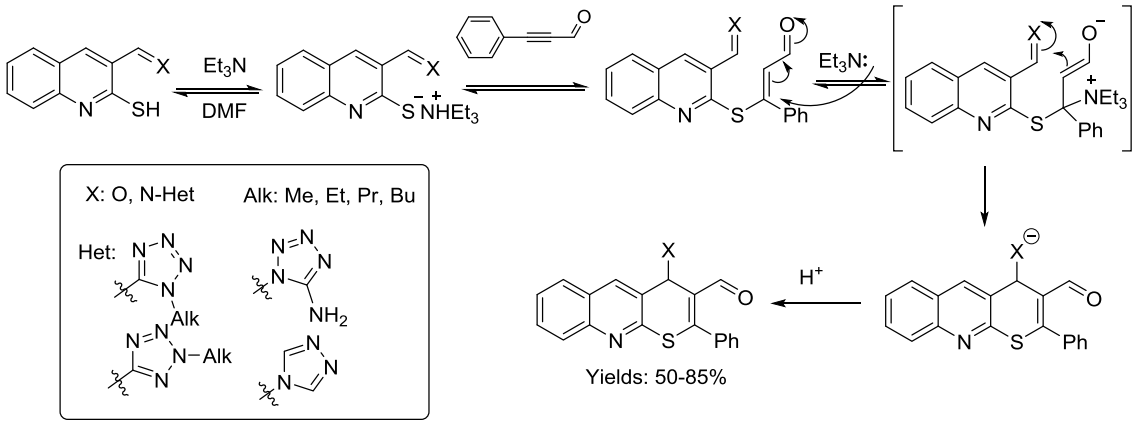
e-mail: mari954@mail.ru

A NEW APPROACH TO THE SYNTHESIS OF 4*H*-THIOPIRANO[2,3-*B*]QUINOLINE-3-CARBALDEHYDES AS POTENTIAL MEDICINE CANDIDATES AGAINST VIRUS A/PUERTO RICO/8/34 (H1N1)

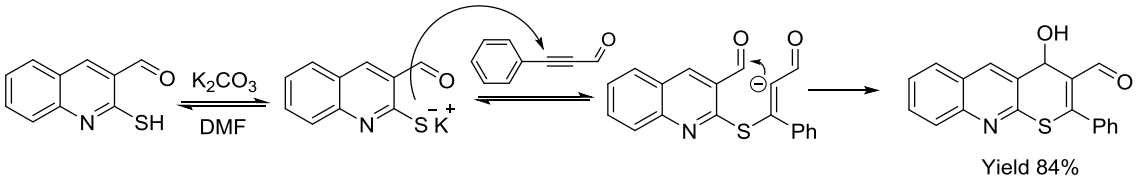
Skryl'nikova M.A.*, *Khramchikhin A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ранее нами был разработан подход к синтезу 4-замещенных 4*H*-тиопирано[2,3-*b*]хинолин-3-карбальдегидов, основанный на тандемной реакции 3-фенилпроп-2-иналя и 2-меркаптохинолин-3-карбальдегидов или их азометиновых производных. В рамках данной концепции в качестве катализатора выступал триэтиламин, который не только участвовал в образовании аниона серы меркаптохинолинкарбальдегида на первой стадии, но и, как предполагалось, служил классическим нуклеофилом в последующей реакции Морита-Бейлиса-Хиллмана (МБХ). Исследования *in vitro* полученных соединений против вируса гриппа A/Puerto Rico/8/34 (H1N1) выявили 3 соединения-лидера [1].



В данной работе нами было показано, что в качестве нуклеофильного реагента выступает тиолат-анион, а триэтиламин не участвует в дальнейшей реакции. Это позволило заменить токсичный триэтиламин на K_2CO_3, действующий в качестве депротонирующего реагента. Выход изученной реакции в случае использования поташа оказался более высоким, чем в случае использования триэтиламина.



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

Литература:

1. Khramchikhin, A.V., et al. Novel 1,2,4-Triazole- and Tetrazole-Containing 4*H*-Thiopyrano[2,3-*b*]quinolines: Synthesis Based on the Thio-Michael/aza-Morita–Baylis–Hillman Tandem Reaction and Investigation of Antiviral Activity. *Molecules* **2023**, *28*, 7427.

СИНТЕЗ НОВЫХ АМИДОВ НА ОСНОВЕ АЗОПРОИЗВОДНЫХ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Сонин Н.О.*, *Егоров Д.М.

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

e-mail: osonin14@gmail.com

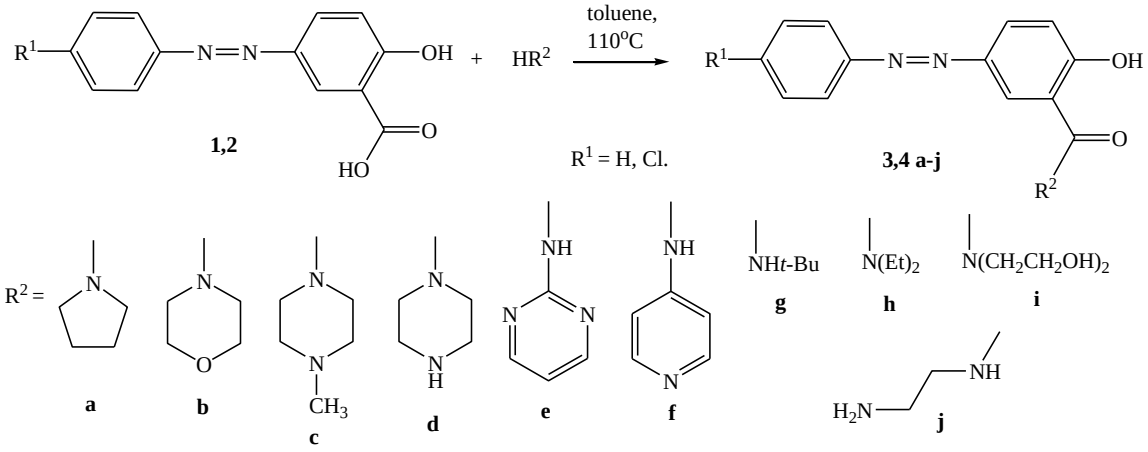
SYNTHESIS OF NEW AMIDES BASED ON AZO DERIVATIVES OF SALICYLIC ACID

***Sonin N.O.*, *Egorov D.M*.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производные салициловой кислоты обладают широким спектром биологической активности, что делает получение на их основе новых соединений актуальным и перспективным.

Нами был разработан метод синтеза амидов **3, 4 a–j** на основе азопроизводных салициловой кислоты. Исходные азосоединения **1, 2** были получены по стандартной методике. Синтез амидов осуществлялся кипячением в толуоле исходных азосоединений с соответствующим амином в течение 8-12 часов.



Очистку полученных амидов осуществляли перекристаллизацией из смеси гексана и этилацетата в соотношении 2:1. В результате полученные соединения представляют собой желто-оранжевые или темно-коричневые порошкообразные вещества. Строение полученных соединений подтверждено данными ЯМР-спектроскопии на ядрах ^{1}H, ^{13}C.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSEN-2023-0002).

АМИНОАЦИЛОКСИГЕРМАТРАНЫ НА ОСНОВЕ БИС-(2-ГИДРОКСИЭТИЛ)-АМИНО-ТРИС(ГИДРОКСИМЕТИЛ)-МЕТАНА

***Титова С.П.*[1,2], *Лёзов Д.В.*[1,2]**

[1]*Филиал ФГБУ Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ*

e-mail: sophya.titova@yandex.ru

AMINOACYLOXYGERMATRANS BASED ON BIS-(2-HYDROXYETHYL)-AMINO-TRIS(HYDROXYMETHYL)-METHANE

***Titova S.P.*[1,2], *Lezov D.V.*[1,2]**

[1]*I.V. Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry of the Russian Academy of Sciences,*

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

Современная химия стремится к созданию новых материалов с уникальными свойствами, которые могут найти применение в различных областях науки и техники. Одним из перспективных направлений является исследование соединений германия в гипервалентном состоянии– герматранов. Герматраны представляют собой бициклические органические производные триэтаноламина с общей формулой RЭ(OCH2CH2)3N, где Э=Ge. Герматраны проявляют биологическую активность, что делает их перспективными соединениями для дальнейшего изучения [1]. Цель настоящего исследования - изучить взаимодействие солей германия (цистеинат, L-β-аланинат и L-серинат) с бис-(2-гидроксиэтил)-амино-трис(гидроксиметил)-метаном.

В ходе работы были выполнены синтезы трех солей германия, а также их последующий анализ с использованием ИК и ЯМР спектроскопии для определения структурных характеристик и подтверждения состава. Синтез аминоацилоксигерматранов проходил в два этапа. Сначала при температуре 80 ºС в водной среде образовывались комплексы диоксида германия с аминокислотами (цистеин, L-β-аланин, L-серин). Затем эти комплексы реагировали с бис-(2-гидроксиэтил)-амино-трис(гидроксиметил)-метаном при температуре 90 ºС, что приводило к образованию аминоацилоксигерматранов. Общая схема синтеза представлена на рисунке.

Ожидается, что будут получены новые аминоацилоксигерматраны, которые будут охарактеризованы методами ИК и ЯМР-спектроскопии.

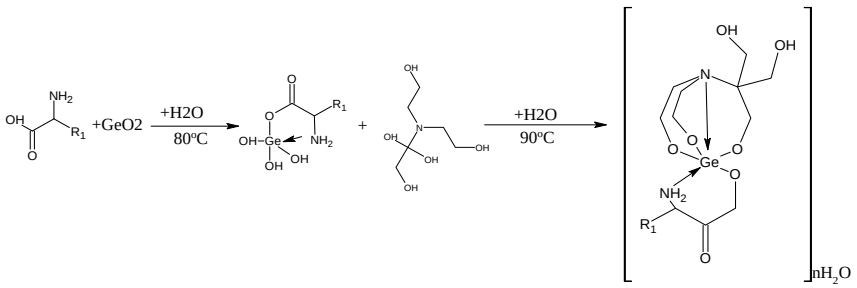


Рисунок – Общая схема синтеза

Работа выполнена с использованием оборудования ресурсных центров СПбГТИ(ТУ).

Литература:

1. Менчиков Л.Г., Игнатенко М.А. Биологическая активность органических соединений германия // Химико-фармацевтический журнал. — 2012. — №. 11. — С. 3-

1*H*-(ГЕТЕРИЛ)-ТЕТРАЗОЛ~~ОВ~~Ы КАК РЕАГЕНТ ДЛЯ СИНТЕЗА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АНСАМБЛЕЙ

Фатуев Е.Д.*, *Ершов И.С.*, *Островский В.А.*, *Есиков К.А.

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

e-mail: fatuevevgeni@yandex.ru

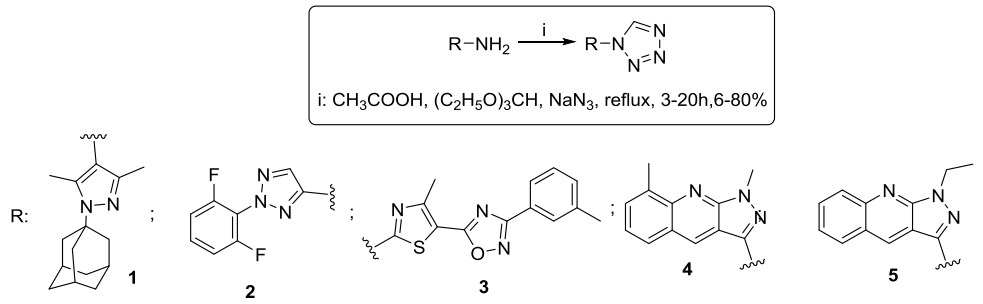
1H-(HETERYL)-TETRAZONES AS A REAGENT FOR THE SYNTHESIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE HETEROCYCLIC ENSEMBLES

Fatuev E.D.*, *Ershov I.S.*, *Ostrovskii V.A.*, *Esikov K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тетразольный фрагмент входит в состав молекул активных фармацевтических ингредиентов (АФИ) и лекарственных кандидатов. Особый интерес представляет получение полиядерных неконденсированных гетероциклических систем, содержащих тетразольный фрагмент, связанный с другими гетероциклическими системами одинарной ковалентной связью, среди которых выделяются 1*H*-(гетерил)тетразолы. К настоящему времени эти соединения являются малодоступными из-за отсутствия, общего метода их синтеза [1].

Нами были разработаны общие методы синтеза ранее недоступных полиядерных соединений, содержащих, наряду с тетразольным кольцом каркасный адамантановый цикл, а также фрагменты диазолов, тиоазолов, оксодиазолов и триазолов.



Для синтезированных соединений выполнен компьютерный прогноз биологической активности, который позволил рекомендовать данные вещества для in *vitro, in vivo* исследований в качестве потенциальных цитостатиков – ингибиторов Protein kinase и некоторых других ключевых ферментов, обеспечивающих жизненный цикл раковой клетки (таблица).

Таблица – Результаты прогнозирования активности 1-(2-(2,6-дифторфенил)-2*H*-1,2,3-триазол-4-ил)-1*H*-тетразола в PASS-online (2022)

Pa	Pi	Activity
0,964	0,004	Protein kinase inhibitor
0,930	0,004	Signal transduction pathways inhibitor
0,578	0,003	Glycogen synthase kinase-3 beta inhibitor

Строение и индивидуальность соединений подтверждали данными спектроскопии ^{1}H, ^{13}C ЯМР, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда No 23-13-00224, https://rscf.ru/project/23-13-00224/.

Литература:

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ИОДИДА ТЕТРАКИС[4-(1,3,4,5-ТЕТРАМЕТИЛ-1*H*-ИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА

Форсова К.А., Хотянович Д.В., Зиминов А.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений
e-mail: kristina_forsova@mail.ru

INVESTIGATION OF THE SPECTRAL PROPERTIES OF IODIDE TETRAKIS[4-(1,3,4,5-TETRAMETHYL-1H-IMIDAZOLE-2-YL)PHENOXY]ZINC PHTHALOCYANINE

Forsova K.A., Khotianovich D.V., Ziminov A.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фотодинамическая терапия – это неинвазивный метод лечения опухолевых заболеваний, состоящий из двухкомпонентной системы: фотосенсибилизатора (ФС) и света определённой длины волны. В качестве ФС большой интерес представляют фталоцианиновые красители, содержащие биологически активные гетероароматические заместители [1]. Поскольку имидазольный гетероцикл, могут давать противомикробную активность, что делает возможным применение этих веществ в антимикробной ФДТ.

Ранее нами был синтезирован водорастворимый катионный фталоцианин цинка, содержащий имидазольные заместители [2]. В этой работе были изучены фотофизикохимические свойства синтезированного фталоцианина (рисунок).

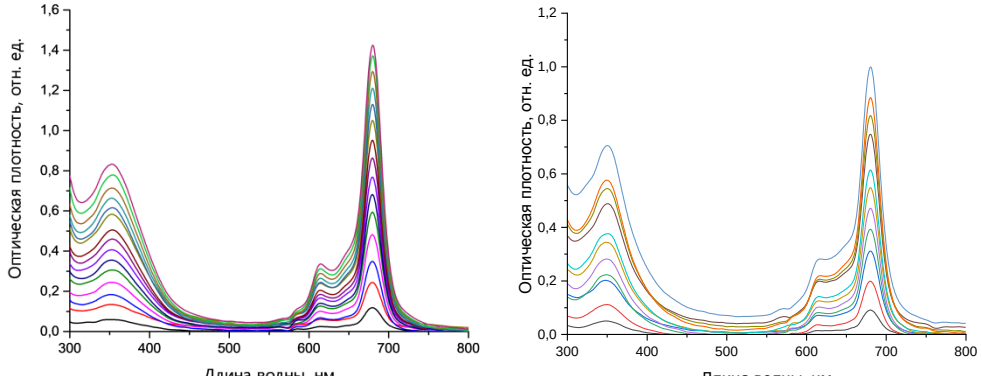


Рисунок – Электронные спектры поглощения катионного фталоцианина цинка в ДМСО (слева) и в воде с добавлением ПАВ (справа)

Закон Бугера-Ламберта-Бера соблюдается в ДМСО до концентрации $10 \cdot 10^{-6}$ моль/л и в водном растворе в присутствии ПАВ до концентрации $11 \cdot 10^{-6}$ моль/л. Квантовый выход синглетного кислорода в ДМСО 0,53 и в воде в присутствии ПАВ 0,92. Таким образом данное соединение можно считать перспективным для дальнейшего изучения в качестве ФС для антимикробной ФТД.

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-substituted zinc phthalocyanines bearing 4-(3,5-dimethyl-1*H*-pyrazol-1- yl)phenyl moiety with different linker heteroatoms // Inorganica Chimica Acta. – 2020. – V. 501. – 119306.

2. VII Северо-Кавказский симпозиум по органической химии – 2024. Сборник материалов VII Северо-Кавказского симпозиума по органической химии (с международным участием), 12-17 мая 2024 / Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь: 2024. – 216 с.

ФОТОФИЗИКОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЙОДИД ТЕТРАКИС[4-(1,3,4,5-ТЕТРАМЕТИЛ-1*H*-ИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ФЕНОКСИ]ФТАЛОЦИАНИНА ИНДИЯ

Форсова К.А.

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

e-mail: kristina_forsova@mail.ru

PHOTO PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF IODIDE TETRAKIS[4-(1,3,4,5-TETRAMETHYL-1H-IMIDAZOLE-2-YL)PHENOXY]PHTHALOCYANINE INDIUM

Forsova K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Среди большого количества работ о синтезе и исследовании металлофталоцианинов имеется лишь ограниченное количество публикаций о металлофталоцианинах с фармакофорными фрагментами, содержащими имидазольные гетероциклы, применяемых в фотодинамической терапии [1]. Например, высокоэффективными фотосенсибилизаторами (ФС) для антимикробной ФДТ могут являться катионные фталоцианины индия с (1,3,4,5-тетраметил-1*H*-имидазол-2-ил)фенокси заместителями. Данные соединения были синтезированы ранее в нашей лаборатории, а также были проведены исследования их фотофизикохимических свойств.

Было установлено, что на спектрах поглощения, снятых в ДМСО, Q-полоса катионного фталоцианина индия находится на 690 нм, закон Бугера-Ламберта-Бера соблюдался до $13 \cdot 10^{-6}$ моль/л как в ДМСО, так и в 0,01 % водном растворе с Тритоном X-100 в качестве ПАВ. Квантовый выход синглетного кислорода в ДМСО составил Φ_Δ = 0,84 и в воде с ПАВ Φ_Δ = 0,60. Таким образом, можно предположить, что катионный фталоцианин индия с имидазолсодержащими заместителями может иметь большую перспективу для применения в фотодинамической терапии в качестве фотосенсибилизатора (рисунок).

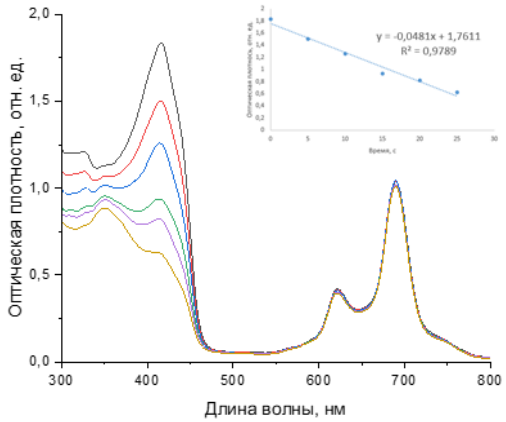


Рисунок – Изменение спектров поглощения смеси фталоцианина и ДФИБФ в ДМСО при облучении красным светом (слева) и кинетика убыли оптической плотности в максимуме поглощения ДФИБФ от времени засветки (справа)

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 / Ziminov A.V., Sidunets Y.A., Fundamensky V.S., Gurzhiy V.V., Ramsh S.M. // Inorganica Chimica Acta. – 2020. – V. 501. – 119306.

ДИАЛКИЛ [(*E*)-2-ФЕНИЛЭТЕНИЛ]ФОСФОНАТЫ И СПОСОБ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Черкасова А.С.*, *Егорова А.В.

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

e-mail: nasticher01@mail.ru

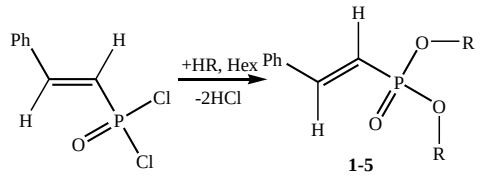
DIALKYL [(E)-2-PHENYLETHENYL]PHOSPHONATES AND THE METHOD FOR THEIR PRODUCTION

Cherkasova A.S.*, *Egorova A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Винилфосфонаты, являясь участниками тонкого органического синтеза, находят свое применение в создании производных аминофосфоновых кислот и аминофосфатов, на основе реакции Михаэля. Находят свое применение в качестве антиперенов, являясь неотъемлемыми мономерами, участвующими в синтезе фосфорсодержащих полимеров. В литературе известен метод получения диалкилстирилфосфонатов: проводится химическая реакция с дихлорангидридом стирилфосфоната со спиртами, в качестве растворителя применяют – бензол абсолютный. Данное взаимодействие проводят в пониженных температурах, с дальнейшим нагреванием на протяжении 2 часов [1]. Далее, промывая полученную смесь раствором соды насыщенным, фильтруют. Высушивание раствора происходит путем перегонки в присутствии натрия сульфата. Выход готового вещества колеблется от 26 до 81 %.

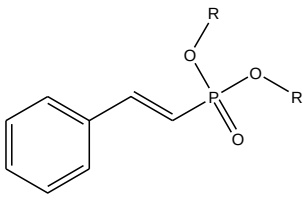
В нашей работе, мы использовали обработку реакционной массы, основываясь на методе, представленном в литературе для выделения производных *β*-хлор-*β*-фенилвинилфосфоновой кислоты [2]. Однако, количественный выход конечного продукта был ниже описываемого в работе [1], поэтому в дальнейшем реакционная масса сперва упаривалась (таблица), затем образовавшийся осадок обрабатывалась тетрагидрофураном. Фильтрат отгоняли на роторном испарителе (рисунок).



R= Me (**1**), Et (**2**), *i*-Pr (**3**), *i*-Bu (**4**), n-Hex (**5**)

Рисунок– Синтез фосфонатов (1-5)

Таблица – Диалкил [(*E*)-2-фенилэтенил]фосфонаты



№	R	^{31}P	Агрегатное состояние
1	Me	22,39	Масло
2	Et	19,58	Белые кристаллы
3	iPr	17,33	Масло
4	iBu	19,59	Масло
5	Hex	19,68	Масло

Литература:

1. Анисимов, К.Н., Несмеянов А.Н. Исследования в области производных непредельных фосфоновых кислот. Полные эфиры *β*-фенилвинилфосфоновой кислоты.Изд-во АН СССР, ОХН, 1955, №6, 1003.

2. Egorova, A.V., Egorov D.M., Sonin N.O., Kolesnikov I. E., Pankin D. V., Manshina A. A., Baichurin R. I. Synthesis of a New Series of *β*-Chloro-*β*-phenylvinylphosphonic Acid Chloride Derivatives // Russ. J. Gen. Chem. — 2022. — Vol. 92. — P. 2191–2196.

СИНТЕЗ 3-[3-(3,5-ДИМЕТИЛ-1*H*-ПИРАЗОЛ-1-ИЛ)-ФЕНОКСИ-ФТАЛОНИТРИЛА

Шершнева С.М.*, *Антонович А.А.

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

e-mail: belyaykinass@mail.ru

SYNTHESIS OF 3-[3-(3,5-DIMETHYL-1*H*-PYRAZOL-1-YL)-PHENOXY-PHTALONITRILE

Shershneva S.M.*, *Antonovich A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фталонитрилы являются ключевым полупродуктом для синтеза макрогетероциклических красителей. Благодаря способности N-гетероциклических заместителей придавать биологическую активность и улучшать физико-химические свойства получаемых фталоцианинов, актуальной задачей является синтез замещенных фталонитрилов. Ранее были разработаны схемы синтеза фталонитрилов с пиразолсодержащими заместителями в 4-положении [1]. Соответствующие периферийно замещенные металлофталоцианины, содержащие 3,5-диметилпиразольные фрагменты [2] обладали хорошим выходом синглетного кислорода. Однако недостатком таких комплексов, является их склонность к агрегации. Введение объемных заместителей в непериферийные положения должно привести к уменьшению такой склонности. В то же время информация о синтезе фталонитрилов с пиразолсодержащими заместителями в 3-положении весьма ограничена, что делает актуальным синтез и изучение реакционной способности данных соединений (рисунок).

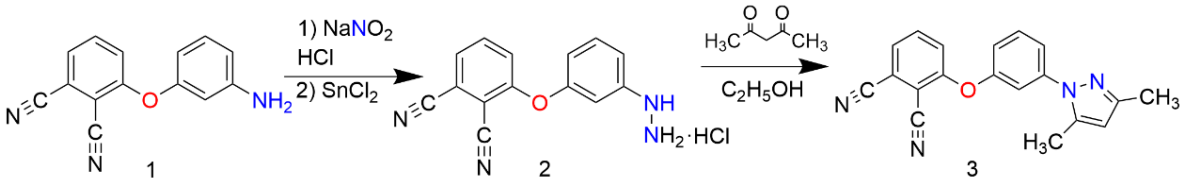


Рисунок – Схема синтеза фталонитрила 3

Целевой фталонитрил **3** был получен по схеме, представленной на рисунке. Строение всех соединений было подтверждено современными методами физико-химического анализа. Изучена реакционная способность фталонитрила и показано, что они могут быть использованы для синтеза соответствующих металлофталоцианинов.

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. - №8(1). - С. 26-31.

2. 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 ЭФИРОВ АКРИЛОВОЙ И МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТ И О-МЕТИЛПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Шульцев А.Л.

Научно-технический центр ООО «Полипласт Северо-Запад»,
отдел Синтеза поликарбоксилатов
e-mail: shultsev@list.ru

SYNTHESIS OF ETHERS OF ACRYLIC AND METHACRYLIC ACIDS AND O-METHYLPOLYETHYLENE GLYCOL

Shultsev A.L.

Science-technical center of Polyplast North-West Ltd

Разработан способ получения O^1-метилполиэтиленгликоль-O^2-акрилата и O^1-метилполиэтиленгликоль-O^2-метакрилата посредством ацилирования метилового эфира полиэтиленгликоля (MPEG) при 45-85 °C хлорангидридами акриловой и метакриловой кислот.

Описано получение акрилоил- и метакрилоил-О-метилполиэтиленгликолей посредством ацилирования метилового эфира полиэтиленгликоля ангидридами соответствующих кислот [1], посредством переэтерификации метилполиэтиленгликоля алкилакрилатами и алкилметакрилатами [2, 3], этерификацией акриловой и метакриловой кислот метилполиэтиленгликолем в присутствии кислот [1, 2, 4].

Синтез O^1-метилполиэтиленгликоль-O^2-акрилата. К расплавленному метиловому эфиру полиэтиленгликоля с M = 1000 Да при 50—55 °C добавляют порциями хлорангидрид акриловой кислоты с избытком, затем массу нагревают при 60—70 °C, затем при 75—85 °C до снижения газовыделения, затем кипятят до прекращения газовыделения. Синтез идёт в течение 2 ч. Избыток хлорангидрида отгоняют в вакууме. Выход: 100 %, технический.

Синтез O^1-метилполиэтиленгликоль-O^2-метакрилата. К расплавленному метиловому эфиру полиэтиленгликоля с M = 1000 Да добавляют порциями хлорангидрид метакриловой кислоты с избытком, добавление последующей порции проводят после снижения интенсивности бурной реакции, при этом масса разогревается до 50—55 °C. Затем массу нагревают при 45 °C в течение 2.5 ч до прекращения газовыделения. Избыток хлорангидрида отгоняют в вакууме. Реакция с хлорангидридом метакриловой кислоты протекает быстрее, чем с хлорангидридом акриловой кислоты. Выход: 100 %, технический.

Диэфиры хорошо растворимы в Et_2O, i-PrOH, $(CH_3)_2CO$, толуоле. Исходные метиловые эфиры в этих растворителях не растворяются. Строение диэфиров подтверждено с помощью спектроскопии ЯМР ^1H с использованием спектрометра «Avance 400» («Bruker»).

Литература:

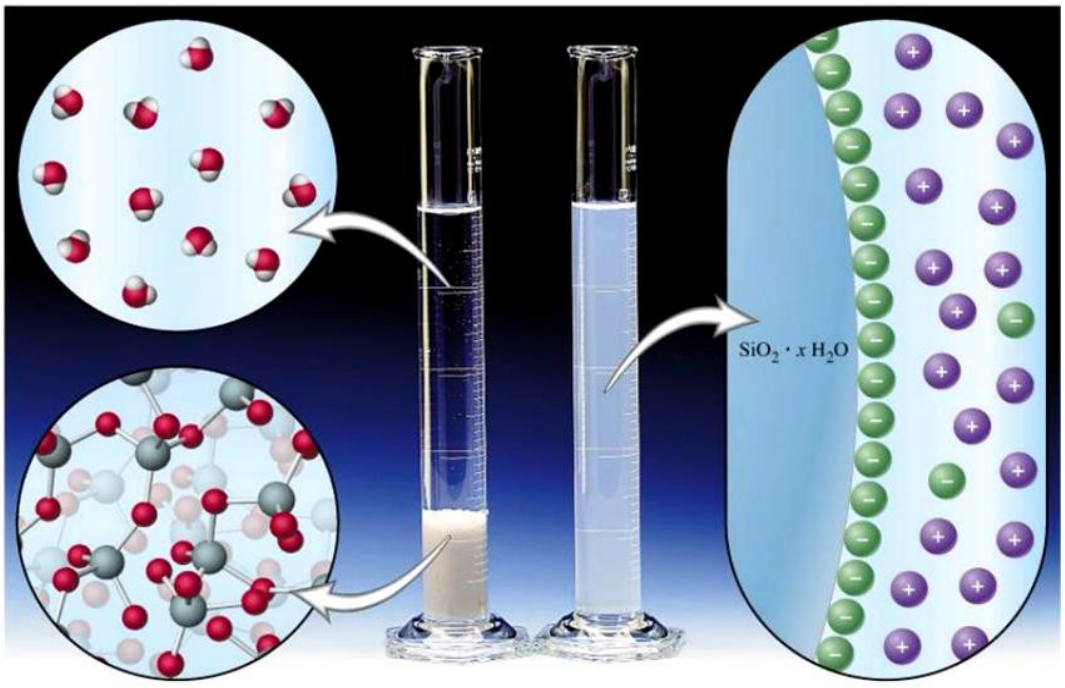
1. Патент 2440970 РФ, МПК C07C 67/08, C08G65/34. Способ получения алкоксиполиоксиалкилен(мет)акрилатов. Вислер У.-М., Кнебель Й., Месс Б.

2. Патент 0965605 E B1, МПК C08G 65/26, C08G 65/32, C08G 65/28, C08F 283/06. Polyoxyalkylene monoalkyl ether and polymerisable derivatives thereof. Akinori I., Kawasaki-shi K., Susumo H., Tatsuya M., Yoshihiro H.

3. Liao Guosheng. Synthesis of methoxy polyethylene glycol methacrylate by ester interchange reaction // J. South-Central University for Nationalities (National Science Edition). — 2007. — Is. 3. — P. 1—3.

4. Wei R., Zhou J., Xiao G. Preparation of active macromer MPEGMA for polycarboxylate based superplasticizer under vacuum conditions // Chemical Reaction Engineering and Technology. — 2009. — Vol. 25. — N. 5. — P. 391—395.

СЕКЦИЯ 4.
ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ И КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ



О КОЛЛОИДНЫХ ЯВЛЕНИЯХ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ СУММЫ ФУРОКУМАРИНОВ HERACLEUM SOSNOWSKYI

Беспалов Д.С.

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

e-mail: den_chim@mail.ru

ON COLLOIDAL PHENOMENA IN THE ISOLATION OF THE SUM OF FUROCOUMARINS OF HERACLEUM SOSNOWSKYI

Bespalov D.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

С целью фармакогностического исследования борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi*, далее Б.) мною ранее была разработана методика по выделению технической суммы его фуранокумаринов [1]. В основе предложенной методики лежала реакция (рисунок).

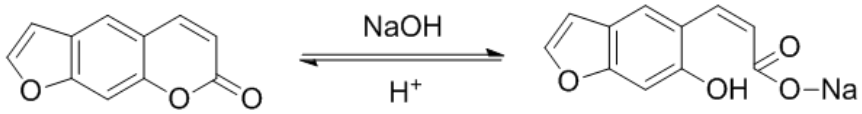


Рисунок – Переходы фуранокумаринов в различных средах

При масштабировании предложенной ранее методики было обнаружено, что выделение больших количеств фуранокумаринов из растительного сырья представляет значительную экспериментальную трудность, поскольку целевой продукт в этом случае выделяется в коллоидном виде. Настоящее исследование предлагает способ получения суммы фуранокумаринов Б., лишённый этого недостатка.

Цель: Создание эффективной лабораторной методики по выделению суммы фуранокумаринов Б. из большого количества растительного лекарственного сырья.

Результатом исследования является разработанная методика, приведённая ниже.

Сырьё – измельчённые свежие стебли, листья, цветки Б. – собиралось в сухую солнечную погоду. Растения с внешними дефектами отбраковывались.

Сырьё (18,76 кг) выдерживалось на кипящей водяной бане 2 часа в децимолярном растворе NaOH. Полученный экстракт (7,8 л) был отфильтрован и в горячем виде нейтрализован равным объёмом децимолярного раствора HCl. Глубокий чайный цвет прозрачного маточного раствора при этом сменился на укрывистый бежевый. Полученный коллоидный раствор искомых фуранокумаринов не коагулировал даже после отстаивания в течение суток. С целью выделения искомых фуранокумаринов к коллоиду при нагревании на водяной бане и перемешивании добавлялся 26 % раствор NaCl. 2 л коллоидного раствора полностью коагулировали от 466,7 мл раствора NaCl. Опустившиеся на дно плотные белёсые флокулы промывались от соли и балластных веществ и высушивались. Выход 86,13 г. В 1 кг свежей травы Б., таким образом, содержится 4,59 г. суммы фуранокумаринов. Подлинность суммы фуранокумаринов подтверждалась цветной реакцией с диазореактивом.

Таким образом, подобраны условия масштабирования способа выделения суммы фуранокумаринов Б., предложенного ранее.

Поиск наиболее эффективных коагулянтов освещён в отдельном сообщении.

Литература:

1. Беспалов Д.С. Способ получения суммы фуранокумаринов борщевика сосновского. Беликовские чтения: материалы XI Международной научно-практической конференции. 2023. С. 57 – 65.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ КОАГУЛЯЦИИ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ФУРОКУМАРИНЫ HERACLEUM SOSNOWSKYI

Беспалов Д.С.

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

e-mail: den_chim@mail.ru

STUDY OF COAGULATION CONDITIONS OF COLLOIDAL SYSTEMS CONTAINING FUROCOUMARINS OF HERACLEUM SOSNOWSKYI

Bespalov D.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Выделение технической суммы фуранокумаринов борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi*, далее Б.) из растительного сырья по методике [1] сопровождается образованием коллоидного раствора целевой фракции веществ, что затрудняет сепарацию. С целью предупреждения этого явления был произведён поиск коагулянтов, эффективно осаждающих фуранокумарины Б.

Эксперимент заключался в титровании пяти аликвот по 10 мл коллоидного раствора фуранокумариновой фракции Б., полученной по методике [1], 10 % раствором сильного электролита. Для приготовления системы А использовалась HCl (конц.), систамы Б – H_2SO_4 (конц.). Результаты титрования сведены в таблицу.

Таблица – результаты титрования коллоидных систем, содержащих фуранокумарины, различными электролитами

Средний расход титранта на полное осаждение 10 мл коллоидной системы, содержащей фуранокумарины, мл		**Титрант, 10% р-р**
Система А	**Система Б**	
1,5	1,9	NaCl
2,1	3,3	NH_4Cl
3,0	4,55	NH_4NO_3
1,2	0,7	Na_2SO_4
6,8	Не коагулирует от >20 мл	$(NH_4)_2SO_4$
0,07	0,05	$CuSO_4$
0,03	0,05	$NiCl_2$
1,35	2,5	Na_3PO_4
Не коагулирует от >20 мл	Не коагулирует от >20 мл	$(NH_4)_3PO_4$
0,1	0,12	$FeCl_3$
2,05	9	$(NH_4)_2SO_4$+ Na_3PO_4 1:1
2	4,05	$(NH_4)_2SO_4$+ NaCl 1:1

Наилучшими коагулянтами оказались соли переходных металлов - $CuSO_4$ и $NiCl_2$. Замечено также, что при использовании для нейтрализации щелочного извлечения растения Б. концентрированной кислоты вместо эквивалентного объёма её 0,1М раствора коллоид не образуется.

Таким образом, подобраны коагулянты, осаждающие фуранокумарины Б.

Литература:

1. Беспалов Д.С. Способ получения суммы фуранокумаринов борщевика сосновского. Беликовские чтения: материалы XI Международной научно-практической конференции. 2023. С. 57 – 65.

СИНТЕЗ ПЕРОКСОВОЛЬФРАМОВОГО КАТАЛИЗАТОРА И ЭПОКСИДИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ НЕГО ПОЛИБУТАДИЕНА МАРКИ СКДН-Н

Дунец Е.В.

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

e-mail: dunets.ekaterina@yandex.ru

SYNTHESIS OF A PEROXO TUNGSTEN CATALYST AND EPOXIDATION WITH IT OF POLYBUTADIENE OF THE SKDN-N BRAND

Dunets E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Перспективным способом эпоксидирования полибутадиена является метод с использованием пероксовольфрамового катализатора, который позволяет избежать использования органической кислоты и соответственно снизить количество побочных реакций. В данном случае катализатор нерастворим в реакционной среде, но растворяется в ходе реакции. По окончании синтеза катализатор самоосаждается из реакционной смеси и, таким образом, возможно его извлечение и последующее повторное использование, что является преимуществом данного метода [1].

Синтез пероксовольфрамового катализатора заключается в растворении вольфрамовой кислоты в растворе H_2O_2 и последующем взаимодействии с 10 % раствором H_3PO_4 и раствором цетил-стеарил пиридиний хлорида в CH_2Cl_2. Общая схема синтеза катализатора представлена на рисунке 1.

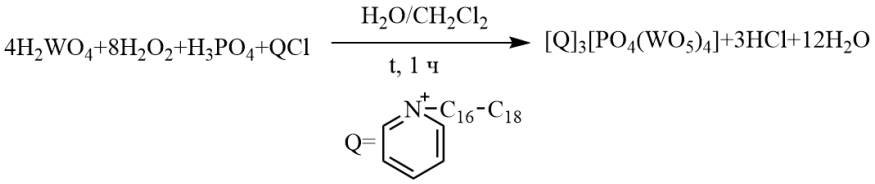


Рисунок 1 – Схема синтеза пероксофосфорновольфрамового катализатора

С полученным катализатором проводилась реакция эпоксидирования полибутадиена марки СКДН-Н (75 % цис-звеньев и 25 % транс-звеньев) перекисью водорода. На рисунке 2 показана реакция эпоксидирования полибутадиена.

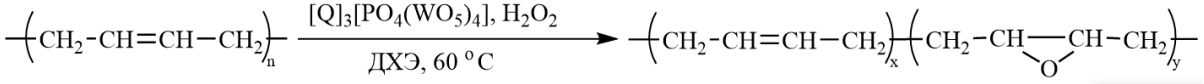


Рисунок 2 – Схема синтеза эпоксидированного полибутадиена

По результатам ^1H и ^{13}C ЯМР вычислили степень эпоксидирования, которая находится в диапазоне 31-71 %. Используя разное количество катализатора, можно варьировать время выдержки и степень эпоксидирования. При увеличенном количестве катализатора можно получить степень эпоксидирования более 40 % за малое количество времени, а в сочетании с избытком пероксида водорода – более 70 %. С помощью ^1H ЯМР было установлено, что скорость эпоксидирования 1,4-цис и 1,4-транс звеньев примерно равна.

Литература:

1. 110th anniversary: The epoxidation of polybutadiene via reaction-controlled phase-transfer catalysis / L. Xu, B. Li, S. Jie [et al.]. — Text: electronic // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2019. — Vol. 58, iss. 29. — P. 13085-13092.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА НАДМОЛЕКУЛЯРНУЮ СТРУКТУРУ СИЛОКСАНОВОГО БЛОКСОПОЛИМЕРА

***Князева Э.В.*[1,2], *Неверовская А.Ю.*[2], *Калинин А.В.*[2]**

[1]*Санкт-петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ,*

[2]*ФГБУ «Научно-исследовательский институт синтетического каучука»*

e-mail: elinakn@mail.ru

INFLUENCE OF THE NATURE OF THE SOLVENT ON THE SUPRAMOLECULAR STRUCTURE OF SILOXANE BLOCK POLYMER

***Knyazeva E.V.*[1,2], *Neverovskaya A.Yu.*[2], *Kalinin A.V.*[2]**

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

[2]*Federal State Budgetary Institution «S.V. Lebedev Institute for Synthetic Rubber»*

Полисилоксаны по термостойкости превосходят все углеводородные полимеры. Однако их существенным недостатком является недостаточная прочность. Одним из путей решения проблемы считается синтез сополимеров, макроцепи которых характеризуются усложнённым молекулярным дизайном: сочетанием в макроцепи последовательностей жестких и гибких последовательностей (блоков) единой кремнийорганической природы. Это позволяет получить материалы с повышенной прочностью, но при сохранении таких свойств, как: термостойкость, гидрофобность, высокие диэлектрические свойства и биосовместимость [1]. В частности, полидиметилсилоксан-полифенилсилсесквиоксан (ПДМС-ПФСО) является пленкообразующим полимером. При этом пленки формируются по растворной технологии. Соответственно, важно проследить, какую роль играет природа растворителя, определяющая надмолекулярную структуру полимера в растворе. С целью изучения этого влияния нами была измерена характеристическая вязкость полисилоксана в различных растворителях. Также в этих растворителях методом динамического светорассеяния были определены размеры частиц. Показано, что среднемассовый диаметр частиц полимера коррелирует с характеристической вязкостью (см. таблицу). Затем были проведены физико-механические испытания полученных из этих растворителей пленочных материалов. Результаты также указывают на существенную зависимость надмолекулярной структуры полимера от природы растворителя (см. таблицу).

Таблица - Результаты исследований полисилоксана

Растворитель	Показатели			
	Характеристическая вязкость, дл/г	Среднемассовый диаметр, нм	Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Этилацетат	0,28	12,7	23	270
Толуол	0,34	13,9	45	570
Хлороформ	0,40	16,0	31	290
Четыреххлористый углерод	0,42	14,6	64	360

Таким образом, можно утверждать, что варьируя растворители при получении полисилоксановых пленок можно влиять на надмолекулярную организацию полимера и, следовательно, на конечные свойства материала.

Литература:

1. Воронков М.Г., Милешкевич В.П., Южелевский Ю.А. Силоксановая связь. – Новосибирск: «Наука», 1976. - 410 с.

ПОЛИАМФОЛИТ-МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Макурин И.С.*, *Липин В.А.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

e-mail: nomer79600056903@yandex.ru

POLYAMPHOLITE-METAL COMPLEXES BASED ON POLYACRYLIC ACID

Makurin I.S.*, *Lipin V.A.

Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Полиамфолиты обладают способностью взаимодействовать с ионами металлов, образуя полимер-металлические комплексы. Стабильные хелатные структуры данного типа позволяют получать материалы для извлечения и восстановления ионов металлов из воды и почвы, используются в создании гомогенных и гетерогенных катализаторов, в качестве материалов для удаления поверхностно-активных веществ из сточных вод и т.д. [1,2].

Для получения полиамфолит-металлических комплексов (ПМК) была использована полиакриловая кислота (ПАК). 20 % ПАК была получена полимеризацией акриловой кислоты в водном растворе в присутствии инициатора персульфата калия. По результатам анализа гель-проникающей хроматографии ПАК установлено, что ее средняя молекулярная масса Mz составила $2{,}52 \cdot 10^5$.

Полиамфолиты получали взаимодействием ПАК и алифатических диаминов: этилендиамина (ЭДА), 1,3-диаминопропана (ПДА), 1,4-диаминобутана (БДА). Высокая химическая активность функциональных групп алифатических диаминов позволила проводить синтез без использования инициатора. Степень замещения карбоксильных групп на амидные составила для производных ЭДА 4.8 %, ПДА 5.2 % и БДА 7.4 %. Высушенные на воздухе полиамфолиты представляют собой твёрдое вещество светло-желтого цвета.

В качестве металлов для получения ПМК были использованы: Co^{2+}, смесь Co^{2+}/Ce^{4+} и Pt^{4+}. Процесс получения ПМК заключался в смешении 1 %-го водного раствора полиамфолита с раствором соли металла концентрацией 2 моль-экв/л: $CoCl_2$, смесь $CoSO_4/Ce(SO_4)_2$ и $PtCl_4$. Готовые полиамфолит-металлические комплексы представляли собой вещества кристаллического строения, нерастворимые в воде и органических растворителях. Полученные ПМК могут быть использованы в гетерогенном катализе [3].

Литература:

1. Липин В.А., Пошвина Т.А., Федорова К.А., Фадин А.Ф., Мальцева Н.В., Вишневская Т.А. Полиамфолит-металлические комплексы для каталитических процессов // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2023. Т. 65. № 3. С. 230-240.

2. Липин В.А., Суставова Т.А., Горкина Т.Е. Новые полиамфолиты и их способность к комплексообразованию с амфотерными поверхностно-активными веществами // «Химические волокна» 2021. - №2. - С. 20-22.

3. Sultanov Y.M., Wohrle D., Efendiev A.A. Metal-polymer complex catalysts on the base of polyethyleneimine for oxidation of sulfides. // J. Mol. Catal. A. Chem. 2006. Vol. 258. P. 77-82.

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ГЛИЦИДИЛАКРИЛАТА И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

***Мясищева А.С.*, Петрова Ю.А., Евдокимов А.Н.**

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

e-mail: yulia.petrova1997@yandex.ru

SORPTION ABILITY OF POLYMERS BASED ON GLYCIDILACRYLATE AND CARBOXYMETHYL CELLULOSE RELATIVE TO HEAVY METAL IONS

***Myasishcheva A.S.*, Petrova Yu.A., Evdokimov A.N.**

Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Загрязнение поверхностных или грунтовых вод тяжелыми металлами вызывает серьезную проблему из-за токсического воздействия ионов тяжелых металлов на окружающую среду, поэтому удаление ионов тяжелых металлов из различных промышленных сточных вод является актуальной задачей во многих отраслях производства. Адсорбция является одним из перспективных методов очистки водных растворов за счет высокой эффективности, простоты оборудования и низкой стоимости [1,2].

Целью данной работы является получение композиционного материала на основе глицидилакрилата и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и изучение возможности его использования в качестве сорбента по отношению к ионам тяжелых металлов.

Глицидилакрилат (ГА) получали взаимодействием акриловой кислоты с эпихлоргидрином в присутствии хлорида тетраметиламмония [3]. Сорбент получали присоединением ГА к КМЦ в среде тетрагидрофурана в присутствии азобисизобутиронитрила. Конечный продукт анализировали методом ИК- и ЯМР-спектроскопии.

Исследовалась сорбционная способность полученных сорбентов по отношению к ионам тяжелых металлов. Полученные данные достоверно описываются моделью Ленгмюра, а сам процесс сорбции носит физический характер, протекающей за счет Ван-дер-Ваальсовых сил и возникающих водородных связей.

Энергия активации Еа исходных сорбентов и образовавшихся комплексов с Cu^{2+} рассчитывалась по кривым ТГА. На первой ступени происходит высвобождение связанной влаги. На второй ступени происходит разложение сульфата меди до соответствующего оксида. Третья ступень соответствует разрыву сложных и простых эфирных связей. Четвертая ступень деструкции соответствует разрыву полимерных цепей и разрушению связей между ними, приводящих к термоокислительной деструкции полимера. Показано, что присутствие Cu(II) в структуре полимерной сетки повышает термическую стабильность полимера на основе КМЦ.

Литература:

1. Ugochukwu E.F., Oluwaseyi D.S., Kanika D. A., Samuel O., Abdulhafiz O.B. // J. Water Proc. Engineering. 2022. Vol. 50. P. 103273.

2. Nastasovic A.B., Ekmescic B.M., Sandic Z.P., Randelovic D.V., Mozetic M., Vesel A., Onjia A.E. // Appl. Surf. Sci. 2016. Vol. 385. P. 605-615.

3. Евдокимов А.Н., Курзин А.В., Липин В.А. Петрова Ю.А. // Бутлеров. сооб. 2023. Т. 76. № 12. С. 167.

ПРИЧИНЫ НЕНЬЮТОНОВОСТИ СУСПЕНЗИЙ И МЕХАНИЗМЫ ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ

Родинова В.Д.*, *Бибик Е.Е.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра физической химии
e-mail: rodinova.veronika@gmail.com

CAUSES OF NON-NEWTONOUS SUSPENSIONS AND MECHANISMS OF THEIR MANIFESTATION DURING THE COURSE

Rodinova V.D.*, *Bibik E.E.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время чаще всего причиной неньютоновости суспензий называется «структурообразование» в дисперсных системах и реже – их «структурирование». Во многих случаях упоминанием об этом явлении и исчерпывается вопрос о причинах неньютоновости. Решение же конкретных задач реологии суспензий требует обращения к количественному описанию структуры – к параметрам, характеризующим структуру, адекватно отражающим ее связь с реологическими свойствам (вязкостью) и зависимостью от режима течения суспензии. Набор реологически значимых параметров определяет и смысл понятия «структурирование», как явления, служащего причиной неньютоновости. Среди структурных моделей и уравнений видно, что оно эволюционирует по мере развития теоретических представлений в области структурной реологии – от первоначального очень конкретного: «фиксация взаимного положения частиц при их коагуляции» до универсального и потому менее конкретного: «ограничение числа степеней свободы частиц дисперсной системы», включающего действие внешних полей, ориентацию частиц, поступательную и вращательную броуновскую подвижность. Последнее допускает некоторую неопределенность причин неньютоновости, поэтому в наиболее общем виде в качестве таковой называется «действие в дисперсной системе сил не гидродинамической природы». В простейшем случае это внутренние силы сцепления частиц, приводящие к фиксации их взаимного положения. Их учет в уравнениях реологии требует наличие уравнения, представляющего собой гидродинамический эквивалент этих сил. Эту роль выполняет уравнение структурного состояния дисперсной системы в потоке – функция, отражающая зависимость реологически значимого структурного параметра от режима течения.

Выявлено два универсальных механизма проявления неньютоновости при течении суспензий: зависимость свободного объема дисперсионной среды и дисперсия локальных скоростей движения фаз от скорости деформации дисперсной системы [1].

Конкретно в моделях Эйнштейна – Шлиомиса, цепочечной, фрактальной, послойного скольжения и слоистой системы.

Назван базовый принцип, которому удовлетворяют все теоретические уравнения реологии суспензий – деформация суспензии обязана исключительно деформации ее жидкой фазы и его математическое выражение $hg=h_0g_0$.

Литература:

1. Бибик Е.Е., Сивцов Е.В., Родинова В.Д. Исключенный объем в микрореологических моделях структурированных суспензий // ИФЖ. 2020. Т. 93. № 4. С. 870-881.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПВХ-ПЛЁНОК, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ СМЕСЬЮ ПЕНТАЭИТРИТАТА ЦИНКА СО СТЕАРОИЛБЕНЗОИЛМЕТАНОМ

Рыжанов К.А.

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

e-mail: kostya-rizhanofff2012@yandex.ru, lna@lti-gti.ru

DYNAMIC THERMAL STABILITY OF PVC FILMS STABILIZED WITH MIXTURE OF ZINC PENTAERYTHRITATE AND STEAROYLBENZOYLMETHANE

Ryzhanov K.A.

Saint Petersburg State Institute of Technology

При использовании кальций-цинковых стабилизаторов для получения изделий из поливинилхлорида (ПВХ) с хорошим первоначальным цветом часто добавляются β-дикетоны, которые вступают с полимером в реакцию алкильного замещения с выделением HCl.

В данном эксперименте анализировалось взаимодействие пентаэритритата цинка (ПенЦинк) со стеароилбензоилметаном (СБМ). Первый образец ПВХ-пленки был стабилизирован 3,0 % ПенЦинка, второй образец стабилизирован 3,0 % ПенЦинка и 0,5 % СБМ, а третий образец был стабилизирован 3,0 % ПенЦинка и 1,0 % СБМ. Во все рецептуры вводилась внешняя полимерная смазка в количестве 0,2 %.

Образцы полимера были получены в ходе динамического термического теста на вальцах при температуре 170±2 °C и скорости вращения валков 20 об/мин с шагом в 5 минут. Далее с помощью колориметра был измерен цвет каждого образца, на основании результатов измерений был вычислен индекс пожелтения полимера.

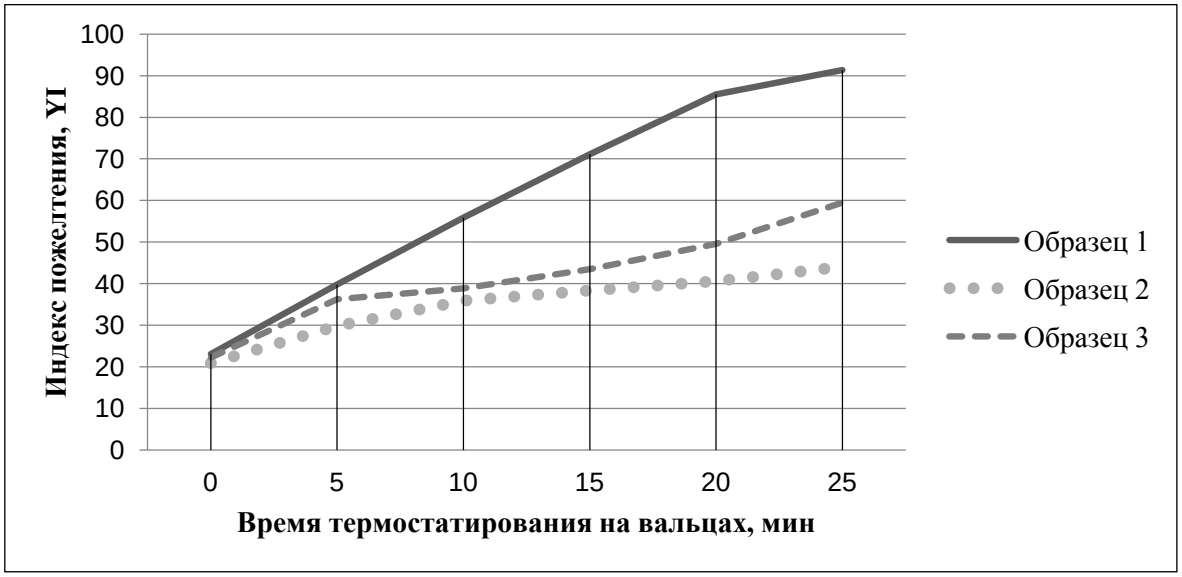


Рисунок – График изменения индекса пожелтения полимера во время динамического теста

Согласно результатам вычислений, приведённым на графике, смесь, содержащая 0,5 % SBM показывает наилучшую термическую стабильность (рисунок). Увеличение дозировки СБМ до 1,0 % приводит к значительному ухудшению термической стабильности, что связано с тем, что вступая в реакцию С-алкиллирования, стеароилбензоилметан провоцирует образование HCl, которая усугубляет процесс деструкции ПВХ.

ПОЛИАМФОЛИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, АЛЬФАТИЧЕСКИХ ДИАМИНОВ И АЛЛИЛБРОМИДА

Соков А.Е., Олексенко В.Р., Горкина Т.Е., Петрова Ю.А.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

e-mail: t.e.gorkina@mail.ru

POLYAMPHOLYTES BASED ON POLYACRYLIC ACID, ALPHATIC DIAMINES AND ALLYL BROMIDE

Sokov A.E., Oleksenko V.R., Gorkina T.E., Petrova Yu.A.

Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Ранее были изучены полиамфолиты на основе полиакриловой кислоты и алифатических диаминах [1,2]. В данном исследовании была поставлена задача выяснить влияние добавления аллилбромида на свойства полиамфолитов.

Полиамфолиты были синтезированы на основе полиакриловой кислоты, алифатических диаминов и аллилбромида. Высокая активность функциональных групп алифатических диаминов позволяет избежать использования инициирующей системы и сокращает количество стадий синтеза.

Анализ синтезированных полиамфолитов с помощью ИК-спектроскопии подтвердил наличие как положительно и отрицательно заряженных групп, так и двойной связи «C=C» в их структуре. Водные растворы полученных полимеров амфотерного типа имели высокую вязкость при кислых и щелочных значениях pH, это указывает на развернутое конформационное состояние макромолекул. Было установлено, что наличие аллилбромида в структуре полученных полиамфолитов улучшает их физико-химические свойства.

Полимеры амфотерного типа находят применение в качестве флокулянтов для осаждения биоколлоидных суспензий, в ионном обмене и в системах доставки лекарств. Например, полиамфолиты могу применяться в качестве флокулянтов, которые при введении в дисперсные системы адсорбируются или химически связываются с поверхностью частиц дисперсной фазы и объединяют частицы в агломераты, способствуя их быстрому осаждению [3]. Показано, что синтезированные полиамфолиты могут быть использованы в качестве флокулянтов.

Литература:

1. Горкина Т.Е., Суставова Т.А., Липин В.А «Полимер амфотерного типа и его флоккулирующая способность» // Тезисы докладов Наукоемкие технологии функциональных материалов, VI Международная научно-техническая конференция, Санкт-Петербург, 2019. С. 21-23.

2. Горкина Т.Е., Иркова А.С., Суставова Т.А., Липин В.А. Конформационное состояние макромолекулы амфотерного флокулянта // Сборник материалов V Всероссийской студенческой конференции с международным участием, посвященной Международному году Периодической таблицы химических элементов, РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, 2019. С. 28.

3. Липин В.А., Суставова Т.А., Горкина Т.Е. «Синтез полимера амфотерного типа на основе полиакриловой кислоты и этилендиамина» // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) № 52(78). СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2020. С. 36-40.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМПОЗИЦИОННОЙ ОДНОРОДНОСТИ СОПОЛИМЕРОВ ПО НЕПОЛНОСТЬЮ РАЗРЕШЕННЫМ ЯМР СПЕКТРАМ

***Соколов Ю.П.*, Ловчиков В.А., Кулаченков С.А., Емельянов Г.А.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ордена Ленина и Ордена Трудового Красного знамени научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»

e-mail: ypsokolov@mail.ru

USING OF MATHEMATICAL MODELING METHODS FOR COPOLYMERS COMPOSITION HOMEGENEITY EVALUATION BASED ON INCOMPLETELY RESOLVED NMR SPECTRA

***Sokolov Yu.P.*, Lovchikov V.A., Kulachenkov S.A., Emelyanov G.A.**

Federal State Budgetary Institution «Order of Lenin and Order of the Red Banner of Labor Scientific Research Institute of Synthetic Rubber named after Academician S. V. Lebedev»

Данные о составе и усредненной микроструктуре сополимеров могут быть достаточно легко получены в результате анализа ЯМР спектров высокого разрешения. Следующий шаг – получение информации о механизме полимеризации (применимость Марковской модели цепного роста, расчет матрицы переходных вероятностей и т.д.) – требует соблюдения определенных условий (хорошее разрешение и полное отнесение сигналов в ЯМР спектре, точное интегрирование, неизменность условий полимеризации). Без соблюдения этих условий, используя стандартные методы расчета, затруднительно перейти к следующему шагу – оценке отклонения усредненной микроструктуры реального сополимера от микроструктуры сополимера, полученного в идеальных условиях, то есть оценке композиционной однородности сополимера.

Предлагаемый метод оценки композиционной однородности, не предъявляющий столь жестких требований к качеству ЯМР спектров, применим к сополимерам, процесс получения которых может быть описан с помощью теории цепей Маркова. Метод включает в себя три этапа:

1. Съемка ЯМР спектра высокого разрешения с соблюдением следующих условий: область интегрирования включает все сигналы цепи, каждому сигналу должна быть сопоставлена определенная последовательность звеньев или группа последовательностей (для плохо разрешенных сигналов). Получение набора относительных долей последовательностей звеньев (набор А).

2. Нахождение «усредненной» матрицы Марковских переходных вероятностей, дающей при расчете набор относительных долей последовательностей звеньев (набор Б) максимально близкий к набору А, полученному из изучаемого ЯМР спектра.

3. Расчет количественного критерия композиционной однородности сополимера на основании сравнения наборов А и Б.

Метод проверен на ряде лабораторных и промышленных образцов двойных сополимеров, содержащих звенья симметричного и несимметричного мономеров. Для оценки композиционной однородности двойных сополимеров, где оба сомономера имеют несимметричную структуру, в алгоритм может быть включена дополнительная стадия – расчет укрупненной Марковской модели с целью существенного снижения времени расчета.

ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА

Федорова С.В., Евдокимов А.Н., Липин В.А.
Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
e-mail: yulia.petrova1997@yandex.ru

GLYCIDIL ETHER COATINGS

Fedorova S.V., Evdokimov A.N., Lipin V.A.
Higher School of Technology and Energy of St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В определенных условиях эксплуатации металлических изделий и конструкций происходит разрушение и коррозия их поверхности, что существенно влияет на долговечность таких изделий. Использование органических покрытий является одним из наиболее перспективных методов защиты от коррозии в различных условиях эксплуатации.

Полимерные материалы сочетают в себе такие свойства, как высокая твердость и гибкость, прочность на разрыв и растяжение, высокая адгезия, химическая и водостойкость, что делает их предпочтительными для использования их в качестве покрытий [1,2].

Целью данной работы является получение покрытий на основе глицидилового эфира.

Глицидиловый эфир акриловой кислоты синтезировали нагреванием акриловой кислоты с эпихлоргидрином при постоянном перемешивании [3]. Промежуточные и конечные продукты анализировали методом ИК- и ЯМР-спектроскопии. В спектре глицидилакрилата присутствуют полосы поглощения акрилового фрагмента (1640 $см^{-1}$, 1720 $см^{-1}$) и оксиранового цикла (845 $см^{-1}$, 905 $см^{-1}$), отсутствуют сигналы C=C-связи, что доказывает разрыв двойных связей и полимеризацию продукта в процессе синтеза.

Было установлено, что полиглицидиловые эфиры не проявляют чувствительности к изменению pH в области значений от 3 до 11 и нерастворимы в различных растворителях, в том числе в воде, бензоле, ацетоне, толуоле, гексане, N, N-диметилформамиде, диметилсульфоксиде.

Показано, что образец имеет однородную морфологию и непористую поверхность.

Для оценки термостабильности и исследования процесса разложения полиглицидилового эфира проводился термогравиметрический анализ, который показал, что разложение происходит двухступенчато. Была рассчитана энергия активации реакции разложения исследуемых полимеров для каждой ступени [4], которая составила 62,726 и 70,321 кДж/моль для первой и второй ступени соответственно.

Синтезированные сложные эфиры на основе глицидилового эфира могут применяться в качестве покрытий изделий промышленного назначения.

Литература:

1. A.A. Olajire // Journal of Molecular Liquids. 2018. Vol. 269. P. 572-606.

2. H. Lee, Sh.M. Dellatore, W. M. Miller, P.B. Messersmith // PubMed. 2007. Vol. 318. P. 426-430

3. Евдокимов А.Н., Курзин А.В., Липин В.А. Петрова Ю.А. // Бутлеров. сооб. 2023. Т. 76. № 12. С. 167.

4. Mishra R., Tripathy S.P., Fink D., Dwivedi K.K. // Radiation Measurements. 2005. Vol. 40. P. 754 – 757.

СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ И АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН

Яковлев А.А.*, *Потапов К.А.*, *Печенкина Е.С.

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

e-mail: artiom.gakovlev2014@gmail.com

SEM AND AFM AS INSTRUMENTAL METHODS FOR STUDYING THE SURFACE OF ION-EXCHANGE MEMBRANES

Yakovlev A.A.*, *Potapov K.A.*, *Pechenkina E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для ионообменных материалов одним из факторов, определяющим их свойства и отвечающим за массоперенос, является морфология поверхности мембраны, зависящая от природы полимера, размеров и гибкости макромолекул, их взаимного расположения, надмолекулярной структуры и способа получения мембраны [1].

Для описания морфологии поверхности мембран применяют атомно-силовую (АСМ) и сканирующую электронную микроскопию (СЭМ). Применение СЭМ позволяет оценить структуру мембраны: поверхность и поперечное сечение. Атомно-силовая микроскопия позволяет изучать поверхность материалов на нанометровом уровне.

Преимущество метода АСМ перед СЭМ заключается в том, что он не требует специальной подготовки образцов и позволяет получать изображения как в воздушно сухом, так и в набухшем состояниях, а также позволяет получить трехмерное изображение. Но при этом АСМ позволяет изучать топологию только внешней поверхности мембраны [2] и сильно ограничен по размеру поля сканирования. Сканы мембран, полученные методом АСМ в режиме топологии, позволяют изучить рельеф поверхности, определить шероховатость и оценить истинную и геометрическую площадь поверхности [3], а в режиме фазового контраста можно зафиксировать неоднородность свойств поверхности исследуемых образцов. Микрофотографии образцов мембран, полученные методом СЭМ, позволяют получать SE-изображения, которые дают возможность оценить морфологию поверхности и BSE-изображении, позволяющие визуализировать разницу в составах и свойствах между компонентами ионообменной мембраны. При наличии энергодисперсионного анализатора, можно получить информацию об элементном составе.

Литература:

1. Шестаков, К.В. Влияние исходной концентрации ионов металлов в многокомпонентных растворах на процесс электродиализной очистки / К.В. Шестаков, С.И. Лазарев, А.В. Крылов [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 3. – С. 21 – 25. doi: 10.55421/1998-7072_2023_26_3_21

2. Мельникова, Г.Б. Современные методы для изучения структуры и свойств поверхности полимерных мембран / Г.Б. Мельникова // Методологические аспек-ты сканирующей зондовой микроскопии : сб. докл. XI Междунар. конф. (Минск, 21–24 окт. 2014 г.). – Минск, 2014. – С. 112 – 117.

3. Гаришин, О.К. Атомно-силовая микроскопия как эффективный инструмент исследования структуры и механических свойств полимерных материалов на микро- и наноуровне / О.К. Гаришин // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2014. №2.

СЕКЦИЯ 5.
ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



ИНТЕГРАЦИЯ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ НА БЛОКЕ ДЕГИДРИРОВАНИЯ БУТАНА

Баранова В.Е.*, *Сладковский Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий
e-mail: vikulya1780@yandex.ru, Dmitry.sla@gmail.com

INTEGRATION OF TURBO EXPANDERS INTO A BUTANE DEHYDROGENATION UNIT

Baranova V.E.*, *Sladkovsky D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сегодняшней актуальной задачей является разработка новых технологий для улучшения процессов обработки и повышения эффективности дегидрирования бутана для его последующего использования, а также оптимизация энергетических затрат.

Процесс одностадийного дегидрирования бутана происходит с использованием алюминиево-хромового катализатора в одну стадию. Процесс протекает при температуре от 540 °С до 600 °С и избыточном давлении от 0,05 МПа до 0,17 МПа.

На примере процесса НПО «Ярсинтез» разрабатывается модель процесса, совмещенного с турбодетандерной установкой. Совмещенный процесс предполагает добавление в схему дополнительного насоса, турбодетандера, а также изменение теплообменной схемы процесса [1]. Результаты расчета представлены на рисунке.

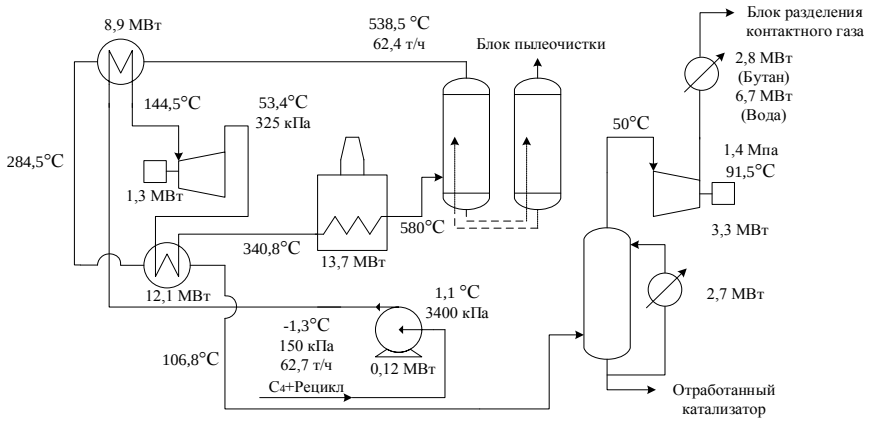


Рисунок - Схема интеграции турбодетандера в реакторный блок процесса дегидрирования

Сравнивая полученную схему с базовой, можно сделать вывод, что при одинаковом объёме рекуперируемой тепловой энергии, установка турбодетандера в линию подачи газосырьевой смеси приводит к увеличению тепловой нагрузки на технологическую печь.

На основании расчетов, выполненных с применением программного пакета Aspen Hysys, определены значения выработки электроэнергии для процесса дегидрирования. Определено, что при сжатии сырьевого потока бутана до давления 3500 кПа, возможна выработка до 25 кВт на тонну полученного бутилена.

Дальнейшая работа сосредоточена на проведении эффективности применения совмещенной турбодетандерной установки.

Литература:

1. Интеграция турбодетандеров в реакторные блоки процессов дегидрирования легких алканов /А. В. Утемов [и др.] // -2024. -С. 3-21.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ХЛОРИДА БАРИЯ В ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВАХ ЗЕЛЕНОГО ОГНЯ, СОДЕРЖАЩИХ ПЕРХЛОРАТ АММОНИЯ

Видякин Е.А.

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

e-mail: e.a.vidyakin.hep@technolog.edu.ru

STUDY OF THE MECHANISM OF BARIUM CHLORIDE FORMATION IN GREEN FIRE PYROTECHNIC COMPOSITIONS CONTAINING AMMONIUM PERCHLORATE

Vidyakin E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В ранее проведенных исследованиях [1] было установлено, что образование хлорида бария происходит при взаимодействии хлороводорода, который образуется при разложении поливинилхлорида, и нитрата бария. С этой точки зрения представляет интерес использование перхлорат аммония (ПХА), поскольку при его разложении образуется как хлор, так и хлороводород.

Приведенные результаты анализа в работе [2] показывают, что в составе продуктов разложения NH_4ClO_4 имеется хлороводород и хлор. На основании полученных данных были составлены следующие приближенные уравнения распада NH_4ClO_4:

$$10NH_4Cl0_4 = 8HCl + Cl_2 + 10O_2 + 2N_2O + 2N_2 + 2NO + 16H_2O \text{ при } T < 300\ °C$$

$$12NH_4Cl0_4 = 10HCl + Cl_2 + 10O_2 + N_2O + N_2 + 8NO + 19H_2O \text{ при } T > 300\ °C$$

Перхлорат аммония находит широкое применение в пиротехнике, как основной окислитель и донор хлора одновременно в составах цветных огней. Помимо прочего ПХА является более стабильным и безопасным при изготовлении и хранении по сравнению с хлоратами бария и калия, используемыми в пиротехнических составах цветных огней.

Для исследования механизма хлорирования нитрата бария было решено взять двойную смесь — нитрат бария-ПХА. Поскольку ранее в работе [1] было показано, что реакция нитрата бария и хлороводорода протекает в подготовительной зоне волны горения, то более целесообразно проводить исследования смеси нитрат бария – ПХА без участия других компонентов пиротехнического состава.

Результаты этого исследования позволят установить количественный выход хлорида бария и дать рекомендации по оптимизации компоновки рецептур, а также сравнить результаты хлорирования с составами на основе нитрата бария – ПВХ.

Литература:

1. Видякин Е.А., Павлов Б.Д., Коваленко Е.П. Исследование механизма образования хлорида бария в волне горения пиротехнического состава зелёного огня // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2024. – №69 (95). – С.29-32.

2.Исаев Р.Н., Захаров Ю.А., Бордачев В.В. Влияние примесей на термическое разложение перхлората аммония // Известия Томского политехнического института. — 1969. — Т. 199: Химические реакции с участием твердых веществ. — С. 84-88.

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ГОРЕНИЕ СМЕСЕЙ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ С АКТИВНЫМ УГЛЕМ

Гуцал М.А., Павлов Б.Д.

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

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

INFLUENCE OF CATALYTIC ADDITIVES ON THE COMBUSTION OF AMMONIUM NITRATE MIXTURES WITH ACTIVE CARBON

Gutsal M.A., Pavlov B.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Аммиачная селитра находит все более широкое применение в пиротехнических составах различного назначения [1,2].

В последнее время в качестве горючего в смесях с аммиачной селитрой всё чаще используется активный уголь. При создании определенных условий смеси нитрата аммония с активным углем горят с образованием только газообразных продуктов, полностью безопасных для человека и окружающей среды. Однако скорости горения данных смесей характеризуются низкими показателями.

Увеличить скорость горения данных смесей можно с помощью каталитических добавок [3]. В качестве таких добавок представляет интерес рассмотреть вещества, оказывающие каталитическое влияние на термическое разложение аммиачной селитры: бихроматы аммония и калия, хромат калия, красная кровяная соль, хлорид калия и другие.

Испытания проводили с содержанием активного угля в смеси 7 и 13 %. В ходе испытаний было установлено, что не все добавки, активно влияющие на разложение аммиачной селитры, также активно катализируют процесс горения нитрата аммония с активным углем.

В наибольшей степени позволяют увеличить скорость горения хромат и бихромат калия. Причем, чем меньше угля содержится в смеси, тем больше сказывается это влияние. Так, например, при введении двух процентов бихромата калия в смесь аммиачной селитры с 7 % активного угля относительное увеличение скорости горения составило 68 %. При введении такого же количества в смесь с 13 % угля – 45 %.

В то же время, целый ряд добавок, оказывающих активное влияние на разложение нитрата аммония, практически не меняют скорость горения смесей аммиачной селитры с активным углем или в некоторых случаях снижают ее. В частности, введение в двойную смесь аммиачной селитры с активным углем с соотношением 93/7 бихромата аммония увеличивает скорость горения лишь на 12 %, а хлорид калия даже снижает её на 21 %.

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.

3. Глазкова А.П. Катализ горения взрывчатых веществ / А.П. Глазкова // Москва: Наука - 1976. - 263 с.

ОБЗОР ОТВЕРДИТЕЛЕЙ ДЛЯ АЗИДОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Дружинин В.Д.

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

e-mail: druzhinin.vd@yandex.ru

REVIEW OF CURING AGENTS FOR AZIDE POLYMERS

Druzhinin V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Азидосодержащие полимеры потенциально могут использоваться в качестве связующих в твёрдых ракетных топливах, а также в качестве ион-обменных мембран для аккумуляторов [1].

Для получения изделий на основе азидосодержащих полимеров их необходимо отверждать. Такие полимеры могут отверждаться соединениями с тройными связями. Реакция протекает по механизму 1,3-диполярного циклоприсоединения.

Для исследования отверждения азидосодержащих полимеров используются соединения такие как биспропаргилсукцинат, биспропаргилгидрохинон, 1,4-бис(1-гидроксипропаргил)бензол [2].

Также был разработан метод синтеза дипропаргиловых эфиров из N-(хлорметил)нитроаминов или из N-(метилол)нитроаминов. Эти соединения примечательны тем, что содержат в себе нитраза- или нитраминые группы, способные существенно увеличивать энергетику будущего топлива [3].

Помимо низкомолекулярных соединений, в литературе описаны попытки использовать высокомолекулярные соединения как отвердители. Для этого рассматриваются полимеры, содержащие концевые гидроксильные группы, такие как СКД-ГТР [4] и сополимер окиси этилена и 1,4-диоксана [5]. В результате реакции нуклеофильного замещения между этими полимерами и пропаргилгалогенидами удалось получить высокомолекулярные отвердители для азидосодержащих полимеров.

Литература:

1. Hu, B. A facile construction of crosslinked anion exchange membrane based on fluorenyl-containing polysulfone via click chemistry // The Royal Society of Chemistry. - 2017. - Issue 30. – P. 1-12.

2. Hagen, T. Curing of Glycidyl Azide Polymer (GAP) Diol Using Isocyanate, Isocyanate-Free, Synchronous Dual, and Sequential Dual Curing Systems / T. Hagen, T. Jensen, E. Unneberg, Y. Stenstrom, T. Kristensen // Propellants Explosives Pyrotechnics. - 2015. - V. 40. – P. 275-284.

3. Грибов, П.С. Терминальные нитрамины алкинового ряда и полимеры на их основе: специальность 1.4.3 «Органическая химия»: диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / Грибов Павел Сергеевич; Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки Институт Органической Химии им. Н. Д. Зелинского Российской Академии Наук. – Москва, 2024. – 224 с.

4. Ding, Y. Structure and Mechanical Properties of Novel Composites Based on Glycidyl Azide Polymer and Propargyl-Terminated Polybutadiene as Potential Binder of Solid Propellant / Y. Ding, H. Chong, G. Xiang, C. Yuanyuan, J. Huang // Journal of Applied Polymer Scince. – 2014. – V. 131. - P. 1-8.

5. He, L. Mechanical and Thermal Properties of Polyether Polytriazole Elastomers Formed by Click-Chemical Reaction Curing Glycidyl Azide Polymer. / L. He, J. Zhou, Y. Wang, Z. Ma, C. Chen // Molecules. – 2020. – V. 25. – P. 1-12.

СПОСОБЫ НИТРОВАНИЯ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГОЁМКИХ КОМПОЗИЦИЙ

Ефимова М.О.

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

e-mail: emariya107@gmail.com

METHODS OF NITRATION OF POLYVINYL ALCOHOL TO OBTAIN ENERGY-SATURATED COMPOSITION

Efimova M.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Поливинилнитрат (ПВН) представляет собой термопластичный полимер, получаемый нитрованием поливинилового спирта (ПВС) концентрированной азотной кислотой или её смесью с серной кислотой, ангидридами уксусной или ортофосфорной кислот и т. д. [1]. ПВН синтезируется для возможности замены связующих веществ на основе нитроцеллюлозы, так как имеет близкое максимально возможное содержание азота, которое составляет 15,73 % [2]. Содержание азота влияет на энергетические характеристики вещества такие, как теплоту сгорания, температуру горения.

Анализ методов синтеза ПВН показал, что основным их недостатком в гомогенных условиях является большой избыток концентрированной кислоты, что значительно снижает выход продукта. Нитрование в гетерогенных условиях позволяет в значительной мере упростить процесс выделения ПВН из реакционной массы и сократить количество используемых кислот. При гетерогенном нитровании ПВС, суспендированного в уксусном ангидриде, азотной кислотой разной концентрации [2] и в прочих двухкомпонентных смесях [3], были получены образцы с различным содержанием азота.

Таблица – условия нитрования ПВС

Нитрующая смесь	98-99 % HNO_3 +Ac_2O	70.7 % HNO_3 +Ac_2O	98-99 % HNO_3 +Ac_2O	63.7 % HNO_3 +Ac_2O	98 % HNO_3 + H_2SO_4	98% HNO_3 + P_2O_5
Содержание азота, %	15.7	14.9	13.3	11.8	14.7	14.9
Время нитрования, ч	7	6	5	6	1-2	2-3
Температура нитрования, °С	-5 до +20	-5 до +20	-5 до +19	-5 до +20	-10 до +20	-5 до +20

Таким образом, более полное нитрование ПВС возможно осуществить смесями 98–99 % азотной кислотой с уксусным или фосфорным ангидридом (таблица).

Литература:

1. Розенберг, М.Э. Полимеры на основе винилацетата / М.Э. Розенберг. – Л.: Химия, 1983, 176 с.

2. Durgapal U.C., Dutta P.K., Mishra S.C., Investigations on Polyvinyl Nitrate as a High Energetic Material, Institute of Armament Technology, Girinagar – 1995.

3. Strecker R.A., Stereoregular polyvinyl nitrate, US Army Armament Research and Development Command Energetic Materials Division, LCWSL Dover, NJ 07801 – 1980.

НИТРОВАНИЕ ЭТИЛЕНВИНИЛОВОГО СПИРТА СМЕСЬЮ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ И ТРИФТОРУКСУСНОГО АНГИДРИДА

Ефимова М.О.*, *Бабаев А.И.

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

e-mail: emariya107@gmail.com

NITRATION OF ETHYLENE VINYL ALCOHOL WITH A MIXTURE OF NITRIC ACID AND TRIFLUOROACETIC ANHYDRIDE

Efimova M.O.*, *Babaev A.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сополимер этилена и винилового спирта (СЭВС) представляет собой, прозрачный, термопластичный сополимер, получаемый полимеризацией этилена и винилацетата с последующим гидролизом. Его преимущество заключается в возможности регулирования молекулярной массы, соотношения этиленовых и виниловых звеньев, что не доступно для целлюлозы, природного полимера. При его нитровании получается энергонасыщенный полимер, схожее по свойствам с нитратом целлюлозы, что позволяет рассматривать его в качестве основы для порохов и топлив.

В ходе исследования использовался СЭВС марки H171B (32 % - этиленовые звенья, 68 % винил-спиртовые звенья), который был переосаждён в смеси воды и изопропилового спирта (соотношение 1:4) и измельчён. Нитрование проводилось медленным прикапыванием смеси 97 % азотной кислотой с трифторуксусным ангидридом (ТФУА) в различных соотношениях в среде дихлорметана, препятствующего сильному разогреву смеси. Температура реакционной смеси поддерживалась в диапазоне от -15 до 25 °C. Общее время реакции составило от 30 минут до 24 часов. Схема реакции этерификации изображена на рисунке 1.

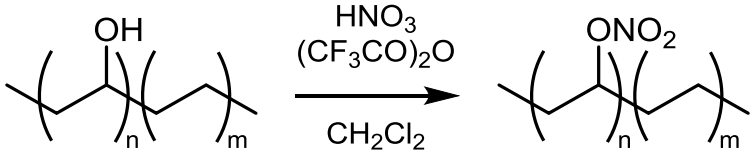


Рисунок 1 – Схема нитрования СЭВС

По результатам ^{1}H и ^{13}C ЯМР степень этерификации достигает 99 %. ИК-спектроскопией было выявлено отсутствие полос поглощения, отвечающих гидроксильным группам, что свидетельствует о высокой степени замещённости. Также при данном соотношении компонентов нитрующей смеси в соединении обнаружено наличие трифторацетатных групп, так как часть ТФУА вступила в реакцию с СЭВС. При увеличении доли HNO_3 в смеси, трифторацетатных групп становилось меньше.

Было найдено оптимальное соотношение азотной кислоты и ТФУА, при котором он был полностью задействован ряду последовательных реакций, приводящих к образованию нитрующего агента и связыванию трифторуксусной кислоты, потенциально образующей трифторацетаты СЭВС. Их схема изображена на рисунке 2.

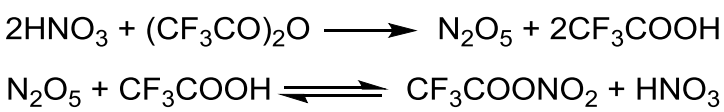


Рисунок 2 – Схема образования нитрующего агента

Отсутствие трифторацетатных и наличие нитратных групп было качественно подтверждено ИК-спектроскопией и количественно по ЯМР.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АММИАКАТОВ МЕДИ

Кирова А.А.*, *Коваленко Е.П.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра высокоэнергетических процессов
e-mail: hprocess@lti-gti.ru

SYNTHESIS AND RESEARCH OF THE PROPERTIES OF COPPER AMMONIACATES

Kirova A.A.*, *Kovalenko E.P.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Составы синего огня находят применение в фейерверочных изделиях. Проектирование рецептур этих составов сопряжено с большими трудностями, т.к. получить высокую насыщенность (цветовой тон) достаточно сложно, количество вводимой цветопламенной добавки не превышает 10-15 %.

Предложен принципиально новый подход к проектированию рецептур синего огня. В качестве компонента способного к диспропорционированию, т.е. возможности воспламеняться и гореть самостоятельно, был предложен тетрааммиакат меди перхлорат. На первом этапе проводился синтез данного соединения. Ранее применяемые методы имели ряд существенных недостатков, прежде всего по времени синтеза и выходу активного вещества. Предложен новый метод получения тетрааммиакатов меди, основанный на использовании в качестве исходных компонентов перхлорат бария и сульфат меди. После получения перхлората меди вводилось эквивалентное количество 10 %-раствора аммиака. После выпаривания растворителя, состав сушился до постоянного веса. Выход готового продукта составлял 90-95 %.

Термографическими исследованиями показано, что тетрааммиакат меди перхлорат воспламеняется при температуре 286 °С и горит насыщенным голубым пламенем, что обусловлено нахождением в зоне пламени монохлорида меди.

Параллельно проводились работы по исследованию свойств диаммиаката меди перхлората и возможности его применения в составах синего огня. Диаммиакат меди не воспламеняется, а разлагается, т.к. для поддержания реакции в форме горения не достаточно двух молекул аммиака. Экспериментальные данные показали целесообразность применения тетрааммиаката меди перхлората.

Температура горения тетрааммиакта меди перхлората составляет 850 °С, что не позволяет получить высокие энергетические характеристики (силу света), поэтому в тетрааммиакат меди перхлорат вводили коллоксилин, температура горения которого составляет 1300 °С. Привведение 10 % коллоксилина температура горения состава увеличилась до 1000 °С, а при содержании 20 % достигало температуры 1300 °С. Температура горения определялась при помощи вольфрам-рениевой термопары, как традиционным методом – запрессовыванием термопары в состав, так и с использованием установки, где термопара устанавливалась в предполагаемой зоне пламени. Результаты испытаний определения температуры обоими способами показали одинаковые результаты (1300 °С).

Проведенные исследования показали, что сила света и чистота цветового тона пламени (насыщенность) составляют 33-38 Кд/см^2 и 67 % соответственно.

На основании экспериментальных данных был предложен состав, состоящий из 80 % тетрааммиаката меди перхлората и 20 % коллоксилина, превышающий по основным ТТХ штатные составы.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК УГЛЕРОДА НА ТЕРМИЧЕСКУЮ ДЕСТРУКЦИЮ НИТРАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Никольская Л.А.*, *Егоров В.Н.*, *Павлов Б.Д.

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

e-mail: hprocess@lti-gti.ru

THE CATALYTIC EFFECT OF CARBON ADDITIVES ON THE THERMAL DEGRADATION OF ALKALI METAL NITRATES

Nikolskaya L.A.*, *Egorov V.N.*, *Pavlov B.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нитраты щелочных металлов, а именно нитраты натрия и калия, широко используются в качестве окислителей в разных типах пиротехнических составов: осветительных, сигнальных, фейерверочных и других. Их широкое использование обусловлено рядом достоинств: широкая сырьевая база, достаточное содержание активного кислорода, низкая чувствительность к механическим воздействиям [1].

В волне горения составов данные окислители подвергаются нагреву и термическому разложению при известных температурах. В литературе присутствуют данные о химических реакциях, протекающих при деструкции данных нитратов [2]. Однако, как показали работы, проведенные авторами, процессы термической деструкции этих соединений могут начаться при более низких температурах при добавлении к ним небольших количеств углерода (от 2 % до 8 %). Проведенный термодинамический расчет равновесного состава продуктов взаимодействия нитратов натрия и калия с углеродом при давлении 1 атм показал, что результатом таких процессов являются карбонаты натрия и калия. Образование данных соединений, вероятно, оказывает каталитическое влияние на процессы термической деструкции нитратов, ускоряя их.

Термограммы нитрата натрия (рисунок 1) и смеси 92 % нитрат натрия – 8 % углерода (рисунок 2) иллюстрируют вышесказанное.

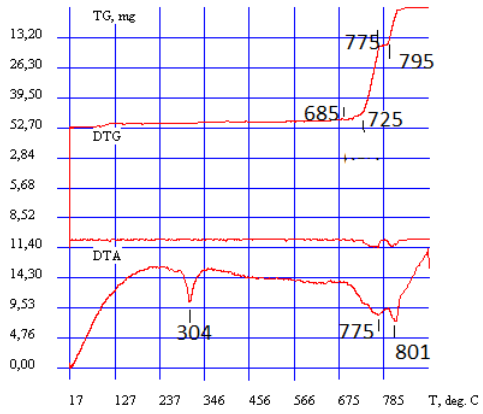


Рисунок 1 – Термограмма $NaNO_3$

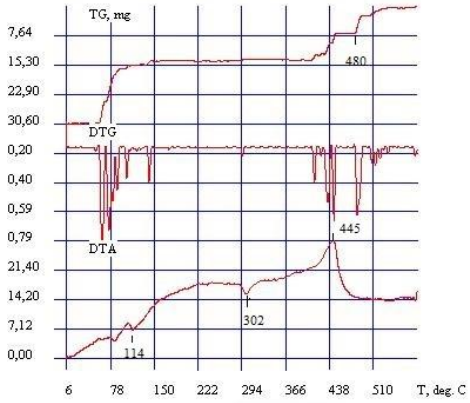


Рисунок 2 – Термограмма смеси 92 % $NaNO_3$ – 8 % углерода

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. Мельников В.Э. Современная пиротехника / В.Э. Мельников. – М.: ППП «Типография «Наука», 2014. – 480 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА РЕАКЦИОННОЙ СМЕСИ ТЕТРАНИТРОМЕТАН-ТЕТРАЭТИЛСВИНЕЦ ПРИ НАГРЕВЕ

Овчаров И.А.*, *Ивахнюк А.Г.*, *Барбин Н.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды
e-mail: sygimota@gmail.com, crips200611@gmail.com, nmbarbin@mail.ru

THERMODYNAMIC MODELING OF COMPOSITION CHANGES REACTION MIXTURE OF TETRANITROMETHANE-TETRAETHYL LEAD WHEN HEATED

Ovcharov I.A.*, *Ivakhnyuk A.G.* *Barbin N.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Отравление окисью углерода часто является причиной смерти, уменьшения боеспособности и наступает, как правило, при воздействии на личный состав продуктов взрыва энергонасыщенных веществ. Они содержат до 40 % объёма угарного газа и присутствуют в основном в специальных гермообъёмах, при определённом сочетании компонентов смеси тетранитрометана-тетраэтилсвинца можно добиться максимального содержания окиси углерода во фронте ударной волны, тем самым увеличить летальность поражения не только фугасным или бризантным воздействием.

В работе осуществлен прогноз поведения подобной смеси энергонасыщенных веществ, используя программный комплекс TERRA, являющегося развитием программного пакета ASTRA. Информация о термодинамических, теплофизических и термохимических свойствах индивидуальных веществ подчерпнуты из базы института высоких температур РАН (ИВТАНТЕРМО).

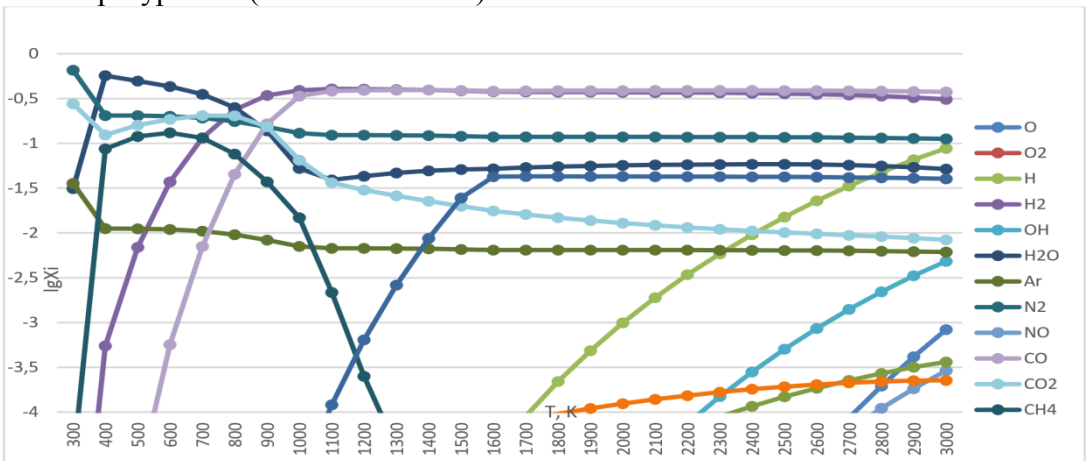


Рисунок – Состав газовой фазы CN_4O_8 + $C_8H_{20}Pb$ + Ar

На рисунке представлены результаты термодинамического моделирования нагрева смеси тетранитрометана и тетраэтилсвинца при нагреве до 3000 К

Вывод: таким образом, можно предположить, что детонация в системе $C(NO_3)_4$-$Pb(C_2H_5)_4$ приведёт к формированию ударной волны, состоящей, преимущественно, из оксида углерода.

Литература:

1. Франке К., Химия отравляющих веществ. Москва. Химия 1973. - 437 с.

2. Алексеев С.Г., Шешина Н.И., Барбин Н.М., Голубев А.Е., Ивахнюк Г.К. Моделирование квазиравновесного состава фаз в системе этиловый спирт-вода при нагревании // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) журнал. 2024. № 69 (95). С. 7-13. DOI: 10.36807/1998-9849-2024-69-95-7-13

РАЗРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Орехов Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: nikita-9112191757@inbox.ru

DEVELOPMENT OF KINETIC MODEL OF CATALYTIC REFORMING PROCESS

Orekhov N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Каталитический риформинг – сложный химический процесс, включающий ряд реакций, которые позволяют преобразовывать углеводородный состав бензиновых фракций и значительно улучшить их антидетонационные свойства, а также получить ароматические углеводороды, главным образом бензол, толуол, ксилолы и водород. Химизм процесса каталитического риформинга представлен на рисунке.

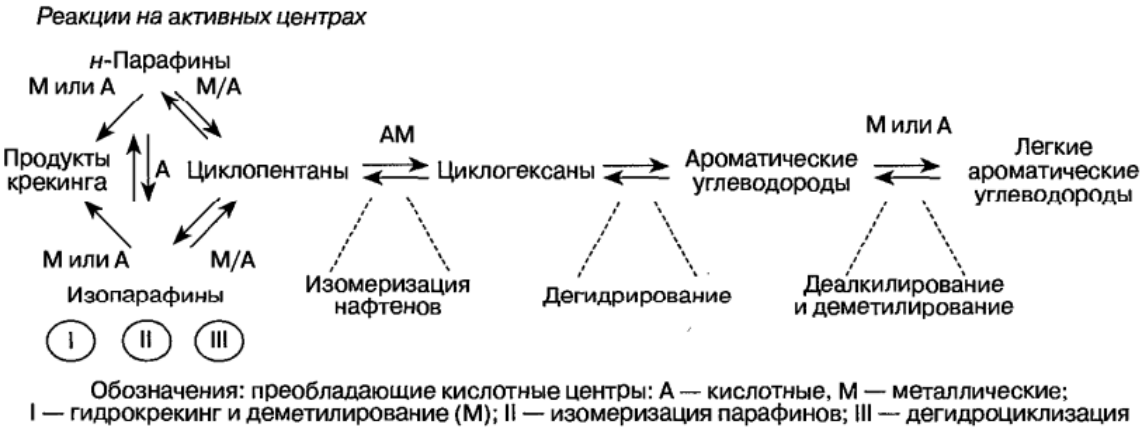


Рисунок – Химизм процесса каталитического риформинга

В целях представления данных о составе продуктовой смеси на выходе из реактора риформинга, требуется разработка адекватной кинетической модели процесса, которая будет учитывать влияние основных технологических параметров проведения процесса (температура, давление, активность катализатора и др.) на скорости химических реакций [1].

Ввиду того, что в процессе каталитического риформинга участвуют более 100 веществ в более чем 80 реакциях, разработка кинетической модели процесса становится трудоемкой. Существующие кинетические модели предсказывают данные о составе продуктовой смеси с некоторой заданной точностью.

В рамках оптимизации процесса риформинга, в программном пакете Petro-SIM, проводится разработка кинетической модели процесса, настройка и калибровка параметров модели.

Литература:

1. Р.А. Мейерс (ред.). Основные процессы нефтепереработки. Справочник: пер. с англ. 3-го изд. / [Р.А. Мейерс и др.]; под ред. О.Ф. Глаголевой, О.П. Лыкова. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 944 с, ил.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романов Е.Ю.*, *Яковлев С.М.*, *Козлов А.С.

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

e-mail: romegor1999@yandex.ru

MAIN ISSUES OF CREATION OF POLYMER-CONTAINING ENERGY-SATURATED MATERIALS

Romanov E.Y.*, *Yakovlev S.M.*, *Kozlov A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время наиболее технологичным способом изготовления энергонасыщенных материалов и изделий из них является метод заливки [1].

В последние годы появляются новые конструкции энергонасыщенных изделий, а также повышаются требования по безопасности и технологичности их заполнения. В связи с этим возникает необходимость создания энергонасыщенных материалов (ЭНМ), которые будут пригодны для заполнения изделий методом заливки, а также будут давать минимальную усадку при отверждении. Желательно, чтобы отверждение происходило без нагрева.

ЭНМ, обладающие вышеописанными свойствами, можно применять для заполнения изделий сложной формы, которые невозможно заполнить прессованием в корпус. При таком виде заполнения также отсутствует опасность повреждения корпуса, которая характерна для прессования. Таким образом, возможно применение тонких алюминиевых, алюминиево-магниевых и других изделий сложной формы.

Оптимальным решением поставленной задачи является применение в качестве литиевой основы полимеров различного назначения. Использование неактивных полимеров снижает энергетические характеристики ЭНМ, поэтому наиболее перспективным является выбор активных полимеров для создания новых ЭНМ.

Процесс выбора активных полимеров осложняется тем, что они, как и другие компоненты ЭНМ должны удовлетворять следующим условиям: наличие отечественной сырьевой базы, относительно низкая стоимость, простота в химическом синтезе и при переработке.

Наиболее доступными в России сейчас являются полиглицидилазиды и различные активные полиэтиленобразные полимеры [2, 3].

В результате проделанной работы выбрано направление дальнейших исследований в области создания современных полимерсодержащих энергонасыщенных материалов.

Литература:

1. Савонин, С.В. Формирование изделий методом заливки: учебное пособие / С.В. Савонин, Т.В. Украинцева, Г.Г. Савенков. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2021. - 72 с.

2. Патент № 367708 СССР, МПК C08L 23/28 (2006.01). Отверждаемая полимерная композиция на основе хлорированного полиэтилена: № 1451433: заявлено 18.06.1970: опубл. 30.06.1978 / Лозовик Г.Я., Карякина М.И., Мокрова Н.А. [и др.] – 3 с.

3. Патент № 2075984 Российская Федерация, МПК A62D 1/00 (2006.01). Аэрозолеобразующий огнетушащий состав: № 94019392/26: заявлено 26.05.1994: опубл. 27.03.1997 / Карташов Ю.И., Захаренко В.Г., Григорьев Г.А. [и др.] – 6 с.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭНЕРГОЕМКИХ КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАСТИФИКАТОРА 1,2-ОКТАНДИОЛДИНИТРАТА

Светунькова А.М.

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

e-mail: asvetunkova@inbox.ru

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ENERGY-INTENSIVE COMPOSITIONS USING A PROMISING PLASTICIZER 1,2-OCTANEDIOL DINITRATE

Svetunkova A.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Повышение энергетических характеристик связующего в твердом ракетном топливе является актуальной задачей. Физико-механические характеристики, такие как прочность и эластичность, являются определяющими при выборе варианта снаряжения двигательных установок (прочноскрепленные и вкладные). Таким образом, разработка активных связующих с улучшенными физико-механическими свойствами представляет высокий научный интерес. В качестве перспективного активного пластификатора нами был синтезирован ОГДН – 1,2-октиленгликольдинитрат (1,2-октандиолдинитрат), термодинамически совместимый с различными марками неполярных каучуков (рисунок).

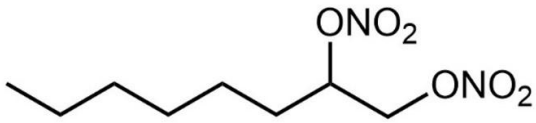


Рисунок – Структура 1,2-октиленгликольдинитрата

Нами была использована одна из популярных связующих систем – СКД-КТР + ЭД-20 + ZnO + пластификатор. Выяснено, что ОГДН обладает пластифицирующей способностью схожей с диоктилсебацинатом (ДОС). Также установлено, что ОГДН по сравнению с ДОС значительно снижает вязкость композиции при перемешивании и обладает более высокой растекаемостью. Отверждение композиции проводили в течение 1 - 5 суток при температуре 60-85 °С Скорость отверждения отслеживали по изменению прочности и эластичности в разные промежутки времени. Доля связующего составляла от 12 до 20 %, а доля наполнителя от 80 до 88 %. Пример значений прочности и эластичности после 72 часов отверждения приведен в таблице.

Таблица – Прочность и эластичность композиции (72 ч, 85 °С)

Название пластификатора	Прочность при растяжении композиции МПа	Эластичность, %
Без пластификатора	0,14	10
ДОС	0,18	11,1
ОГДН	0,17	12,8

Таким образом, ОГДН может быть рекомендован в качестве активного пластификатора для неполярных систем на основе каучуков.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ПО ДАННЫМ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Соловьянова Я.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: solovyanova.02@mail.ru

DEVELOPMENT OF F METHODOLOGY FOR A SOFTWARE PACKAGE FOR CALCULATING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MOTOR FUELS BASED ON CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS DATA

Solovyanova Ya.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время нефтеперерабатывающие заводы выпускают бензины, которые отвечают стандартам Евро-5. Для определения наилучших параметров процессов используются специальные компьютерные программы, которые создают модели химико-технологических систем. Это особенно важно в случаях, когда происходят изменения в качестве сырья.

Особенно ценен анализ, позволяющий определить не только углеводородный состав, но и такие параметры, как октановое число. Это связано с тем, что для газохроматографического анализа нужно на порядок меньше по объему пробы и времени, чем для стандартного определения октановых чисел.

Целью проведенных исследований являлся анализ методик расчета детонационных характеристик моторных топлив по данным хроматографического анализа, разработка программного комплекса расчета свойств. Для достижения поставленной цели были составлены математические модели расчета характеристик по каждой из методик, проведена оценка их применимости. Также проведены исследования в направлении разработки регрессионных моделей расчета на основе данных хроматограмм действующего НПЗ.

Для составления моделей были использованы четыре газо-жидкостные хроматограммы. Три из них взяты из лаборатории СПбГТИ(ТУ), в которых представлен 151 компонент, и хроматограммы из лаборатории предприятия ООО «КИНЕФ» за 2021-2023 годы. Исследовались 6 методик: расчет октановых чисел сравнением с эталонами; с учетом межмолекулярных взаимодействий; по октановым числам смешения [1]; с учетом корреляции октановых индексов [2]; с учетом взаимодействия с воздухом; по углеводородному составу и регрессионный метод [3].

В результате показано, что методика расчета с использованием октанового числа смешения является наиболее универсальной (отклонение 0,9 пункта). Методика расчета с учетом индексов также применима (отклонение в 1 пункт), но данная методика чувствительна к содержанию компонентов и подходит не для всех исследований. Регрессионная модель лучше всего подходит для расчетов (отклонение 0,2 пункта), но она подходит только для продуктов с похожим содержанием углеводородных групп.

Литература:

1. Патент РФ №2022124501, 11.05.2023. Способ определения октановых чисел многокомпонентных углеводородных смесей // Патент Росии №2795820C1.2000. / Долматов М.Ю., Коледин О.С.

2. Дементьева, А.А. Исследование и расчет эксплуатационных свойств моторных топлив [Текст]: Бакалаврская работа / А.А. Дементьева. – Томск, 2018. – 127 с. – Библиогр. в конце частей.

3. Нейросетевые модели химических углеводородных систем [Текст] / Замятин Н.В. [и д.р.] // Технические науки. – 2007. Т.16. №2. – с. 93-99.

НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ СЛОЖНЫХ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

***Юрикова Д.В.*, Стельмахова А.С., Козлов А.С.**

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

e-mail: barmashova.darya@yandex.ru

UNRESOLVED ISSUES OF CREATING COMPLEX HIGHLY FILLED POLYDISPERSE SYSTEMS BASED ON ENERGY-SATURATED COMPOUNDS

***Yurikova D.V.*, Stelmakhova A.S., Kozlov A.S.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проведение исследований в области создания высоконаполненных систем на основе энергонасыщенных соединений является достаточно важной и актуальной задачей. Наибольший интерес представляют системы, обладающие уникальными структурно-механическими свойствами с возможностью изготовления из них изделий любой формы (листы, пленки, ленты, диски, профилированные шнуры, трубки, шары, компактные изделия сложной конфигурации) с требуемыми физико-механическими характеристиками [1].

В настоящее время известен ряд разработок, основой которых являются штатные энергонасыщенные вещества, однако в последние годы все больший интерес представляет разработка композиций на основе энергонасыщенных соединений, обладающих низкой чувствительностью к различным внешним воздействиям, а также безопасностью в обращении и применении [2].

Для разработки полидисперсных систем с низкой чувствительностью к различным воздействиям на основе энергонасыщенных соединений необходимо решить следующие вопросы:

- провести анализ патентной документации и научно-технической литературы;
- выбрать возможные компоненты для создания модельных составов;
- провести анализ термодинамической совместимости компонентов;
- провести исследование характеристик модельных составов, а также оценить их химическую стойкость.

Анализ научно-технической литературы показал, что существует ряд энергонасыщенных соединений, производство которых налажено в России, на основе которых возможно создание систем с низкой чувствительностью к различным воздействиям [2]. Изучены физико-химические свойства полимерных материалов, а также дана предварительная оценка их термодинамической совместимости с энергонасыщенными соединениями.

Показана принципиальная возможность создания полидисперсных систем на основе энергонасыщенных соединений, обладающих низкой чувствительностью к различным воздействиям.

Литература:

1. 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.

2. Малочувствительные взрывчатые вещества: учебн. Пособие / В.Ф. Жилин, В.Л. Збарский, Н.В. Юдин. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – 160 с.

СЕКЦИЯ 6.

ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, ОСНОВНОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ



ПОЛУЧЕНИЕ ГЕКСЕНА-1 ПО РЕАКЦИИ ЭПОКСИДИРОВАНИЯ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИИ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА TS-1

Агаркова М.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической биотехнологии

e-mail: maria_agarkova2003@mail.ru

PRODUCTION OF HEXENE-1 BY THE REACTION OF EPOXIDATION WITH HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF A HETEROGENEOUS TS-1 CATALYST

Agarkova M.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эпоксиды - насыщенные трёхчленные гетероциклы, которые включают один атом кислорода в своем цикле, представляют собой циклические простые эфиры, благодаря напряженности трёхчленного цикла они демонстрируют высокую реакционную способность в нуклеофильном замещении (рисунок 1).

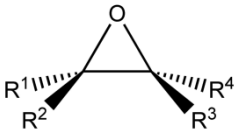


Рисунок 1 – Общая формула эпоксида

Свойства и характеристики эпоксидов определяют их широкий спектр применения в промышленности, они преимущественно используются как промежуточные соединения для производства ПАВов, каучуков, резин, пластмасс, лакокрасочных покрытий и эмульгаторов. Присоединение молекулы эпоксидов является одним из ключевых этапов наращивания функциональности углеводородов и других соединений, например аминов, часто с отличным контролем над селективностью (рисунок 2).

Эпоксиды могут быть получены следующими способами: прямое каталитическое окисления молекулярным кислородом, окисление надпероксидами по реакции Прилежаева.

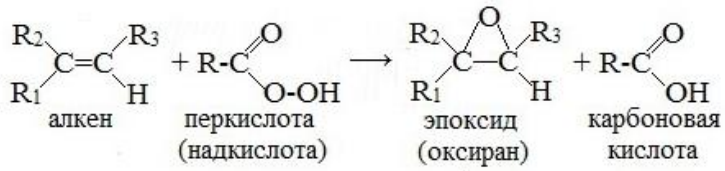


Рисунок 2 – Реакция Прилежаева

В настоящее время одним из перспективных методов получения является процесс эпоксидирования олефинов пероксидом водорода на титан-силикатном катализаторе TS-1 и следовательно изучение механизма и кинетических закономерностей представляют собой актуальную задачу.

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ТЕРМОЛИЗА ПЛАСТМАСС

Мик И.И., Бережной А.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра энерго- и ресурсосберегающих технологий

e-mail: mikskreg11@gmail.com, alexberezhnoy.02@yandex.ru

THE EFFECT OF CATALYSTS ON THE PHASE COMPOSITION OF PRODUCTS IN THE PROCESS OF CATALYTIC THERMOLYSIS OF PLASTICS

Mik I.I., Berezhnoy A.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире большое место в жизни человека занимает экология. На различных производствах, в том числе химических, стараются снизить выбросы вредных газов, а также максимально обезопасить собственных сотрудников. То же самое можно сказать и про отходы. Одним из самых вредных видов мусора является пластик. Активно ведутся поиски по способу его переработки. Одним из таких является каталитический термолиз.

Целью данной работы является исследование изменения фазового состава продуктов в зависимости от катализатора.

Наиболее востребованным катализатором данного процесса является цеолиты (HZSM-5, HMOR, HUSY) благодаря их хорошей селективности и высокой каталитической активности. Однако стоимость цеолитов высока. Поэтому в качестве альтернативы используют глинозем FCC. В таблице представлено влияние типа катализатора на выход различных фаз продуктов [1].

Таблица – Влияние типа катализатора на выход жидких продуктов

Катализатор	Температура процесса, °C	Выход продукта, %		
		Газ	Жидкость	Твердое
HZSM-5	360	94,77	2,31	1,25
HUSY	360	89,49	3,75	3,44
HMOR	360	88,29	4,54	3,21
FCC	400	13,00	87,00	0

Таким образом, цеолиты повышают выход газовых продуктов, а глинозем жидких.

Литература:

1. Chasioti, A.; Zabaniotou, A.An Industrial Perspective for Sustainable Polypropylene Plastic Waste Management via Catalytic Pyrolysis - A Technical Report., 2024. – 16 с.

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ

Беспалов М.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: maks.bespalov.200159@gmail.com

METHODS FOR THE PRODUCTION OF PROPYLENE GLYCOLS

Bespalov M.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Пропиленгликоль – является важным многоцелевым химическим веществом, имеет широкий спектр применения в различных отраслях промышленности и бытовой сфере. Впервые пропиленгликоль был получен Вюрцем Ш. А. в 1859 году, гидролизом пропиленгликольдиацетата, синтезированного из дибропропана при взаимодействии с ацетатом серебра. Позднее были разработаны и другие методы синтеза.

Одним из методов получения пропиленгликоля является непосредственное окисление пропилена перекисью водорода при температуре 60 °С, выход пропиленгликоля составляет 68 %:

$$CH_2\text{-}CHCH_3 + H_2O_2 \longrightarrow CH_2OHCHOHCH_3$$

Также пропиленгликоль предложено получать из пропилена через пропиленгликольацетат. Этот метод можно считать более перспективным, поскольку селективность в данном случае достигает 95%:

$$CH_3CH = CH_2 + 0{,}5O_2 + CH_3COOH \longrightarrow$$
$$\longrightarrow CH_3CHOHCH_2OCOCH_3 \longrightarrow CH_3CHOHCH_2OH + CH_3COOH$$

В промышленных условиях пропиленгликоль получают термической (некаталитической) гидратацией окиси пропилена при температуре от 160 до 200 °С и при давлении около 1,6 МПа. Мольное отношение воды и окиси пропилена в смеси, поступающей на гидратацию, составляет около 15:1. При этих условиях получается в виде товарных продуктов 85,5 % пропиленгликоля, 13 % дипропиленгликоля и 1,5 % трипропиленгликоля [1].

В настоящее время в лаборатории собрана экспериментальная установка для проведения синтеза пропиленгликоля методом термической гидратации окиси пропилена. Исследования направлены на подбор оптимальных параметров системы (температура, давления), для достижения более высокого выхода продукта.

Литература:

1. Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М. / Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена // Под общей ред. О.Н. Дымент. М. «Химия», 1976. С. 102-103.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ В КАЧЕСТВЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ КОКСОВАНИЯ

Бессонов В.В., Левицкий И.В., Дронов С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: vladbessonov99@gmail.com

THE USE OF DE-ASPHALTING AS A PROCESS FOR THE PREPARATION OF COKING RAW MATERIALS

Bessonov V.V., Levitskiy I.V., Dronov S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проблема глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков, таких как гудрон, является актуальной задачей отечественной нефтепереработки. Одним из эффективных методов переработки гудрона является замедленное коксование, которое позволяет получать нефтяной кокс, необходимый для производства анодов для выплавки алюминия. Однако, кокс, получаемый из гудрона, отличается высокими содержанием серы (до 1,5 %) и зольностью (до 1,5 %) [1], а также низким баллом микроструктуры [2]. Большее количество зольных элементов и соединений серы гудроне концентрируются в асфальтенах. Целью данной работы является оценка применимости процесса удаления асфальтенов в качестве подготовки сырья коксования.

В качестве исходного сырья использовался гудрон АВТ-10. В качестве экстрагента процесса деасфальтизации использовался гептан в соотношении гудрон-экстрагент 1:10. Условия деасфальтизации: температура – 100 °С, время – 2 часа, барботажное перемешивание инертным газом (азот).

Выход деасфальтизата гудрона составил 92 % масс. Полученный деасфальтизат был подвергнут замедленному коксованию при следующих условиях: температура - 480±2°, давление - 0,4 МПа и время выдержки - 5 часов. Выбранное давление соответствует давлению промышленной УЗК.

Результаты исследования, представленные в таблице, указывают на увеличение качества кокса, получаемого из деасфальтизируемого сырья.

Таблица – Результаты экспериментов

Выход кокса, %	30,9	25,7
Балл микроструктуры	3,5	3,9
Содержание летучих веществ, %	10,3	12,6
Зольность, %	0,31	0,04

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21- 79-30029) и при стипендиальной поддержке Почетного профессора Санкт-Петербургского государственного технологического института А. Н. Чистякова.

Литература:

1. Хайрудинов И.Р., Тихонов А.А., Мустафина С.А., Теляшев Э.Г. Пути увеличения производства малосернистого кокса из остатков западно-сибирских нефтей на примере ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ» // Башкирский химический журнал. – 2009. – Т. 16. – № 4. – С. 139–144.

2. Багирова Н.Е., Сизов Е.В. и др. Коксование гудронов с различным составом и свойствами // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 12 (3). – С. 657–661.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ НА СВОЙСТВА Co, Mo-КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Головин Г.Д.*, *Сладковский Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: gleb.golovin.02@mail.ru

THE EFFECT OF THE CONTENT OF ACTIVE METALS ON THE PROPERTIES OF Co, Mo-CATALYSTS FOR HYDROTREATING DIESEL FUEL

Golovin G.D.*, *Sladkovskii D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Повышение полноты облагораживания дизельного топлива (ДТ) до допустимых уровней содержания серы обеспечиваются постоянным изучением и разработкой новых катализаторов [1]. Образцы Co, Mo-катализаторов с различным содержанием активных компонентов испытывали в процессе гидроочистки смесевого ДТ на установке проточного типа. В таблице представлены характеристики исследуемых катализаторов.

Таблица – Характеристики исследуемых катализаторов

Катализатор	Насыпная плотность, г/см^3	$V_{пор}$, см^3/г	S_{BET}, м^2/г	P_O, кгс/см^2	Содержание, % масс.		
					CoO	MoO_3	CoO+MoO_3
02-К-ДТ	0,97	0,248	95	297	3,5	14,2	17,7
03-К-ДТ	0,97	0,251	112	252	3,4	14,0	17,3
04-К-ДТ	0,98	0,327	139	198	3,2	13,1	16,3
05-К-ДТ	0,91	0,327	160	170	3,0	12,4	15,4

В начале эксперимента предполагалась прямая корреляция между активностью катализаторов и содержанием оксидов Co и Mo на их поверхности, но наибольшую активность наблюдалась у образца 03-К-ДТ.

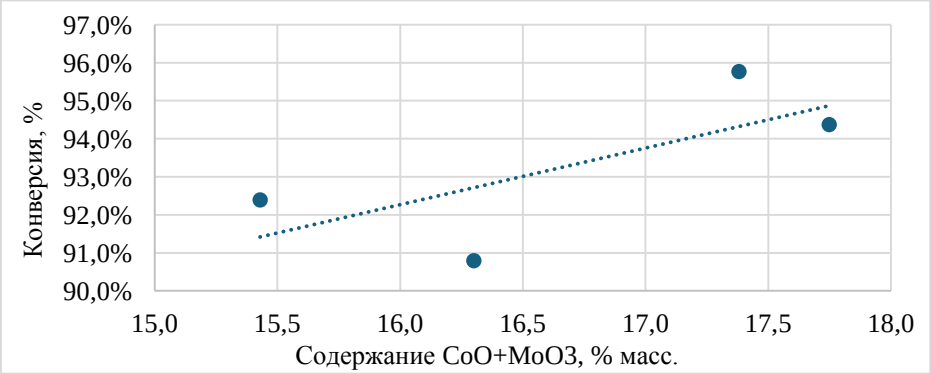


Рисунок – Влияние содержания активных компонентов на среднюю конверсию в диапазоне температуре 320–380 ºС при объемной скорости подачи сырья 2

В результате наблюдается не прямая корреляция активности с содержанием оксидов Co и Mo, представленная на рисунке. Это может быть связано с влиянием структурных характеристик образцов. Так образец 03-К-ДТ, с меньшим содержанием CoO и MoO_3 и большей поверхностью, оказался активнее образца 02-К-ДТ.

Литература:

1. Пимерзин, А.А. Катализаторы гидроочистки углеводородного сырья: состав, строение и способы синтеза: Научно-образовательный курс / А.А. Пимерзин, А.В. Можаев, П.А. Никульшин. – Самара, СамГТУ, 2014. – 35 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 TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE EFFICIENCY OF THE RELATED COKING PROCESS TO OBTAIN HIGH-QUALITY NEEDLE COKE

Doroshenko K.S., Gourko N.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Игольчатый кокс, высокоупорядоченный углеродный материал, является основным сырьем для производства графитовых электродов в металлургии. Он обладает высокой термостойкостью и текстурированностью, что снижает расход электродов на тонну стали. На данный момент нет равноценной замены этому виду кокса.

Для исследования влияния условий коксования на качество конечного продукта был разработан лабораторный стенд, включающий камеру коксования, печь, горячий и холодный сепараторы, регулятор давления системы (РДС) и баллон инертного газа.

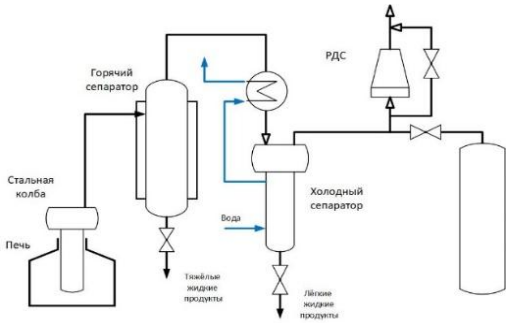


Рисунок – Схема установки коксования

На стенде исследовано влияние режимных параметров, состава и качества сырья на процесс коксования. Изучены образцы гудрона, остатка деасфальтизации и их смеси с тяжёлым газойлем каталитического крекинга. Полученные данные позволяют провести сравнительный анализ и оценить вариативность смесевого сырья.

Количественный элементный состав кокса и конденсата анализировался с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра «Shimadzu EDX – 8000». Оценка микроструктуры кокса проводилась по ГОСТ 26132-84 методом сопоставления электронно-микроскопических изображений с контрольными шкалами.

В ходе исследований были получены результаты, представленные в таблице.

Таблица – Сравнение серий опытов

Сырьё	Гудрон	Остаток деасфальтизации	Смешанное сырьё
S в коксе, % масс.	1,29	1,47	0,54
Выход по коксу %	27,6	33,7	21,6
Балльность кокса	2,1 балла	3,5 балла	4,2 балла

Исследования показали, что остаток деасфальтизации обладает высоким выходом твердого продукта благодаря высокому содержанию асфальто-смолистых веществ. Кокс высокой балльности получен из смешанного сырья с низким содержанием серы (0,418 % масс.). Большая часть серы остается в коксе. В настоящее время продолжаются исследования по модификации сырья для коксования с целью повышения балльности 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

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ МЕТАНОЛА

Евстигнеева Е.С.*, *Смирнова Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: evstigneeva_es@mail.ru, smirnova_d_a@technolog.edu.ru

INFLUENCE OF ALLOYING METAL ADDITIVES ON THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF PRODUCING AROMATIC HYDROCARBONS FROM METHANOL

Evstigneeva E.S., Smirnova D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ароматические углеводороды представляют собой ключевые компоненты в нефтехимической промышленности, играя важную роль в массовом производстве. На данный момент их синтезируют в основном при помощи процесса каталитического риформинга.

Альтернативой нефти в качестве сырья для производства ароматических компонентов может служить метанол, который может быть произведен из возобновляемых источников, что снижает зависимость от ископаемых ресурсов и уменьшает углеродный след. Таким образом, процесс Methanol to aromatics (MTA), можно рассматривать как способ, более выгодный как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Процесс производства ароматических углеводородов из метанола (MTA) – 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.

В процессе MTA в качестве катализатора используют контакт на основе ZSM-5 — это тип цеолита, который широко используется в химической промышленности, он является важным компонентом для обеспечения высокой селективности и стабильности процесса. Уникальные свойства и потенциал для дальнейшего развития делают этот катализатор перспективным инструментом в промышленном производстве ароматических углеводородов.

Использование катализаторов с легирующими металлическими добавками, такими как цинк и медь, могут значительно повлиять на эффективность этого процесса. Добавление меди может способствовать более эффективной активации метанола и ускорению его превращения в ароматические соединения. Медь играет важную роль в улучшении реакционной способности и повышении выхода целевых продуктов. Цинк, в свою очередь, может влиять на выборочность к определённым ароматическим соединениям. Например, увеличение содержания цинка может привести к повышению селективности к товарным ароматическим углеводородам, что делает процесс более экономически выгодным. Легирующие металлы могут вызывать структурные изменения в ZSM-5, что также влияет на размер пор и распределение активных центров, играющих ключевую роль в конверсии метанола [1].

В целом, добавление легирующих элементов, таких как цинк и медь, имеет значительное влияние на процесс конверсии метанола в ароматические углеводороды, улучшая как активность катализаторов, так и селективность к целевым продуктам. Оптимизация концентрации металлических добавок и условий реакции может значительно повысить эффективность процесса.

Литература:

1. Xu C. Effect of metal on the methanol to aromatics conversion over modified ZSM-5 in the presence of carbon dioxide //RSC advances. – 2017. – Т. 7. – №. 18. – С. 10729-10736.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕРМОЛИЗА ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Загребаев И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: zagrebaev.igor4453@gmail.com

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE THERMOLYSIS OF PLASTIC WASTE

Zagrebaev I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На данный момент проблема переработки пластиковых отходов очень актуальна, так как каждый год в мире производится всё больше пластика, а методы производства, наиболее распространённые в мире, не обеспечивают малого экологического следа.

Термолиз пластиковых отходов является одной из перспективных технологий переработки. Процесс заключается в разложении органических материалов при высоких температурах в отсутствии кислорода. Для переработки термолизом подходят все полимеры, используемые в быту: PE, LDPE, HDPE, PP, PVC, PET, полиуретаны.

Основные зарубежные компании, занимающиеся переработкой пластиков методом термолиза, представлены в таблице. В России в последние годы были зарегистрированы патенты, описывающие новые установки [1]. Установки российского производства представляют собой печи со шнековым механизмом, для обеспечения её непрерывной работы (таблица).

Таблица – Проекты, занимающиеся термолизом пластиков

Проект	Год запуска	Мощность, тыс. т/год	Страна
Brightmark energies	2020	100	США
Plastic Energy (Sabic)	2022	20	Нидерланды
Plasticenergy (Exxonmobil)	2023	33	Франция

В рамках проводимых исследований на лабораторном стенде (блок схема представлена на рисунке), основное оборудование которого: реактор термолиза, предназначенный для работы при температурах до 500 °С, колонна разделения продуктов, проводится изучение влияния режимных параметров на выход продуктов, анализ возможности повышения эффективности проводимых процессов. Анализ полученных продуктов будет производиться на спектрометре «Shimadzu EDX-8000».

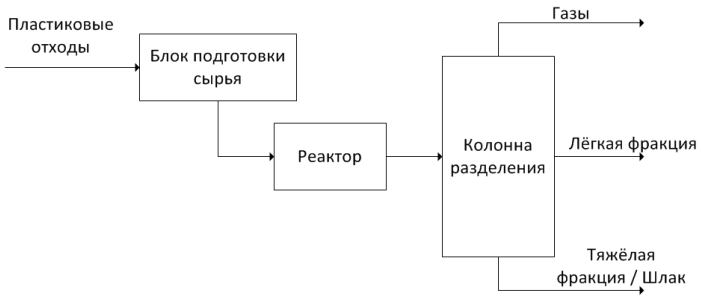


Рисунок – Блок-схема лабораторной установки термолиза

После определения оптимальных параметров будет проведено масштабирование полученных результатов на промышленные установки.

Литература:

1. Патент № 2721695 C1 Российская Федерация, МПК C10B 47/30. Способ переработки органического сырья с получением синтетического топливного газа в установке высокотемпературного абляционного пиролиза гравитационного типа: № 2020105044 : заявл. 04.02.2020 : опубл. 21.05.2020 / Ю.Ф. Юрченко.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ ОЛОВА НА ГИДРИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ТЯЖЕЛОГО ГАЗОЙЛЯ

Косенкова А.А.*, *Семикин К.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий.

e-mail: kosenkova1123@mail.ru; kirse@mail.ru

THE EFFECT OF TIN ADDITION ON THE HYDROGENATING ABILITY OF HEAVY GAS OIL HYDROTREATING CATALYSTS

Kosenkova A.A.*, *Semikin K.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для получения высокоанизатропного игольчатого кокса в качестве сырья предпочтительно использовать тяжелые газойли. Важным условием получения качественного игольчатого кокса является низкое содержание серы в сырье (до 0,5 %), поэтому необходимо проведение предварительной гидроочистки сырья коксования.

Для гидроочистки тяжелого газойля используют алюмокобальтмолибденовый (АКМ) катализатор. По сравнению с алюмоникельмолибденовым (АНМ) катализатором, АКМ более активен в удалении серы и менее активен в процессе гидрирования ароматических углеводородов, содержание которых в сырье должно быть 60-85 %. Реакции процесса гидроочистки приведены на рисунке. При этом, согласно приведенным реакциям, необходимо снизить активность реакции гидрирования ароматических соединений.

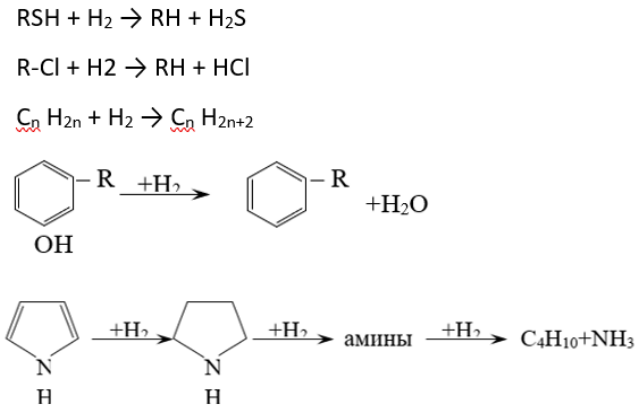


Рисунок – Химизм процесса гидроочистки

Были проведены исследования по влиянию добавления солей олова в катализаторы Co-Mo/Al_2O_3 в количестве 3-5% [1]. Добавление олова в АКМ катализатор увеличит процентное содержание ароматических УВ на 35 %. Также за счет снижения активности в реакциях гидрирования ароматических соединений и олефинов уменьшится потребление водорода в процессе гидроочистки ароматических углеводородов на 20-30 %.

Были изготовлены образцы АКМ катализатора с добавлением $SnCl_2$ методом пропитки. В качестве прекурсоров Mo и Co были использованы $Na_2MoO_4*zH_2O$ и $Co(NO_3)_2$ соответственно.

Литература:

1. Patent № 4039477. USA. Catalysts for the hydrotreatment of hydrocarbons and their utilization. [Text] / Philippe Engelhard., Georges Szabo., Joseph E. Weisang - US4227993A; filing 06.03.1979; pub. 14.10.1980.

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ПИПЕРАЗИНА

Леонтьева М.Е., Демидов П.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: mevgenevna@bk.ru

CORROSION INHIBITORS BASED ON CARBOXYLIC ACIDS ANDBY-PRODUCTS OF PIPERAZINE PRODUCTION

Leont'yeva M.E., Demidov P.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

N-(2-гидроксиэтил)пиперазин (ГЭП) является важным интермедиатом в промышленности органического синтеза. В настоящее время наиболее предпочтительным способом его получения является оксиэтилирование, несмотря на технологические трудности при проведении этого процесса в промышленном масштабе, связанные с отгонкой избытка пиперазина, поскольку отличается высокой селективностью по целевому продукту.

В процессе оксиэтилирования помимо целевой реакции протекают побочные, в результате которых образуются N,N’-бис(2-гидроксиэтил)пиперазин (БГЭП) и незначительное количество продуктов более глубокого оксиэтилирования. БГЭП, составляющий основную массу побочных продуктов, может найти применение в качестве реагента, ингибирующего коррозию, так как большинство ингибиторов, используемых в настоящее время в нефтяной промышленности, представляют собой органические продукты на основе азотсодержащих соединений.

Авторы провели работу по изучению защитных свойств ряда индивидуальных соединений на основе карбоновых кислот и оксиалкильных производных пиперазина (ОАПП). Структуры синтезированных соединений подтверждены методами ИК и ЯМР спектроскопии, оценка эффективности ингибирующих свойств осуществлялась в условиях сероводородной коррозии и коррозии солеотложения.

В ходе настоящей работы установлено, что:

– с увеличением длины цепи кислотного остатка возрастает защитный эффект;

– защитный эффект продукта на основе олеиновой кислоты выше, чем у аналогичных соединений на предельной стеариновой и смоляной абиетиновой кислот;

– наибольшая эффективность наблюдается у моноэфира БГЭП и далее снижается в ряду диэфир – амид – амидоэфир;

– с увеличением длины цепи от двух до четырех атомов углерода в оксиалкильной группе происходит значительное снижение защитного эффекта для одного и того же класса соединений;

Также проведены лабораторные испытания ряда образцов ингибитора коррозии на основе смеси ОАПП, моделирующей смесевую композицию побочных продуктов производства ГЭП (состав ГЭП 15-20%, БГЭП 80-85%).

Согласно полученным данным для проявления высокого защитного эффекта образцов на основе дистиллированного таллового масла конверсия кислот должна быть не ниже 98%. Установлено, что максимальный защитный эффект наблюдается при наибольшем выходе моноэфиров и достигается при молярном отношении таллового масла к аминоспирту $\beta = 0,5$; оптимальная рабочая концентрация наиболее эффективного образца ингибитора в условиях защиты от сероводородной коррозии составляет 200 мг/л.

ПОЛУЧЕНИЕ ВИНИЛ-Н-БУТИЛОВОГО ЭФИРА

Медведкин Д.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: medvedkin.dd@mail.ru

PRODUCTION OF VINYL-N-BUTYL ESTERS

Medvedkin D.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время актуален вопрос получения винил-н-бутилового эфира (ВБЭ), используемого в различных областях, включая синтез полимеров, смазок, масел и красок. Традиционно используемым сырьём для производства является ацетилен с жидким бутиловым спиртом в присутствии гидроксида калия, исторически процесс проводится в барботажной колонне. Недостатками барботажного реактора являются низкий выход эфира, повышенный расходный коэффициент по бутанолу и щёлочи, малый срок службы катализатора и повышенные энергетические затраты.

Перспективным является получение ВБЭ в непрерывном совмещенном реакционно-ректификационном процессе (НСРР). Способ представляет собой винилирование бутанола в присутствии калиевой щелочи в качестве катализатора, при температуре 135-160 °С и давлении на входе ацетилена 1,4-1,5 атм. Процесс ведут в непрерывном совмещенном реакционно-ректификационном режиме при противоточном контактировании ацетилена и бутанольного раствора с содержанием калиевой щелочи 0,2-2,0 мас.%, с подачей ацетилена в нижнюю часть реактора, а бутанольного раствора противотоком в верхнее сечение реактора.

Были проведены исследования по использованию непрерывно совмещенного реакционно-ректификационного процесса [1]. Результаты, приведенные в источниках, показывают, что способ позволяет увеличить выход эфира до 85 %, увеличить срок службы катализатора и упростить процесс за счет снижения расходных норм исходных веществ и количества катализаторного раствора на регенерацию.

В связи с вызовами в рамках импортозамещения и высокой потребностью в ВБЭ дальнейшие исследования в области разработки промышленной установки являются особо актуальными.

Литература:

1. Патент № 2182899 Российская Федерация, МПК C07C 41/08, C07C 43/16. Способ получения винил-н-бутилового эфира. № 2001102530: заявл. 2001.01.30: опубл. 2002.05.27 / Бабакова О.К., Писаренко Ю.А., Серафимов Л.А., Тимофеев В.С. - 7 с.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЕНЕТРАЦИИ СМАЗОК ОТ НАГРУЗКИ

Мельничук Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: lesovik.zvjezdochka@gmail.com

DEPENDENCE OF LUBRICANT PENETRATION ON LOAD

Melnichuk N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Качество смазки определяется по большому количеству показателей. Один из них - ее консистенция. Для обозначения густоты и консистенции используется отдельное научное понятие. Пенетрация смазок — это важный показатель, который определяет консистенцию и текучесть пластичных смазок. Этот параметр измеряется глубиной погружения стандартного конуса в смазку при определенных условиях (обычно при температуре 25 °C и времени погружения 5 секунд) и выражается в 0,1 миллиметрах; Данный метод регламентирован стандартами DIN ISO 2137 [1].

Пенетрация смазки непременно будет зависеть от:

- показателя вязкости базового масла (дисперсионной среды);
- процентной составляющей загустителя.

Влияние нагрузки на пенетрацию проверил на смазке на минеральном масле и литиевом загустителе по ГОСТ 5346-78 [2].

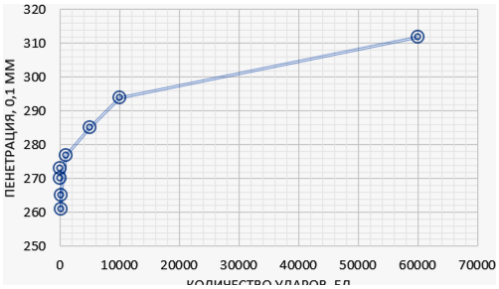


Рисунок – Зависимость показателя пенетрации от приложенной нагрузки

Как видно из рисунка при увеличении нагрузки на смазку, она может переходить из твердого состояния в текучее. Это связано с тем, что при превышении предела прочности смазки, ее структура начинает разрушаться, что приводит к изменению реологических свойств. Пенетрация является индикатором реологических свойств смазки. При высоких нагрузках вязкость базового масла и процент загустителя играют ключевую роль в изменении этих свойств. Чем выше нагрузка, тем больше вероятность, что смазка будет демонстрировать более высокие значения пенетрации. Это означает, что под действием силы конус будет погружаться глубже, указывая на более мягкую консистенцию. В зависимости от того, какой тип загустителя использован для производства конкретной смазки, будет зависеть вязкость конечного продукта. Менее подвержены внешним влияниям те смазочные материалы, которые были подготовлены с использованием нескольких загустителей.

Литература:

1. ГОСТ ISO 2137-2013. Нефтепродукты. Смазки пластичные и петролатум. Определение пенетрации конусом. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва : Стандартинформ, 2014.- 23 с.

2. ГОСТ 5346-78. Смазки пластичные. Метод определение пенетрации пенетрометром с конусом: стандарт Совета Министров СССР : издание официальное : взамен ГОСТ 5346-50: дата введение 01.01.79 / Госстандарта СССР, 1991 . – 9 с.

УСТАНОВКА 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

SMALL-TONNAGE METHANOL PRODUCTION PLANT

Melshina E.M.*, *Osipenko U.Y.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Установки малотоннажного производства метанола являются актуальным направлением моделирования в области газодобывающей промышленности. Наиболее актуальна разработка малотоннажных установок производства метанола для удаленных районов РФ, куда экономически невыгодно и экологически небезопасно привозить метанол из средней полосы России. Для решения данной проблемы предлагается разработка малотоннажных установок производства метанола, построенных непосредственно на газовых месторождениях. Одним из возможных вариантов такой установки является модель с тремя последовательно-расположенными однополочными реакторами синтеза метанола, созданная на основе патента Ю.В. Загашвили [1]. На рисунке приведена модель данной установки, разработанная в среде Aspen HYSYS.

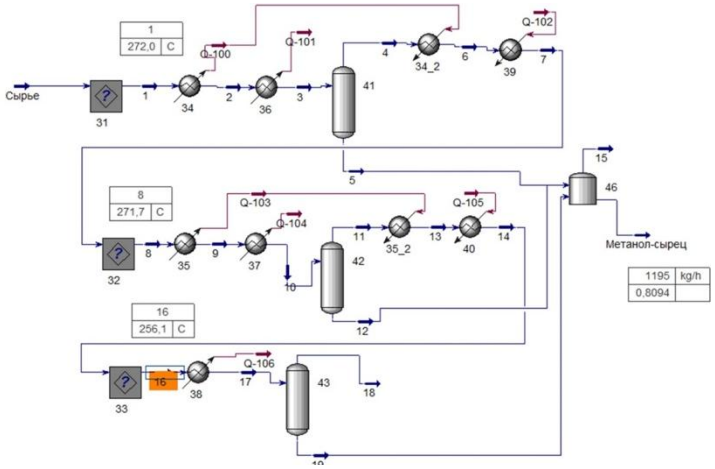


Рисунок – Схема малотоннажной установки синтеза метанола

В качестве сырья предполагается использование природного газа, добываемого на месторождении, предварительно обработанного горячим водяным паром для получения синтез-газа.

Установка работает при следующих параметрах: расход сырья – 4739 кг/ч, давление – 8600 кПа, температура на входе в 1 реактор – 205 °С, температура на входе во 2 реактор – 220 °С, температура на входе в 3 реактор – 236 °С.

При выбранных параметрах выход метанол-сырца составил 947 кг/ч, массовая доля метанола в метанол-сырце – 0,8094. Окупаемость установки составляет 25 месяцев или 2,1 года при капитальных инвестициях 109,33 млн. руб., расчет проводился без учета стоимости катализатора

Литература:

1. Загашвили Ю.В. Малотоннажная установка получения метанола/ Загашвили Ю.В., Ефремов В.Н., Кузьмин А.М., Лищинер И.И., Вяткин Ю.Л., 2017 URL: https://patents.google.com/patent/RU176510U1/ru

ПОЛУЧЕНИЕ ЭТИЛЕНА ИЗ МЕТАНА В СРЕДЕ ПЛАЗМЫ

Мик И.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра энерго- и ресурсосберегающих технологий

e-mail: mikskreg11@gmail.com

PRODUCTION OF ETHYLENE FROM METHANE IN A PLASMA ENVIRONMENT

Mik I.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На сегодняшний день основным способом получения различных легких углеводородов, таких как этан, этилен, ацетилен, является пиролиз, для которого используются «жесткие условия», а именно температура свыше 800 °С и давление около 30 Мпа. В виду больших энергетических затрат на поддержание данных параметров процесса, в настоящее время ведется активный поиск и создание новых способов. Одним их таких способов является димеризация метана. А для создания мягких условий можно использовать плазму.

Целью данной работы является исследования изменения селективности этилена в среде плазмы.

Димеризация метана проходит при комнатной температуре. В реактор подавалось 10 мл/мин метана и различное количество аргона от 10мл/мин до 50 мл/мин. Процесс проходит в кварцевом реакторе при частоте плазмы в 1000 КГц. Метан в среде плазмы превращается в этилен, ацетилен и другие углеводороды. На рисунке представлена зависимость селективности этилена от количества аргона, поданного для создания среды плазмы.

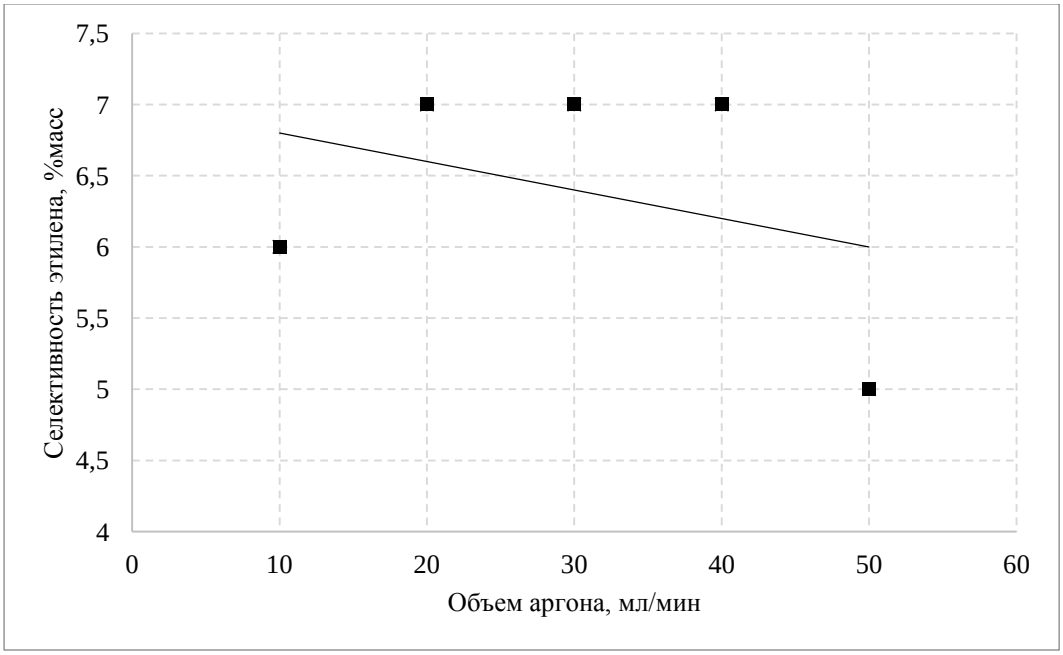


Рисунок – Селективность этилена

Таким образом, можно сделать вывод, что максимальная селективность этилена наблюдается при диапазоне поданного аргона 20-40 мл/мин. То есть для эффективного получения этилена из метана в среде плазмы, необходимо соотношение метана к аргону 1:2.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ МЕТАНОЛА КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЗИТИЛЕНА И ДУРОЛА

Мискина Д.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: dmiskina9@gmail.com

CATALYTIC CONVERSION OF METHANOL AS A METHOD FOR PRODUCING MESITYLENE AND DUROL

Miskina D.V.

Saint-Petersburg state Institute of Technology

Мезитилен (1,3,5-триметилбензол) служит сырьем для мезидина, фенольных и аминных антиоксидантов, тримезиновой кислоты и триизоцианатов и полиуретанов на их основе [1-3]. Дурол (1,2,4,5-тетраметилбензол) используется для производства пиромеллитовой кислоты и ее производных, из которых получают термостойкие пластмассы, волокна, клеи, эпоксидные и порошковые покрытия [2].

В настоящее время в России не производят мезитилен и дурол, а выход последнего с каталитического риформинга нафты составляет до 1,5 % масс.

Конверсия метанола на цеолитсодержащем катализаторе может стать экологичным способом получения триметилбензолов и дурола.

Целью данной работы является повышение эффективности процесса преобразования метанола в ароматические углеводороды для увеличения селективности целевых продуктовых компонентов.

В качестве сырья использовались чистый метанол и смесь метанола и бензола в соотношении 1:1. Синтез проводился на цеолитсодержащем катализаторе ZSM-5 при атмосферном давлении и температуре 400 °С. Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Таблица – Селективность мезитилена и дурола в результате каталитической конверсии метанола

Сырье	Конверсия метанола, %	Селективность мезитилена, %	Селективность дурола, %
Метанол	100	12,89	2,59
Метанол и бензол	100	14,01	5,27

В рамках проведения лабораторных исследований каталитической конверсии метанола в ароматические углеводороды производится синтезирование биметаллических катализаторов процесса, их оценка активности и срока службы.

Литература:

1. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. М.: Химия, 1980. - 336 с.

2. Гайле, А.А. Ароматические углеводороды. Выделение, применение, рынок. Справочник / А.А. Гайле, В.Е. Сомов, О.М. Варшавский Трощенко. Санкт-Петербург: Химиздат, 2000. – 544 с.

3. Ockerbloom N.E. Xylenes and Higher Aromatics. Part 8. Polymethylbenzenes // Hydrocarbon Process. 1972. V. 51. № 4. P. 114-118.

ПРЯМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ДУРОЛА ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА

Мискина Д.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: dmiskina9@gmail.com

DIRECT PRODUCTION OF DUROLE FROM SYNTHESIS GAS

Miskina D.V.

Saint-Petersburg state Institute of Technology

Дурол (1,2,4,5-тетратметилбензол) – основной компонент в синтезе пиромеллитового диангидрида. Являясь четырехфункциональным мономером, диангидридом обладает высокой реакционной способностью. Его применяют для производства полиимидных смол, отвердителей, водорастворимых красок, ингибиторов коррозии, термостойких смазочных материалов и т.д. [1,2].

В последние годы тенденция в спросе на дурол только растет, а его выделения из продуктов нефтепереработки недостаточно для производства и требует больших капитальных затрат.

Процесс получения дурола из синтез-газа все больше привлекает внимание исследователей. Различные углеводороды могут быть получены из синтез-газа с использованием бифункциональных катализаторов реакции Фишера-Тропша и цеолитов [3,4].

В работе планируется проведение лабораторных синтезов для получения 1,2,4,5-тетраметилбензола из синтез-газа с использованием модифицированного цинком и медью γ-Al_2O_3 и цеолитсодержащим катализатором HZSM-5 с нанесенным кобальтом.

Ожидаемым результатам исследования должен стать выход целевого ароматического углеводорода с селективностью от 22,42 до 37,98 % при конверсии синтез-газа 78,9-93,5 % [4 - 7].

Литература:

1. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. М.: Химия, 1980. - 336 с.

2. Гайле, А. А. Ароматические углеводороды. Выделение, применение, рынок. Справочник / А. А. Гайле, В. Е. Сомов, О. М. Варшавский Трощенко. Санкт-Петербург: Химиздат, 2000. – 544 с.

3. Baltes, C., Vukojevic´, S., Schüth, F. Correlations between synthesis, precursor, and catalyst structure and activity of a large set of CuO/ZnO/Al2O3 catalysts for methanol synthesis. J. Catal. 258 , 2008. - 334–344.

4. Minzhe Li, Lengkang Jiao, Muhammad Asif Nawaz, Like Cheng, Chen Meng, Tianhui Yang, Muhammad Tariq, Dianhua Liu. A one-step synthesis method of durene directly from syngas using integrated catalyst of Cu/ZnO/Al2O3 and Co-Nb/HZSM-5. Chemical Engineering Science, 2019. – 103-112.

5. Beiramar, J.M., Griboval-Constant, A., Khodakov, A.Y. Effects of metal promotion on the performance of CuZnAl catalysts for alcohol synthesis. ChemCatChem 6, 2014. - 1788–1793.

6. Cheng, K., Zhou, W., Kang, J., He, S., Shi, S., Zhang, Q., Pan, Y., Wen, W., Wang, Y. Bifunctional catalysts for one-step conversion of syngas into aromatics with excellent selectivity and stability. Chem. 3, 2017. - 334–347.

7. Dagle, R.A., Lizarazo-Adarme, J.A., Lebarbier Dagle, V., Gray, M.J., White, J.F., King, D. L., Palo, D.R.. Syngas conversion to gasoline-range hydrocarbons over Pd/ ZnO/Al2O3 and ZSM-5 composite catalyst system. Fuel Process. Technol. 123, 2014. - 65–74.

РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Норкина А.Н.*, *Гурко Н.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: norkinaania@yandex.ru, gourko_n_s@mail.ru

CALCULATION OF ENERGY EFFICIENCY INDICATORS OF PRIMARY OIL REFINING PROCESSES BASED ON THE CONSTRUCTION OF A MODEL THAT TAKES INTO ACCOUNT ENVIRONMENTAL FACTORS

Norkina A.N.*, *Gourko N.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нефтепереработка является одной из самых энергоемких отраслей производств. С учётом роста спроса на энергоносители экологические требования возрастают, следовательно, реализация различных подходов к повышению энергоэффективности предприятий является актуальной задачей.

В рамках проводимых исследований предлагается перейти от классических экономических критериев оценки энергоэффективности производств, которые не всегда являются оптимальными из-за значительных изменений биржевой стоимости энергоресурсов к интегральным эколого-экономическим критериям.

Для оценки влияния потребления энергоносителей на экологическую составляющую используется методика «Межрегионального Альянса Энергоаудиторов», связывающая данные по выбросам парниковых газов с энергетической деятельностью предприятия [1]. В общем виде формула (1):

$$E = M \cdot K_1 \cdot ТНЗ \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12} \#(1)$$

где Е- годовой выброс CO_2 (тонн/год); М - фактическое потребление топлива за год (тонн/год); K_1- коэффициент окисления углерода в; ТНЗ- теплотворное нетто-значение (Дж/тонн); K_2- коэффициент выбросов углерода (тонн/Дж); 44/12- коэффициент пересчета углерода в углекислый газ.

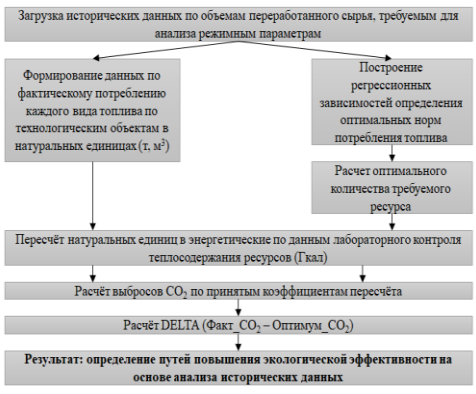


Рисунок – Алгоритм расчета энергоэффективных режимов

Оценка применимости предлагаемых подходов проводится для 4-х установок первичной переработки нефти действующего производства (укрупненно алгоритм расчетов на рисунке).

Использованы методы линейного программирования для определения оптимальных режимов работы однотипных установок с учетом минимизации влияния работы объектов на окружающую среду.

В рамках расчетов:

- Разработаны модели взаимосвязи потребления энергетических ресурсов, выбросов парниковых газов в зависимости от загрузок технологических установок
- Проведен расчет целевой функции минимизации выбросов CO_2 в окружающую среду, а также сформирован оптимальный план загрузки технологических установок с последующим проведением экономического расчета деятельности предприятия.

Литература:

1. СРО-Э-150 / Методика расчета выбросов парниковых газов, 2012 г.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Потапова М.А., Сладковская Е.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий
e-mail: mredm2003@mail.ru., manuylova.lena@gmail.com

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF LOW-TENPERATURE CONDENSATION OF NATURAL GAS

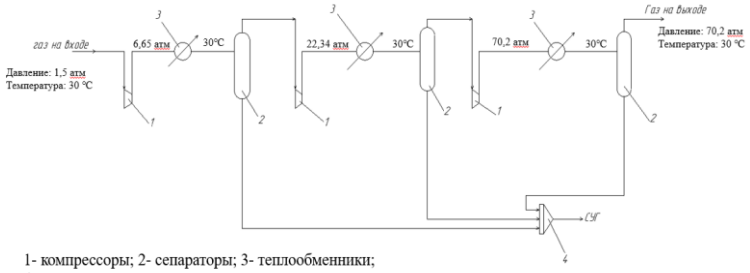
Potapova M.A., Sladkovskaya E.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время все большую долю сырья в нефтехимической промышленности занимают природный и попутный нефтяной газы. В связи с этим разработка схем подготовки и переработки газа приобретает все большее значение и является важной и актуальной задачей развития всей отрасли. Решение данной задачи позволит приблизиться к качественно новому решению одной из актуальных проблем в нефтегазовом комплексе — утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) [1].

Одним из современных, высокоэффективных методов разделения газа является технология НТК - процесс изобарного охлаждения природного и попутного нефтяного газа, сопровождающийся последовательной конденсацией отдельных компонентов.

Разделение углеводородных газов методом НТК осуществляется путем охлаждения внешним холодом до заданной температуры при постоянном давлении, сопровождающегося конденсацией извлекаемых из газов компонентов, с последующим разделением в сепараторах газовой и жидкой фаз.

Технологическая схема низкотемпературной конденсации на рисунке.



1- компрессоры; 2- сепараторы; 3- теплообменники;
4- смеситель

Рисунок – Схема стандартной установки низкотемпературной конденсации

На основе данной схемы разрабатываются и анализируются оптимальные модели схем низкотемпературной конденсации для разделения природного газа различного состава. На основании построенных моделей в пакете ASPEN HYSYS и последующего анализа полученных результатов, определены оптимальные схемы для разделения. Для газов, с высоким содержанием гелия и азота для разделения подходит схема низкотемпературной ректификации, как например, на Оренбургском гелиевом заводе; для газов с низким содержание метана и высоким содержанием жирных углеводородов подходит схема низкотемпературной конденсации; для разделения газов с высоким содержанием метана и низким содержанием жирных углеводородов применяется схема низкотемпературной сепарации, а для газов с высоким содержанием метана, но также с высоким содержанием жирных углеводородов применяется схема низкотемпературной конденсации с пропановым холодильным циклом.

Литература:

1. В.В. Николаев; И.В. Бусыгина; И.Г. Бусыгин. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа: - М.: ОАО «Издательство «Недра», 1998. -184 с.

ЗАВИСИМОСТЬ КОНВЕРСИИ ОКИСИ ПРОПИЛЕНА В ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Степанчук А.П.*, *Ковалёв И.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий
e-mail: stepanchuc2002@gmail.com

THE DEPENDENCE OF THE CONVERSION OF PROPYLENE OXIDE TO PROPYLENE GLYCOL ON TEMPERATURE

Stepanchuk A.P.*, *Kovalev I.Y.
Saint-Petersburg state Institute of Technology

Пропиленгликоль является важным химическим соединением с широким спектром применений. В пищевой промышленности пропиленгликоль используется как растворитель и увлажнитель для ароматизаторов, красителей и консервантов. Также он используется в производстве многих лекарственных препаратов и вакцин благодаря своим свойствам растворителя и стабилизатора. В химии пропиленгликоль служит сырьем для производства полимеров, пластификаторов и различных химических реактивов. Вследствие неуклонного роста спроса на пропиленгликоли, возникла необходимость поиска наиболее эффективного способа получения.

В данном исследовании анализируется влияние температуры на эффективность преобразования оксида пропилена в пропиленгликоль. Эксперимент будет проводиться при фиксированном давлении 20 атмосфер и непрерывном механическом перемешивании. Температурный интервал будет варьироваться от 135 °C до 175 °C, а образцы будут отбираться каждые 9 минут. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Зависимость конверсии от температуры

Температура, C	Конверсия, %			
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
135	46,91	67,93	88,89	91,8
140	73,00	87,44	89,37	95,75
150	88,23	92,95	93,44	97,68
175	98,75	99,84	99,88	99,98

Анализ собранных данных позволяет сделать вывод о нецелесообразности проведения эксперимента при температурах выше 175 °C, так как после первых 9 минут достигнута практически полная конверсия. Дальнейшие исследования предполагают более точное определение температурных параметров, а также влияние скорости перемешивания и давления.

ПИНЧ-АНАЛИЗ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Чуприян А.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: anastaciatchu@yandex.ru

PINCH ANALYSIS? AS A WAY TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF PROCESS PLANTS

Chupriyan A.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время энергоресурсы занимают основную долю затрат предприятий, поэтому экономия энергоресурсов — это актуальная цель каждого предприятия. Существует несколько основных направлений повышения энергетической эффективности. Одним из них является метод анализа систем теплообмена химической и нефтехимической отрасли, основанный на термодинамическом анализе системы технологических потоков (пинч-анализ) [1]. Согласно источникам, максимальный выход от применения пинч-методик фиксируется для систем теплообмена, как пример, систем теплообмена установок первичной переработки нефти. За последние 20 лет практически на всех действующих НПЗ были введены новые технологические установки, корректировались режимные параметры ведения процессов. При этом расчеты для данных объектов нефтепереработки масштабно проводились в 1980-2000 г. Таким образом, использование актуальных данных для формирования модели системы теплообмена и проведения пинч-анализа является приоритетной задачей.

В качестве объекта исследования выступает установка ЭЛОУ-АВТ-6 ООО ПО Киришинефтеоргсинтез. Сформирована схема теплообмена до и после ЭЛОУ (рисунок), проводится расчет и выбор оптимальной системы теплообмена.

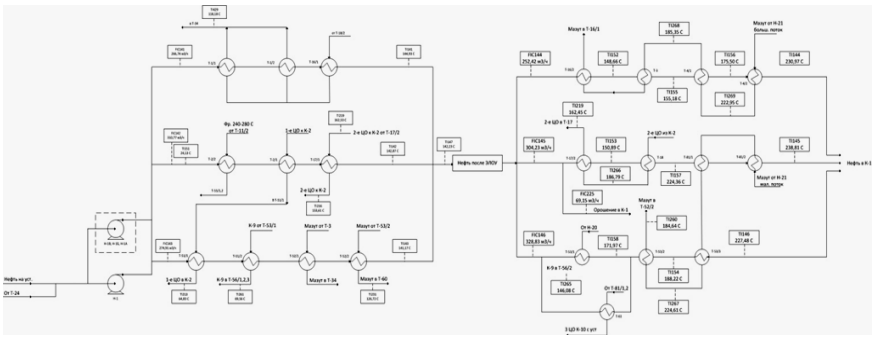


Рисунок — Схема теплообмена до и после ЭЛОУ

Для списка сформированных начальных и конечных потоков, температуры всех потоков выстраиваются в порядке возрастания.

Композитная кривая холодных потоков строится по формуле (1):

$$q_x(t) = \sum_{i=1}^{m-1} a_i * (t_{i+1} - t_i),\ a_i = \sum_{j \in J_{xi}} \omega_{xj} \quad (1)$$

Композитная кривая горячих потоков строится по формуле (2):

$$q_г(t) = \sum_{i=1}^{m-1} b_i * (t_{i+1} - t_i),\ b_i = \sum_{j \in J_{гi}} \omega_{гj} \quad (2)$$

Благодаря проведению пинч-анализа с использованием актуальных условий расчета возможно повышение энергоэффективности и улучшение экологических показателей действующих НПЗ, снижению негативных воздействий на окружающую среду.

Литература

1. Булатов И.С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности - СПб.:Страта, 2012. -140 с.

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ТЕРМОЛИЗ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Шошина С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра ресурсосберегающих технологий

e-mail: shoshina.sofya@mail.ru

CATALYTIC THERMOLYSIS OF PLASTIC WASTE

Shoshina S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

По последним данным Всемирной организации здравоохранения в мире ежегодно производятся сотни миллионов тонн пластика. Пластик, оказавшийся на свалках, наносит огромный вред окружающей среде. На сегодняшний день наиболее перспективные технологические направления борьбы с пластиковыми отходами включают развитие технологий механической, биологической, термической и химической переработки.

Термолиз – процесс термической переработки пластиковых материалов, позволяет не только уменьшить объем отходов, но и эффективно извлечь ценные углеводороды, для использования в качестве альтернативных источников энергии или сырья для вторичной переработки. Данная технология обеспечивает более высокую степень утилизации по сравнению с традиционными методами. Механизмы термолиза представлены на рисунке.

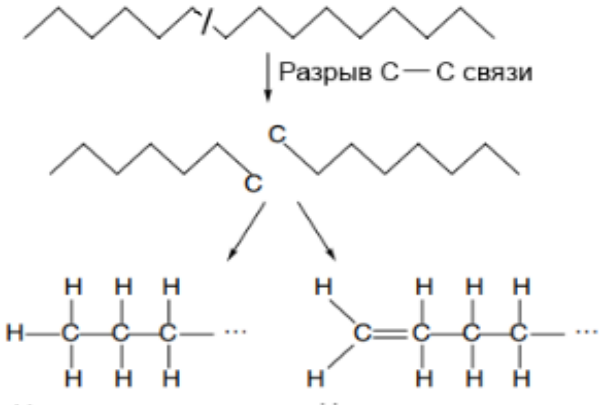


Рисунок - Механизм термолиза полимеров

Мировые нефтехимические компании активно инвестируют в разработку промышленных технологий термолиза, подбор и разработку эффективных катализаторов. Применение катализаторов позволяет снизить затраты энергии за счет снижения температуры реакции, повышает селективность желаемых продуктов, а также за счет снижения энергии активации позволяет увеличить скорость разложения. Добавление катализатора также снижает содержание воды в жидком продукте, тем самым повышая его качество [1].

Основные используемые катализаторы процесса: $TiCl_4$, $AlCl_3$, $FeCl_3$ и $TiCl_3$, которые являются сильными кислотами Льюиса и действуют как акцепторы электронных пар. Использование $AlCl_3$ приводит к снижению температуры процесса и более высокому выходу газообразного продукта, но снижает селективность по мономеру в сравнении с некаталитическим процессом [1].

В рамках лабораторных исследований проводится формирование цеолитсодержащих микросферических катализаторов процесса термолиза, введение в цеолиты редкоземельных металлов, исследование влияния катализаторов на процесс термолиза различных видов полимерного сырья. В качестве сырья термолиза выбраны распространенные полимерные отходы: полиэтилен, полипропилен, полиэтилентерефталат.

Литература:

1. Ковалева, Н.Ю. Пиролиз пластиковых отходов. Обзор / Н.Ю. Ковалева, Е.Г. Раевская, А.В. Рощин // Химическая безопасность. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 48-79.

СЕКЦИЯ 7.
ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ



ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ БИЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Андреева О.М., Коновалова Ю.И., Чабанова М.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: olandreeva23@gmail.com

PREPARATION AND STUDY OF GRANULATED BICEOLITE CATALYSTS

Andreeva O.M., Konovalova Y.I., Chabanova M.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Работа посвящена приготовлению и исследованию свойств гранулированных бицеолитных катализаторов крекинга. Свойства приготовленных образцов катализаторов представлены в таблице.

Таблица – Свойства образцов гранулированных бицеолитсодержащих катализаторов

№ обр.	Состав образца	Δ. г/см^3	δ, г/см^3	$V_Σ$, см^3/г	W_S, см^3/г	$V_{ма}$, см^3/г	$S_{уд}$, м^2/г	$P_□$, МПа	Но
1	40ZSM-5-40ЦВМ-20Al_2O_3-1HNO_3-450	0,66	1,056	0,66	0,22	0,44	347	6,7	6,7
2	40ZSM-5-40ЦВК-20Al_2O_3-1HNO_3-450	0,63	1,008	0,66	0,21	0,46	437	12,4	6,4
3	27ZSM-5-27ЦВМ-26каолин-20Al_2O_3-1HNO_3-450	0,70	1,120	0,47	0,19	0,28	254	8,3	7,1
4	40ZSM-5-40HCaX-20Al_2O_3-1HCl-450	0,64	1,024	0,63	0,28	0,36	416	7,7	5,6
5	27ZSM-5-27HY-26каолин-20Al_2O_3-1HNO_3-450	0,72	1,152	0,47	0,18	0,29	224	12,4	5,2
6	27Beta-27HY-26каолин-20Al_2O_3-1HNO_3-450	0,59	0,944	0,70	0,31	0,39	252	15,9	5,8

Проведено сравнение текстурных характеристик бицеолитных образцов № 1 – 4, приготовленных с комбинированием Н-форм пентосилов ZSM-5, ЦВМ и ЦВК. Показано, что образец № 3 имеет практически такой же объем сорбирующих пор $\mathbf{W_S}$ при меньшем суммарном объеме пор $\mathbf{V_Σ}$ по сравнению с другими образцами, а также обладает большими значениями кажущейся **δ** и насыпной **Δ** плотности и имеет среднее значение прочности гранул $\mathbf{P_□}$ и интегральной функции кислотности $\mathbf{H_o}$. Приготовление аналогов катализатора № 3, в состав которых в дополнение к ZSM-5 и Beta входят декатионированные фожазиты: HCaX (образец №4) и HY с модулем Si/Al ~ 10 (образцы № 5 и № 6) заметно повысило их кислотность (Но = 5,2 у образца №5).

Фазовый состав образцов исследовался с помощью рентгенофазового анализа. Дифрактограммы РФА показали, что катализаторы № 1 – 5 содержат алюмосиликат со структурой, характерной для пентосила ZSM-5. Все образцы представляют собой смесь нескольких цеолитов и γ-Al_2O_3, а также в образцах № 3, 5 и 6 идентефицируется продукт терморазложения каолина.

Результаты ИК-спектрального анализа показали, что функциональные группы поверхности образцов № 1 и 2 идентичны, т.к. ЦВМ является аналогом ZSM-5. У образцов № 3 – 5 с введением каолина и HY (образцы №4 и 5) наблюдаются полосы поглощения 3440 – 3460 см$^{-1}$, которые характерны колебаниям водородных связей.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Николайчук Г.А., Мороз О.Ю., Цветкова Е.А., Бабенко А.А., Якункинский С.В., Смирнов В.М., Кильдеев К.Ф.

Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт «Феррит-Домен»

e-mail: a.a.babenko@domen.ru

WEAR-RESISTANT COATINGS BASED ON DIAMOND-LIKE CARBON FILMS SYNTHESIZED BY ION-PLASMA MAGNETRON SPUTTERING

Nikolaichuk G.A., Moroz O.Yu., Tsvetkova E.A., Babenko A.A., Yakunkinsky S.V., Smirnov V.M., Kildeev K.F.

Scientific Research Institute Ferrite-Domen

Алмазоподобные углеродные покрытия (АУП) широко применяются в качестве износостойких покрытий на режущих и измерительных инструментах, коррозионностойких покрытий металлов, в узлах трения. Широкое применение АУП могут найти в медицине, в частности в ортопедии при эндопротезировании суставов [1]. Большинство материалов, используемых в настоящее время в ортопедии и травматологии, при длительном пребывании в организме человека демонстрируют определенную токсичность вследствие их износа за счет коррозии и миграции частиц или ионов металлов из имплантатов и могут вызывать аллергические реакции, индуцировать воспалительный процесс, развитие опухолей. В связи с этим, актуальной задачей является нанесение на имплантаты защитных покрытий. Такими покрытиями могут стать алмазоподобные пленки аморфного гидрогенизированного углерода за счет своей высокой твердости, химической инертности, низкого коэффициента трения, высоких коррозионной и износостойкости, низкой исходной шероховатости поверхности покрытия.

В АО «НИИ «Феррит-Домен» проведены исследования и получены образцы алмазоподобных углеродных пленок на подложки из различных материалов: кремний, ситалл, металлы (нержавеющая сталь, титан, кобальт-хром-молибденовый сплав) методом ионно-плазменного магнетронного напыления. Данный метод позволяет использовать промышленные вакуумные установки, такие как ZV-1200 фирмы Leybold Heraus, что позволит повысить производительность и снизить стоимость продукции.

Для увеличения адгезионной прочности алмазоподобного углеродного покрытия к подложке на нее предварительно наносились подслои из титана и титана с углеродом в едином технологическом процессе.

Следующим этапом исследований было получение алмазоподобных углеродных покрытий с высокой адгезионной прочностью на подложках сферической формы.

Исследования молекулярной структуры покрытий проводились методом спектроскопии комбинационного рассеяния света. По значениям ID/IG (0,85-0,9) в полученных пленках *a*-C:H содержится 30-40 % sp^3-связей, что соответствует пленкам твердого аморфного гидрогенизированного углерода [2].

Выводы: Показана возможность промышленного получения алмазоподобных покрытий магнетронным методом, в том числе на подложках (деталях) сложной геометрии. Результаты могут быть использованы в различных сферах применения, в том числе для эндопротезирования.

Литература:

1. Макаров В.Б., Стрельницкий В.Е., Дедух Н.В., Никольченко О.А. Алмазоподобные углеродные покрытия в эндопротезировании (обзор литературы). Ортопедия, травматология и протезирование. 2019; (№2): С.102-111

2. Ferrari A.C., Robertson J. Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon // Physical Raview B. - 2000. - Vol. 61, № 20. - P. 14095—14107

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА И ПЕНТАБОРИДА ВОЛЬФРАМА В ТЕХНИКЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Болдин А.А.

АО «ГосНИИхиманалит»

e-mail: nauka@himanalit.ru

COMPOSITE MATERIALS BASED ON BORON CARBIDE AND TUNGSTEN PENTABORIDE IN RADIATION PROTECTION TECHNOLOGY

Boldin A.A.

JSC GosNIIhimanalit

В последние годы проводятся работы в перспективных направлениях исследования радиационной защиты композитов на основе карбида бора и боридов вольфрама в приборостроении, а также медицинской технике. В статье [1] получен борсодержащий сферопластик, который можно применять на терапевтических нейтронных установках с целью повышения безопасности персонала в момент проведения лечения пациентов. Сравнительные испытания этого материала, содержащего 20 об. % бора, органическое связующее и стеклянный наполнитель показали наибольшую эффективность в сравнении с ранее полученным материалом состоящим из ферробора и органического связующего на основе полиэтилена и изобутилена. Другие исследования показывают, что использование борида вольфрама в качестве защитного слоя в контейнерах для хранения радиационных отходов заметно снижает потоки радиационного излучения в зависимости от типа и энергии излучения. Расчетные данные приводимые исследователями демонстрируют, что усиление защиты с помощью борида вольфрама толщиной 20 мм с теоретической плотностью 15,73 г/см3 снизило бы поток самых высокоэнергетических бета-частиц более чем в 3 раза. Для бета-частиц с энергией менее 1 МэВ добавление защиты должно снижать поток более чем десятикратно. Известные недостатки полимерных связующих при взаимодействии с ионизирующим излучением мотивируют поиск защитных материалов на основе карбида бора и пентаборида вольфрама без применения органических связок. Построению диаграмм состояния эвтектического типа и получению керамических материалов на основе карбида бора и боридов металлов IV-VI группы с жидкофазным механизмом спекания посвящены ряд публикаций [2-6], это основа для новых защитных материалов.

Литература:

1. Формирование источника эпитепловых нейтронов на ускорителе «Прометеус» для исследовательских работ по созданию новых радиофармпрепаратов / В.В. Сиксина, И.Ю. Щеголев // Приборы и техника эксперимента. - 2024, №2.

2. Взаимодействие в системе B4C-W2B5 / С.С. Орданьян, А.А. Болдин, Э.В. Прилуцкий // Журнал прикладной химии. - 2000. - Т. 73, Вып. 12. - С. 2042 - 2044

3. О строении системы B4C-W2B5-CrB2 / С.С. Орданьян, А.А. Болдин, Ю.П. Удалов, Д.Д. Несмелов // Огнеупоры и техническая керамика. - 2008. - № 11-12. - С. 30-34

4. Диаграмма состояния системы W2B5-ZrB2 / С.С. Орданьян, А.А. Болдин, С.С. Суворов, В.В. Смирнов // Неорганические материалы. - 2005. - Т. 41, № 3. - С. 290-292

5. Взаимодействие в системе B4C-W2B5-TiB2 / С.С. Орданьян, А.А. Болдин // Огнеупоры и техническая керамика. - 2005. - № 3. - С. 7-10

6. О возможностях получения высокоплотных керамических композиций в системе B4C-W2B5-TIB2 / С.С. Орданьян, А.А. Болдин // Огнеупоры и техническая керамика. - 2005. - № 7. - С. 2-7

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЛАТИНОХЛОРИСТОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ

***Галеева А.Я.*[1], Венкова Е.О.[1], Кузнецова А.Р.[1], Малышева Е.В.[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра технологии электрохимических производств, [2]межкафедральная лаборатория трансферта химических технологий «Кристалл»

e-mail: azaliya-galeeva@inbox.ru

THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF HYDROCHLORIC ACID PLATINUM ON THE SURFACES STRUCTURES

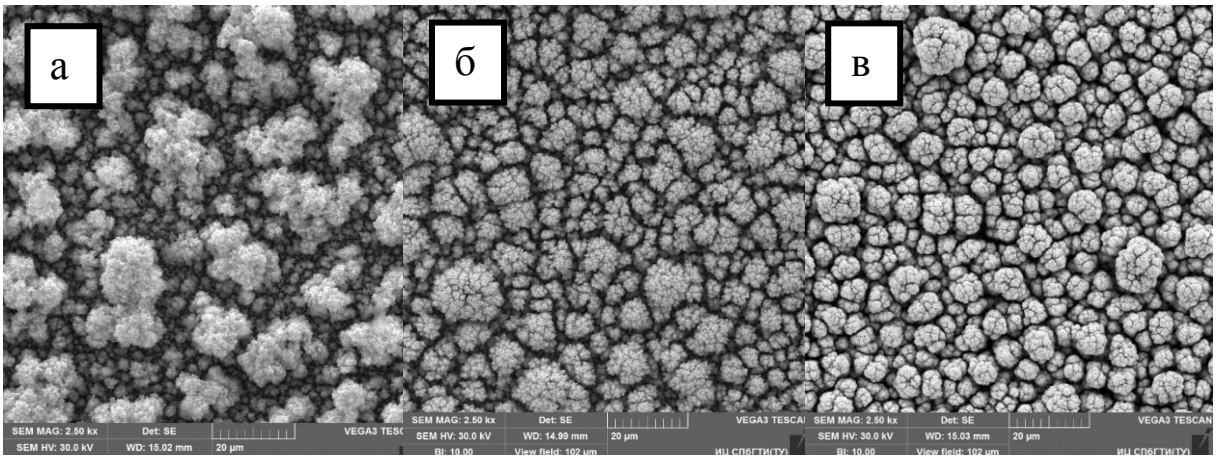
Galeeva A.Ya., Venkova E.O., Kuznetsova A.R., Malysheva E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Покрытия на основе платиновой черни применяются как материалы электродов электрохимических сенсоров водорода. Одним из главных требований, предъявляемым к таким электродам, является высокоразвитая поверхность, которая необходима для увеличения площади поверхности чувствительного слоя, и чистота самого металла.

Изучение влияния концентрации платинохлористоводородной кислоты на структуру полученных покрытий позволит установить более точную зависимость размеров дендритов от режима осаждения платины.

На рисунке представлены микрофотографии поверхности электродов, полученных при осаждении из платинохлористоводородной кислоты различной концентрации. Во всем исследуемом диапазоне концентрации наблюдается активное дендритообразование, однако при концентрации H_2PtCl_6 15 г/л (а) размеры, высота и форма дендритов сильно варьируется. Заполнение ими поверхности происходит через определенные промежутки. Повышение концентрации (б) приводит к более равномерному распределению дендритов по поверхности и можно заметить, что они начинают приобретать шаровидную форму. Последующее повышение концентрации (в) приводит к осаждению более плотных групп дендритов.



а – 15 г/л, б – 25 г/л, в – 30 г/л

Рисунок – Микрофотографии поверхности образцов, полученных в однокомпонентном растворе при различных концентрациях H_2PtCl_6, плотность тока 6А/дм^2

Выражаем благодарность сотрудникам инжинирингового центра СПбГТИ (ТУ) за помощь в выполнении исследования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕСТВИЯ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ С ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ

Гостева С.А.*, *Пашин К.А.

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

e-mail: gostewa.sofi@yandex.ru

STUDY OF INTERACTION PRODUCTS OF RICE HUSK WITH PHOSPHORIC ACID

Gosteva S.A.*, *Pashin K.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Утилизация рисовой шелухи (около 600 млн. тонн в год) является серьезной проблемой, особенно в странах, где рис — основной продукт (Китай, Индия, Египет и др.). Шелуха содержит до 20 % масс. диоксида кремния, в ней присутствуют растительные полимеры (лигнин и целлюлоза), которые можно эффективно использовать.

Сегодня основным способом переработки шелухи является ее сжигание, что приводит к потере целлюлозы и выделению вредных газов, вызывающих силикоз. Специалистам СПбГТИ(ТУ) в сотрудничестве с сотрудниками фирмы «Сорбтех» (Москва) разработана технология ее утилизации методами низкотемпературного пиролиза и газификации [1].

Нами проводятся исследования, направленные на изучение продуктов взаимодействия шелухи с фосфорной кислотой или щелочами.

В ходе эксперимента получали продукты взаимодействия 1, 2, 3, 4 и 5 граммов рисовой шелухи в 50 граммах разбавленной фосфорной кислоты (рисунок).



Рисунок – Иллюстрация продуктов взаимодействия рисовой шелухи и фосфорной кислоты

H_3PO_4 является универсальным реагентом. Она способна сохранять целлюлозные и другие органические компоненты в рисовой шелухе, что открывает возможности для дальнейшей переработки клетчатки. После обработки рисовой шелухи образуются соединения кремния в виде солей, которые можно отделить от органических остатков. Процесс позволяет получать палитру материалов, которые могут быть применены в сельском хозяйстве или химической промышленности.

Литература:

1. Логинов С.В., Масалевич А.И., Мешков С.А., Мирославский Б.В. Разработка технологий утилизации отходов растениеводства методами низкотемпературного пиролиза и газификации в высокоэффективных установках // Известия СПбГТИ(ТУ). 2020. №55(81). С.75-84.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ МАРОК ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕАКЦИОННО-СПЕЧЕННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

Джулаева Е.Г.

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

e-mail: kc563546@gmail.com

INFLUENCE OF DIFFERENT GRADES OF SOOT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF REACTION-SINTERED SILICON CARBIDE

Julaeva E.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Керамические материалы на основе карбида кремния благодаря высоким физико-механическим характеристикам широко применяются в промышленности и машиностроении. Важным компонентом реакционно-спеченного карбида кремния является технический углерод, который представлен на рынке в различных марках с разными физико-химическими свойствами.

В данной работе исследовалось влияние различных марок технического углерода на физико-механические свойства карбидокремниевых материалов, полученных с помощью реакционного спекания, в интервале температур 1450-1600 °С. Физико-механические карбидокремниевых материалов свойства приведены в таблице ниже.

Таблица – Физико-механические свойства карбидокремниевых материалов с различными марками технического углерода

Параметры	Марка технического углерода				
	П 701	П 803	Р 365	П 514	Т 900
Плотность, г/см^3	3,02-3,03	3,05-3,06	3,04-3,05	2,99-3,01	3,05-3,07
Предел прочности при поперечном изгибе, МПа	237-239	214-224	226-232	221-227	221-228
Скорость звука	5869-6531	5949-6654	6794-6967	5896-6551	6589-6798
Модуль Юнга, ГПа	103,9-128,6	108,3-135,5	142,9-150,3	103,9-128,3	135,8-141,8

При анализе физико-механических свойств реакционно-спеченных карбидокремниевых материалов, изготовленных с добавлением различных марок технического углерода можно сделать следующие выводы:

- наилучшие физико-механические показатели демонстрируют образцы, изготовленные с техническим углеродом марки Т 900;
- образцы, изготовленные с техническим углеродом марки П 514, обладали повышенной пористостью, что отразилось на пониженных показателях плотности;
- образцы, изготовленные с техническим углеродом марок П 803, П 701 и Р 365, обладают средними показателями.

В дальнейшем планируется изучение равномерности структуры реакционно-спеченного карбидокремниевого материала, изготовленного с добавлением различных марок технического углерода.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание).

ВЫСОКООКОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ СУСПЕНЗИИ И КЕРАМОБЕТОНЫ В СИСТЕМАХ Al_2O_3-SiO_2, Al_2O_3-SiO_2-SiC-C

***Дякин П.В.*[1,2], *Пивинский Ю.Е.*[1], *Вихман С.В.*[2]**

[1]*ООО Научно-Внедренческая Фирма «Керамбет-Огнеупор»,*

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

e-mail: dyakin@mail.ru

HCBS AND CERAMIC CASTABLES IN THE SYSTEMS Al_2O_3-SiO_2, Al_2O_3-SiO_2-SiC-C

***Diakin P.V.*[1,2], *Pivinskii Yu.E.*[1], *Vichman S.V.*[2]**

[1]*Scientific research and development company «Kerambet – Refractory» LLC,*

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

Высококонцентрированные керамические вяжущие суспензии (ВКВС) на основе спеченного боксита нашли широкое применение в производстве бесцементных огнеупорных бетонов - керамобетонов в системах: Al_2O_3-SiO_2, Al_2O_3-SiO_2-SiC-C. В АО «Динур» на основе ВКВС производятся муллитокорундовые изделия марки МКТП-85 для сталеразливочных ковшей, бойные плиты, горелочные камни, желобные массы оксиднокарбидноуглеродистого состава доменного производства. Целью настоящих исследований является повышение эксплуатационных характеристик керамобетонов за счет увеличения содержания Al_2O_3 и уменьшением стеклофазы при введении в матричную систему плавленого электрокорунда. Получены и изучены материалы, изготовленные на основе ВКВС композиционного состава, состоящего (по массе сухого материала) из 66,5 % спеченного китайского боксита марки Rota HD, 22,0 % плавленого электрокорунда и 11,5 % высокодисперсного плавленого кварца - ВДКС. В качестве электрокорунда использовали неликвидную фракцию (< 0,25 мм) в виде отсева при получении абразивного шлифзерна. ВКВС боксита композиционного состава получали в промышленной шаровой мельнице объемом 3,5 м^3, путем совместного мокрого измельчения в щелочной среде. Свойства ВКВС: плотность суспензии 2,76 г/см^3, что с учетом усредненной истинной плотности твердой фазы 3,50 г/см^3 соответствует объемной концентрации C_V 0,70 и влажности 11 %. С учетом различных показателей истинной плотности компонентов объемное содержание в смеси составляет: ВДКС - 18,5 %, корунда - 19,5 % и боксита - 62 %. Содержание Al_2O_3 и SiO_2 в составе твердой фазы ВКВС находилось 81 и 14 % соответственно. Содержание других оксидов согласно данным РФА составляло, об. %: TiO_2 2,62; CaO + MgO 0,51; Na_2O + K_2O 0,19. Твердая фаза ВКВС характеризуется содержанием 11 % частиц менее 1 мкм и 34 % менее 5 мкм, медианным диаметром частиц d_m=11 мкм, коэффициент полидисперсности $K_п$=K_{80}/K_{20}=17. Изучены реологические свойства ВКВС в исходном состоянии и дополнительного разжижения введением 0,05 % добавки FL–30. Методом шликерного литья изготовлены образцы матричной системы и изучено влияние температуры обжига в интервале 800-1640 ^oC на изменение фазового состава, структуры материала, полученного на основе ВКВС композиционного состава, а также с дополнительным содержанием 15 % SiC (d_m = 27,4 мкм). Посредством дилатометрических исследований при скорости неизотермического нагрева 300 ^oC/час установлено четыре характерных интервала температур, соответствующих обычному тепловому расширению (до 800 ^oC), спекания, сопровождаемого усадкой (800-1150 ^oC), муллитизации, сопровождаемой ростом (1150-1400 ^oC), спеканием замуллитизированного материала (1400-1500^oC). С применением комплекса методов исследований (РФА, дилатометрического анализа, оптической и электронной микроскопии) охарактеризованы фазовый состав и структура материалов в отмеченных интервалах температур обжига. После обжига при температурах 1400-1640 ^oC материал характеризуется содержанием муллита в пределах 38-42 %, корунда – 50-55 %, остальное - стеклофаза и соединения титана.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЛИТИЕВОГАЛЛИЕВОАЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИТАЛЛОВ

***Жохова Ю.Р.*[1], *Данилович Д.П.*[1], *Дымшиц О.С.*[2]**

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

[2]*АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»*

e-mail: snegoushka@mail.ru

EFFECT OF THE FERROUS OXIDE CONTENT ON STRUCTURE AND PROPERTIES OF LITHIUM GALLIUMALUMINOSILICATE GLASS-CERAMICS NUCLEATED BY TiO_2

***Zhokhova Y.R.*[1], *Danilovich D.P.*[1], *Dymshits O.S.*[2]**

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

[2]*S.I. Vavilov State Optical Institute*

Цель работы – создание ситаллизирующихся титансодержащих литиевогаллиевоалюмосиликатных стекол, допированных ионами железа, и ситаллов на их основе, и исследование влияния концентрации FeO на их структуру и свойства.

Модельные стекла синтезированы с добавлением 0,1 и 0,5 мас.% FeO при температуре 1590 °С с принудительной гомогенизацией расплава, отлиты на металлическую плиту и отожжены. Для получения ситаллов стекла термообработаны по одно- и двухстадийным режимам в интервале температур 680-1200 °С. Исследовано влияние температуры термообработки и концентрации FeO на фазовый состав, структуру и свойства образцов методами рентгенофазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), дифференциальной сканирующей калориметрия (ДСК) и оптической спектроскопии. Определены плотность и коэффициенты термического расширения (КТР) материалов.

Согласно данным ДСК, температура стеклования исходных закаленных стекол уменьшается при увеличении концентрации FeO. Совокупность данных ДСК и РФА свидетельствует о выделении наноразмерных кристаллов алюмогаллиевой шпинели в качестве первой фазы и дополнительном выделении основной кристаллической фазы - литиевогаллиевоалюмосиликатных кристаллов со структурой β-кварца при повышении температуры термообработки (ТО). Твердые растворы со структурой β-сподумена выделяются за счет кристаллов со структурой β-кварца при дальнейшем повышении температуры ТО. При увеличении концентрации FeO снижается температура выделения шпинели и основной кристаллической фазы, а также появления твердых растворов со структурой β-сподумена. Обнаруженные изменения плотности образцов обусловлены изменением их фазового состава. КТР образцов возрастает при выделении нанокристаллов шпинели и увеличении их содержания и снижается при выделении нанокристаллов β-кварцевого тв. р-ра.

Исходя из сопоставления дифрактограмм и спектров поглощения образцов сделан вывод, что изменение поглощения исходных стекол вызвано вхождением ионов Fe^{2+} в различные кристаллические фазы: в β-кварцевый тв. р-р в октаэдрической координации, что вызывает поялвление полосуы поглощения в области 1050 нм, в β-сподуменовый тв. р-р в октаэдрической и тетраэдрической координациях, что вызывает появление полос поглощения в области 1050 и 1850 нм), и в шпинель в тетраэдрической координации, что вызывает поглощение на длине волны ~1980 нм.

Исследуемый материал предназначен для создания насыщающихся поглотителей импульсных лазеров, работающих в области 2 мкм.

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

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ АМОРФНОЙ ФАЗЫ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Загузова Е.Е.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: zaguzova.k@mail.ru

QUANTITATIVE DETERMINATION OF AMORPHOUS PHASE PROPORTION IN PRODUCTS OF THERMOCHEMICAL ACTIVATION

Zaguzova E.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Способ термической активации гидраргиллита является альтернативным и перспективным методом приготовления сырья для катализаторов на основе оксида алюминия. К настоящему времени существует множество методов исследования и контроля качественного и/или количественного составов материалов, как, например, рентгенофазовый анализ (РФА) и рентгенофлуоресцентная спектрометрия (РФС). Метод определения химической активности (ХАкт) менее распространен и вызывает интерес с точки зрения применимости, точности и воспроизводимости результатов с целью контроля фазового состава продуктов ТХА.

Согласно литературным источникам [1], в рамках проведения определения ХАкт создаются оптимальные условия (время и температура, pH среды), при которых скорость растворения аморфной фазы в продукте ТХА максимальна, а остальных компонентов – минимальна; при этом не происходит кристаллизация и образование иных модификаций оксидов и/или гидроксидов алюминия. То есть, на основании данных по степени растворимости каждого из компонентов и концентрации ионов Al^{3+} в фильтрате можно сделать вывод о фазовом составе образца, в том числе о количественном содержании аморфной фазы.

С целью проверки факта неизменности качественного состава продуктов ТХА был проведен ряд испытаний по определению степени растворимости каждого из пяти термоактивированных образцов сырья отечественных производителей в 20 %-ном растворе NaOH при 60 °С с перемешиванием в течение 15 и 60 минут.

В рамках работы установлено, что проводить количественную оценку доли аморфной фазы данным методом необходимо проводить с осторожностью по нескольким причинам:

1) было показано, что качественный состав некоторых образцов меняется при проведении определения химической активности. В ходе опыта происходит не только постепенное растворение всех компонентов продукта ТХА, но и процесс кристаллизации иных модификаций гидроксида алюминия в достаточном для обнаружения количестве, на что указывает сравнение результатов РФА исходных и полученных образцов.

2) по результатам РФС было определено, что концентрация ионов Al^{3+} в фильтрате превышает предельное значение, вычисляемое из предположения полного растворения аморфной фазы, следовательно, напрямую по данным опыта химической активности количественное содержание фазы установить невозможно.

Литература:

1. Шкрабина, Р.А. Исследование продуктов импульсного термического разложения гиббсита и получение на их основе различных гидроокисей и окисей алюминия: специальность 02.00.15 «Химическая кинетика и катализ»: диссертация на соискание степени кандидата химических наук / Римма Ароновна Шкрабина; Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук. - Новосибирск, 1982. - 213 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА АММИАКА

Коробко А.И.*, *Липовский А.Д.

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

email: chernykhnastya5555555@gmail.com

STUDY OF PROPERTIES OF IRON CATALYSTS FOR AMMONIA SYNTHESIS

Korobko A.I., Lipovsky A.D.

Saint-Petersburg State Technological Institute

Аммиак является ключевым сырьем для производства удобрений, что обуславливает постоянный спрос на его синтез. Лучшие по свойствам катализаторы синтеза аммиака позволяют снижать энергетические затраты, повышать выход продукции и увеличивать устойчивость процессов. Инновационные разработки в этой области направлены на улучшение активности и селективности катализаторов, что также обусловлено экологическими требованиями и необходимостью повышения эффективности процессов [1].

Для ряда катализаторов, зарубежных производителей и отечественных, (Amomax, Kadalko, KM-1, HTS), нами исследованы свойства: фазовый и элементный состав, влагоемкость, истинная и насыпная плотности, наличие и характер кислотно-основных центров, а также прочность, имеющая важное значение для применения: так, например, современные колонны синтеза аммиака имеют горизонтальное исполнение. Отклонение для значений прочности определялось методом наименьших квадратов, данные по прочности представлены в таблице.

Таблица – Прочность катализаторов синтеза аммиака на раздавливание

Название катализатора	Прочность, МПа
HTS	6,7 ± 1,4
Kadalko	14,6 ± 2,3
Amomax	11,3 ± 2,8
KM-1	9,9 ± 1,8

Наибольшая прочность наблюдается у катализаторов с наименьшим количеством промоторов и наименьшим размером гранул. По составу все катализаторы являются оксидами железа, ряд катализаторов имеют сильно выраженные магнитные свойства. В качестве промоторов в составе катализаторов определены оксиды алюминия, кремния, кальция и калия.

В предстоящих исследованиях планируется анализ свойств, влияющих на активность получаемого катализатора, собственно синтез образцов катализаторов и изучение влияния условий протекания синтеза на ответственные их свойства.

Авторы выражают благодарность доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за материально-методическое обеспечение исследований и научное руководство.

Литература:

1. Технология катализаторов /И.П. Мухленов, Е.И. Добкина, В.И. Дерюжкина, В.Е. Сороко; Под ред. проф. И.П. Мухленова. 3-е изд., перераб. - Л.: Химия, 1989 - 272 с.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ИЗ ФОСФОГИПСА

Крутова Д.А.

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

e-mail: d20072004@gmail.com

TO THE QUESTION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING FERTILIZERS FROM PHOSPHOGYPSUM

Krutova D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фосфогипс - отход, образующийся при производстве экстракционной фосфорной кислоты из фосфатных пород путем разложения смесью серной и фосфорной кислот [1]. Количество получаемого фосфогипса на 1 т P_2O_5 составляет 4,5-5 т, весь фосфогипс идет в отвалы, занимающие огромные земельные площади, таким образом полезные макроэлементы, такие как кальций и сера, не используются, а просто складируются. Интересным представляется извлечение из фосфогипса группы РЗЭ, а также получение удобрений, в том числе сульфата аммония, растворов фосфогипса в глицерине, в католите и в анолите. Ранее нами показано, что растворимость кингисеппского фосфогипса в глицерине составляет около 5 г на 100 г, в католите и анолите – около 3 г. Проведенные агрохимические опыты по определению влияния растворов фосфогипса в глицерине на всхожесть и развитие рассады разных культур дали положительный результат по сравнению с контрольными посевами.

Результаты недавних экспериментов по исследованию свойств суспензий разных образцов фосфогипса в воде с Т:Ж, равным 1:10, представлены в таблице.

Таблица – Данные анализа водных суспензий фосфогипса

Тип фосфогипса	Показатель, через 24 часа/7 суток			
	pH	Ppm	Red-Ox, mV	Электропроводность, µS/cm
1. Полугидрат, «Фосагро», Волхов	3.5/3.6	2020/1455	328/313	4265/2970
2. Дигидрат, «Фосагро», Волхов	4.5/4.0	1010/1105	272/270	2015/2195
3. Фосфогипс нейтрализованный марка А, Еврохим»	5.8/5.5	989/1055	186/228	1931/2125

Очевидно, образцы фосфогипса плохо отмыты, имеют кислую среду. Дальнейшие исследования направлены на изучение свойств композиций фосфогипса с торфом в твердом и суспендированном виде в качестве органоминеральных удобрений.

Литература:

1. Окорков В.В. Использование фосфогипса в земледелии // Владимирский земледелец. - 2012. - С. 12-19.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛАКО-ЗОЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Кузнецова В.А.

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

e-mail: va-kuznetsovaa@yandex.ru

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SLAG-ASH BINDERS

Kuznetsova V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние десятилетия проблемы выбросов парниковых газов и высокой энерго- и материалоёмкости конечного продукта привели к необходимости поиска способов сокращения использования клинкера при производстве цемента. Одним из решений является применение бесклинкерных вяжущих на основе таких многотоннажных отходов, как молотый гранулированный доменный шлак (МГДШ) и зола-унос ТЭС. Настоящая работа посвящена исследованию физико-механических свойств бесклинкерных шлако-зольных композиций в зависимости от их состава.

В работе были использованы высококальциевая зола-унос (ВЗУ) с электростанции, работающей на бурых углях Бородинского угольного разреза и МГДШ производства ПАО «Северсталь»; химический состав исходных материалов представлен в таблице 1. В качестве активатора твердения использован карбонат натрия (х.ч. Na_2CO_3). Приготовление и определение свойств растворных образцов на шлако-зольном вяжущем осуществляли в соответствии с ГОСТ 30744 – 2001. Значения свойств растворных образцов в зависимости от степени замещения шлака золой и содержания Na_2CO_3 представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав используемых материалов, %

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	MgO	Na_2O	K_2O	проч.	$CaO_{св}$	$S_{уд}$ по Блейну, $см^2/г$
МГДШ	34,2	36,6	11,1	1,5	2,9	10,7	0,5	0,5	1,9	-	2200, 3500, 4600, 5400
ВЗУ	38,6	17,9	6,8	15,3	6,5	10,4	1,4	0,3	2,8	8,7	4200

Таблица 2 – Физико-механические свойства шлако-песчатных растворов

Содержание Na_2CO_3, масс. %	Расплыв, мм			Прочность при сжатии 1/7/28 сут, МПа		
	Содержание ВЗУ, масс. %			Содержание ВЗУ, масс. %		
	0	10	30	0	10	30
3	107	119	135	0/8.3 /46.1	0/21.3/44.0	1.5/25.5/32.2
5	114	125	140	0/34.2/ 62.1	0/31.5/47.7	1.8/28.3/36.2

По результатам физико-механических испытаний оптимальная удельная поверхность МГДШ, обеспечивающая высокие показатели ранней прочности, находится в пределах 4000-4500 $см^2/г$.

Из данных таблицы следует, что применяемый в качестве активатора Na_2CO_3 обеспечивает диспергирующий эффект, позволяющий растворной смеси достичь большей подвижности и лучшей удобоукладываемости.

В отсутствие золы карбонат натрия способствует формированию ранней 7-суточной прочности. Совместное введение соды и ВЗУ обеспечивает распалубочную прочность в возрасте 1 сут. При содержании золы-уноса в составе вяжущего 30% масс. прочность образцов достигла 20 и 30 МПа в возрасте 7 и 28 сут соответственно при содержании 3% масс. Na_2CO_3.

ПОДБОР КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПАРАФИНОВОГО ШЛИКЕРА ПОД 3D ПЕЧАТЬ КЕРАМИКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ GPT 3.5

Мефодьев Г.А.*, *Русинов А.В.

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

e-mail: Chak198@mail.ru

SELECTION OF QUALITY COMPOSITION OF PARAFFIN SLICK FOR 3D PRINTING WITH CERAMICS USING THE GPT 3.5 NEURAL NETWORK

Mefodev G.A.*, *Rusinov A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сегодня быстроразвивающиеся наукоемкие области, как правило, требуют формирования экспериментальных групп, состоящих из специалистов различных направленностей, в том числе обладающих широким набором междисциплинарных знаний. В ряде случаев скорость набора таких компетенций (особенно на ранних стадиях проекта) может не соответствовать тенденциям рынка, в чем может помочь использование современных технологий ИИ или нейросетей ChatGPT. Так для подбора состава шликера под 3D печать керамикой путём экструзии (FDM или FFM) была протестирована нейросеть ChatGPT 3.5. В результате работы ИИ было сделано следующее:

1. Запрос «воско-парафиновый шликер», был исправлен на «парафиновый шликер с добавлением воска». Это увеличило число выводимых страниц по искомой теме в «Google Академия» с 0 до 435.

2. Нейросетью предложены методы исключения расслоения шликера во время длительного нахождения в бункере 3D принтера: введение стабилизаторов, поддержание высокой вязкости, контроль температуры, механическое перемешивание, применение ультразвука.

3. По запросу стабилизаторов для Al_2O_3 ИИ предложил следующие электролиты: NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$, однако данные вещества нерастворимы в парафине и не смогут выступать в качестве стабилизаторов для парафинового шликера.

4. После введения условия о растворимости электролита в парафине нейросетью предложен следующий ряд веществ: олеиновая кислота ($C_{18}H_{34}O_2$), стеариновая кислота ($C_{18}H_{36}O_2$), тетрабутиламмоний бромид ($C_{16}H_{36}N)Br$, тетрафенилборат натрия, $NaB(C_6H_5)_4$).

5. Предложено минимальное количество парафина для создания стабильного шликера (10-15 %) и оптимальное (20-50 %).

6. Уточнено, что для расплава с вязкостью около 750 сСт частицы оксида алюминия с размером 10-50 мкм могут оставаться суспензированными в расплаве, а при меньших размерах частицы могут оставаться суспензированными из-за броуновского движения и электростатических сил.

7. Для повышения вязкости предложено добавление 1-10 % пчелиного воска.

Приготовленный парафиновый шликер содержал 81 % Al_2O_3 с размером частиц не более 0,063 мм (63 мкм), 15 % парафина, 3 % воска и 1 % олеиновой кислоты. После нагрева в течение 2-х часов экструдирование шликера через фильеру диаметром 1,2 мм происходило стабильно при температуре 60 ^oC, а максимальный объёмный расход шликера составил 25 $мм^3/с$. Выдержка в течение 4-х часов (среднее время опустошения бункера) не привела к седиментации частиц шликера или снижению максимального потока. Таким образом, ИИ сгенерировал рабочий состав парафинового шликера и может выступать в качестве акселератора исследований на ранних стадиях при использовании специалистами смежных областей, однако может вводить в заблуждение (как в пункте 3) неспециалистов.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ

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

THERMAL INSULATION PRODUCTS OBTAINED BY FOAMING METHOD

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. Из-за повышенной водопотребности заполнителя возникает нехватка влаги для взаимодействия с вяжущей системой, что приводит к уменьшению его механической прочности.

Целью работы является синтез пористого заполнителя алюмосиликатного состава для легковесного огнеупорного бетона с применением метода пенообразования.

На кафедре ХТТНиСМ СПбГТИ(ТУ) предложен метод получения легковесных бетонов, где в качестве легковесного пористого заполнителя применяется предварительно обожженный при температуре 1200 °С материал, полученный методом пенообразования [1].

Разработаны следующие составы заполнителей:

Таблица - Состав заполнителей

Состав / Данные	Пористый заполнитель	Пористый заполнитель с жидким стеклом	Пористый заполнитель с диатомитом
Прочность при сжатии, МПа (после обжига)	4,0	2,7	<1
$\rho_{нас}$, г/см^3	1,1	1,2	0,9
$П_{отк}$, %	48,8	49,9	-
Усадка, %	0,6	0	-

Образцы, приготовленные на пористом заполнителе с добавкой диатомита, разрушились в процессе сушки и дальнейшее их испытание оказалось невозможным. Образцы, приготовленные на пористом заполнителе с жидким стеклом, имеют характеристики, сходные с образцами без жидкого стекла (кажущаяся плотность и открытая пористость), но их прочность ниже в 1.5 раза (таблица).

Наиболее оптимальный состав огнеупорного легковесного бетона для футеровки тепловых агрегатов – на пористом заполнителе, синтезированном методом химического вспучивания шликера и стабилизации при температуре (110-130) °С. Данный метод позволяет получить легковесный материал с прочностью при сжатии 4 МПа, окрытой пористостью ~ 50 %, насыпной плотностью 1,1 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.

ПУЦЦОЛАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ В СОСТАВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

Парунова А.Н.*, *Воронков М.Е.

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

e-mail: ania.parunova@mail.ru

POZZOLANIC EFFECT OF EXPANDED CLAY DUST IN PORTLAND CEMENT MORTARS

Parunova A.N.*, *Voronkov M.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Керамзитовая пыль – это отход производства керамзита, образующийся в результате измельчения керамзитового гравия. Ее минеральная природа и дисперсность позволяют применять ее как активную минеральную добавку в составе портландцементых растворов и бетонов. Частичная замена цемента добавкой позволяет снизить водопотребность бетона, повысить его прочность, снизить расход цемента.

В работе использовалась керамзитовая пыль трех производителей с удельной поверхностью около 7000 $см^2/г$. На текущем этапе исследования определена пуццоланическая активность керамзита по поглощению Ca^{2+} из насыщенного раствора извести, а также по ингибирующему эффекту, оказываемому добавкой на расширение цементно-песчаных образцов с реакционноспособным в щелочах заполнителем.

Установлено, что керамзитовая пыль обладает заметной пуццоланической активностью благодаря высокому содержанию аморфизованной алюмосиликатной фазы (см. таблицу), при этом, исходя из ее стоимости, керамзитовая пыль в составе строительных растворов оказывается более экономически выгодной добавкой, уступая по активности, например, метакаолину, но обладая при этом значительно меньшей стоимостью.

Таблица – Пуццолановая активность исследованных добавок (больше-лучше)

Активная минеральная добавка	Керамзит I	Керамзит II	Керамзит III	Зола-уноса	Метакаолин
Активность, мг CaO / г добавки	410	362	374	65	1348

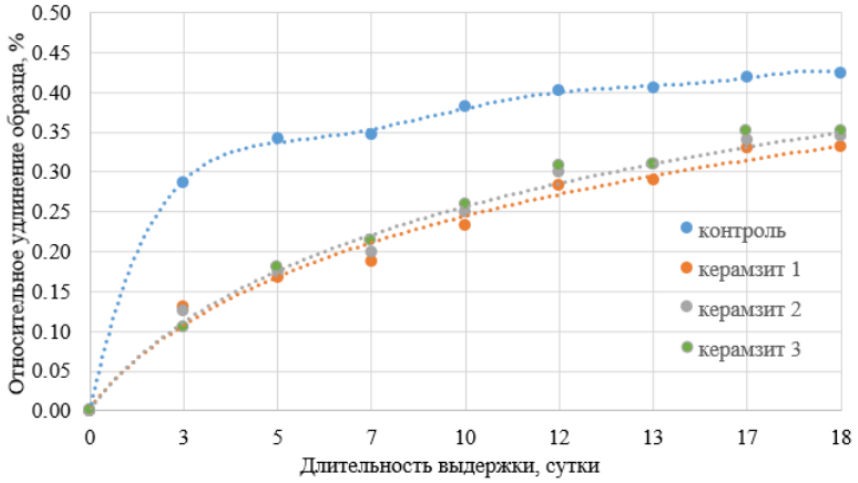


Рисунок – Удлинение цементно-песчаных образцов с заменой 20% цемента на керамзитовую пыль в результате щелочно-силикатной реакции (меньше-лучше)

Относительное изменение длины образцов с керамзитовой пылью меньше, чем у контрольного образца (см. рисунок), т.е. можно сделать вывод о том, что замещение части цемента керамзитом оказывает положительный эффект на стойкость строительного раствора к щелочесиликатной коррозии.

ОЦЕНКА СЛЕЖИВАЕМОСТИ НИТРАТА КАЛИЯ С ДОБАВКОЙ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО ДАННЫМ ПРЕССОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ

Пашин К.А.*, *Гостева С.А.

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

e-mail: cyrill.pashin@yandex.ru

EVALUATION OF CAKEABILITY OF POTASSIUM NITRATE WITH SUNFLOWER HULL ADDITION BASED ON SAMPLE PRESSING DATA

Pashin K.A.*, *Gosteva S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Слеживаемость минеральных удобрений зависит от их точки гигроскопичности, формы, размера частиц, прочности гранул, давления в слое, условий хранения. Регулирование слеживаемости обеспечивается введением антислеживателей, например, жирных аминов, которые защищают гранулы от влаги, улучшают рассыпчатость и т.д. [1].

При производстве подсолнечного масла получают лузгу семян, а также шроты. Лузга содержит клетчатку около 60 %, до 3 % жира, около 3 % протеинов, безазотистых экстрактивных веществ до 30 %, золы около 3 %; такой ее состав привлекателен для введенияв удобрения в качестве антислеживателя. Нитрат калия (индийская селитра) – минеральное удобрение, которое при длительном контакте с влажным воздухом способно слеживаться.

Нитрат калия просушивался до постоянной массы, после чего выделялась фракция менее 0,5 мм. Подсолнечная лузга измельчалась и фракционировалась на сите с тем же проходным сечением. Удобрение и лузга смешивались и равномерно распределялись по объему опытного сосуда. Исследование проводилось для композиций с содержанием антислеживателя 1÷5 % масс. На рисунке представлены образцы селитры после прессования давлением 30 атм.



Рисунок – Образцы отпрессованной селитры, слева-направо с уменьшением содержания антислеживателя

Результаты исследования показывают, что при увеличении концентрации антислеживателя уменьшается прочность образцов: образец с содержанием 5% масс. измельченной лузги подсолнечника оказался наименее прочным из представленного ряда. Готовятся аналогичные работы с изучением слеживаемости аммофоски, аммиачной селитры и нитрата калия, с контролем точки гигроскопичности в климатической камере.

Литература:

1. Рахимова, О.В. Технология минеральных удобрений: учебное пособие / О.В. Рахимова. — Пермь: ПНИПУ, 2013. — 134 с.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОНОФАЗНЫХ ТАБЛЕТОК ОКСИДОВ U-Th ИЗ ПРОДУКТОВ ТЕРМОХИМИЧЕКОЙ ДЕНИТРАЦИИ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Серебрянских Р.А., Сластихина П.В., Хоршев А.А., Алой А.С.
АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»
e-mail: radion.serebro@khlopin.ru

FABRICATION OF U-Th OXIDES MONOPHASE TABLETS FROM THERMOCHEMICAL DENITRATION OF NITRIC ACID SOLUTIONS PRODUCTS

Serebryanskikh R.A., Slastikhina P.V., Khorshev A.A., Aloy A.S.
Khlopin Radium Institute

В настоящее время вопрос оптимизации методов получения ядерного топлива является актуальным. Технология термохимической денитрации, позволяющая сократить количество промежуточных операций, минимизировать потерю ядерного материала и организовать непрерывный процесс, продемонстрировала свою перспективность в изготовлении прекурсоров и оксидов ядерного топлива [1]. Целью данной работы являлось изготовление монофазных таблеток имитаторов ядерного топлива из продуктов термохимической денитрации азотнокислых растворов уранила и тория.

Пресс-порошки оксидов U-Th были получены методом термохимической денитрации с использованием муравьиной кислоты [1]. Восстановление формиатов до оксидов проводилось при температуре 800 ^{o}C в среде Ar/H_2 (H_2 5 об. %) с разной продолжительностью. В результате были получены двухфазные порошки твердых растворов с общей формулой $U_yTh_{1-y}O_2$. Прессование проводилось с использованием пресса ПРГ-1-70 с добавлением стеарата цинка при давлении 200 МПа. Таблетки спекали при 1600 ^{o}C в течение 3 ч и охлаждали до 400 ^{o}C в среде Ar/H_2 с последующим охлаждением до комнатной температуры на воздухе.

По данным рентгенофазового анализа полученные таблетки – однофазные с составом $U_yTh_{1-y}O_{2+x}$. Радиометрическим методом, а также методом рентгеноспектрального микроанализа было определено содержание урана и тория и подтверждено отсутствие потерь материала на всех этапах получения таблеток. Таким образом была получена формула твердого раствора $U_{0,74}Th_{0,26}O_{2+x}$.

В результате проведенных экспериментов продемонстрирована возможность получения монофазных таблеток из оксидов U-Th, полученных восстановлением формиатов из азотнокислых растворов при высоком содержании Th. Значение кислородного коэффициента, рассчитанное согласно [2], составило 2,13–2,15, что может быть объяснено охлаждением в атмосфере воздуха до комнатной температуры. Обеспечение кислородного коэффициента близкого к 2,0 возможно путем охлаждения таблеток до комнатной температуры в восстановительной атмосфере. Геометрическая плотность таблеток составила 83,5–90 % от теоретической. Для обеспечения требуемой плотности необходимо увеличение давления прессования.

Таким образом дальнейшие работы по таблетированию будут направлены на достижение оптимальных значений кислородного коэффициента и плотности.

Литература:

1. Алой, А.С. Получение смешанных порошков оксидов урана и плутония с использованием тонкопленочного роторного аппарата / А.С. Алой, А.Ю. Абашкин, Р.В. Исмаилов, Т.И. Кольцова, А.А. Мурзин, В.Ф. Сапрыкин, А.А. Хоршев // Химическая технология. – 2023. – Т. 24, №1. – С. 26-32.

2. Н.М. Воронов, Р.М. Софронова, Е.А. Войнотехова. Высокотемпературная химия окислов урана и их соединений. М., Атомиздат, 1971, стр. 360.

СВЯЗЫВАНИЕ ХЛОРИД-АНИОНОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ КОНВЕРСИИ ХЛОРИДА КАЛИЯ В НИТРАТ

Соколов А.А.*, *Логинов С.В.

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

e-mail: alexander-sockolov-2003mail@list.ru

BINDING OF CHLORIDE ANIONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS DURING THE CONVERSION OF POTASSIUM CHLORIDE INTO NITRATE

Sokolov A.A.*, *Loginov S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При получении конверсионным способом нитрата калия из сильвина взаимодействием в водном растворе с аммиачной селитрой образуется хлорид аммония. Кроме того, при производстве соды по способу Хоу также накапливается хлорид аммония, применение которого является ограниченным.

Представляет интерес разработка метода связывания хлорид-аниона из водных солевых растворов. В качестве возможных способов связывания Cl^- рассматривается введение в раствор, например, нитрата серебра с образованием осадка хлорида серебра. Способ является дорогим, поскольку предполагает работу со стехиометрическими количествами солей ценного металла и обязательным рециклом последних. Возможно, проводить селективное извлечение хлорид-аниона анионитами из слабых рассолов, что также является проблематичным из-за низкой емкости анионитов и обременено большими объемами растворов.

Известен способ связывания аниона хлора сольватом трибутилфосфата (ТБФ) хлорноватистой кислоты [1]:

$$H^+_{(в)} + Cl^-_{(в)} + ТБФ{\bullet}HOCl_{(о)} \rightarrow ТБФ{\bullet}Cl_{2(о)} + H_2O.$$

Регенерация возможна взаимодействием со щелочами:

$$ТБФ{\bullet}Cl_{2(о)} + NaOH_{(в)} \rightarrow ТБФ{\bullet}HOCl_{(о)} + NaCl_{(в)}$$

или отдувкой воздухом:

$$ТБФ{\bullet}Cl_{2(о)} \rightarrow ТБФ_{(о)} + Cl_{2(г)}.$$

Выделяющийся хлор может быть использован в производстве синтетической соляной кислоты, хлорного отбеливателя, при обеззараживании воды.

В настоящее время проводятся эксперименты по связыванию хлорид-аниона из галургических рассолов и дистиллерных жидкостей.

Литература:

1. Патент № 2587449 Российская Федерация, МПК B01D 11/04. Способ очистки сернокислых или азотнокислых растворов от хлорид-иона: № 2014151811/05: заявлено 19.12.2014: опубликовано 20.06.2016 / Кузьмин В.И., Кузьмин Д.В.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХХТ СО РАН). – 5 с.

ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ФОСФОГИПСА

Суханова Д.А.*, *Чернец Ю.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ
e-mail: sukharik505@gmail.com

PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS FROM PHOSPHOGYPSUM

Sukhanova D.A.*, *Chernets Y.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фосфогипс – это отход производства экстракционной фосфорной кислоты из апатитов, загрязненный примесями полугидрат, дигидрат или ангидрит сульфата кальция с содержанием основного вещества не менее 80 %. Переработка фосфогипса в настоящее время нерентабельна, и он направляется на хранение на специально спроектированные объекты. Проблема фосфогипса актуальна из-за больших запасов, требующих значительных капиталовложений и затрат на транспортировку и хранение, а также негативных последствий для окружающей среды. Ежегодно запасы фосфогипса в отвалах увеличиваются на 20 миллионов тонн, что затрудняет его переработку.

Одним из способов утилизации фосфогипса может стать его применение в строительной отрасли, например, в производстве бетона. Однако следует учесть, что этот материал содержит значительное количество примесей фосфорной кислоты, что может негативно сказаться на качестве. В результате работы проверен способ устранения остатков фосфорной кислоты путем отмывки фосфогипса. Установлено, что для значительных изменений состава потребовалось бы использовать слишком большой объём воды. В связи с этим опробовано удаление примесей путём разложения при повышенных температурах.

По справочным данным температура кипения фосфорной кислоты составляет 213 °С, однако температура прокалки бралась выше, для полного удаления еще и возможных сопутствующих примесей. Температурная обработка состояла из сушки при 150 °С и прокалки при 550 °С. Прокалка проводилась в течение часа, сушка образцов проводилась до постоянной массы (таблица).

Таблица – Результаты температурной обработки фосфогипса

Показатель	Фосфогипс ОАО «Еврохим»	Полугидратный фосфогипс ОАО «Фосагро»	Дигидратный фосфогипс ОАО «Фосагро»
Масса образца до сушки, г	7,2	4,65	5,24
Масса образца после сушки, г	5,37	3,61	3,9
Масса образца после прокалки, г	4,04	2,66	2,69
Содержание влаги в образце	25,4	23,3	25,6
Содержание фосфорной кислоты и других легко разлагаемых веществ	24,6	26,3	31,1

В результате проверки полученного фосфогипса на содержание фосфорной кислоты, было установлено, что данный метод эффективно устраняет остатки примесей кислот из фосфогипса. Дальнейшая работа направлена на исследование способов получения и свойств бетонов на основе прокаленного и обычного фосфогипса.

ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО И МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

Украинский А.П.

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

e-mail: ukrai98281@gmail.com

THE COARSE AND FINE AGGREGATES' EFFECT ON THE PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT CONCRETE

Ukrainsky A.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях современного производства товарного бетона необходимо бесперебойно осуществлять выпуск качественной продукции из поступающего на площадку сырья, с учетом актуальных проблем – сезонной нестабильностью сырьевой базы. Одним из решений является поиск взаимозаменяемых крупных и мелких заполнителей, используемых для изготовления бетона. Это позволит заменить недоступный в текущий момент времени заполнитель на более доступный или дешевый аналог. Цель работы – определить взаимозаменяемость заполнителей (песка и щебня) при изготовлении товарного бетона на производстве.

Для достижения поставленной цели были определены характеристики используемых заполнителей: зерновой состав, дробимость, истинная плотность, содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, морозостойкость щебня по ГОСТ 8269.0-97 и модуль крупности, показатель гравийности, содержание органических примесей, содержание пылевидных и глинистых частиц в песке по ГОСТ 8735-88. Бетонные смеси были испытаны по ГОСТ 10181-2014, а образцы-кубы бетона изготовлены для определения прочности по ГОСТ 18105-2018.

Сравнительные испытания бетонной смеси и бетона проводились на разных песках и щебнях с различных карьеров Ленинградской области. Актуальная задача включает в себя проведение испытаний на песках с карьеров Манушкино, Варшко, Крутая Горка, Первомайское, Тайвань, Орлиное, и щебнях с карьеров Кузнечное, Орлиный, Незаметный, Гаврилово и Озерный. Во всех составах расход вяжущего (смесь цемента ЦЕМ II/В-Ш 42,5Н по ГОСТ 31108-2020 и минеральной добавки – доломитовой муки в соотношении 88:12) составлял 320 кг на 1м^3 бетонной смеси.

По результатам испытаний образцов кубов бетона на прочность отказались от использования на производстве песка с карьера «Манушкино» поскольку прочность бетона при его использовании была немного ниже, по сравнению с песками с других карьеров, а стоимость такого песка была наибольшая. Также в ходе исследований было установлено, что при различных показаниях дробимости у щебней, прочностные характеристики бетона отличаются незначительно, так, например, бетон, изготовленный с использованием щебня с карьера «Незаметный» с дробимостью 1000 не уступает другим щебням с дробимостью 1200 и выше. Последующие испытания призваны определить показатели мелкого заполнителя, которым он должен строго соответствовать для возможной замены одного на другой без снижения качества бетона, а также сформировать оптимальные варианты сочетаний крупного и мелкого заполнителей с упомянутых ранее карьеров. Кроме того, стоит задача закрепить возможные вариации заполнителей в картах побора на бетонную смесь и провести дополнительные испытания бетона. Первичные испытания бетона на морозостойкость и водонепроницаемость подтвердили соответствие заявленным показателям.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СВОЙСТВА КСЕРОГЕЛЕЙ, ПОРОШКОВ И КЕРАМИКИ В СИСТЕМЕ ZrO_2–Y_2O_3

Федоренко Н.Ю.*, *Белоусова О.Л.*, *Ершов Д.С.

Филиал ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова

e-mail: fedorenkonyu@ya.ru

INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF XEROGELS, POWDERS AND CERAMICS IN THE ZrO_2–Y_2O_3 SYSTEM

Fedorenko N.Yu.*, *Belousova O.L.*, *Ershov D.S.

Branch of The Federal State Budgetary Institution «B.P. Konstantinov St. Petersburg Institute of Nuclear Physics» of The National Research Center «Kurchatov Institute» – I.V. Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry,

Керамика из ZrO_2 обладает повышенной прочностью, твердостью, высокой трещиностойкостью, коррозионной стойкостью, а также сохраняет прочность при эксплуатации в широком диапазоне температур. Химические методы синтеза дают возможность контролировать процессы образования частиц ксерогеля и, как следствие, развитие микроструктуры и фазового состава керамики. Среди химических методов, позволяющих получать нанодисперсные порошки на основе ZrO_2, наиболее эффективными являются жидкофазные методы синтеза. Вместе с тем, добиться необходимого уровня равномерности распределения концентрации не так просто. Использование микрореакторов с интенсивно закрученными потоками может помочь решить эту проблему.

Целью работы является синтез ксерогелей в системе ZrO_2–Y_2O_3 с последующей низкотемпературной обработкой осадков и обжигом при 600°С, получение керамики и комплексное исследование свойств полученных материалов.

Методом совместного осаждения гидроксидов получены ксерогели в системе ZrO_2–Y_2O_3 с использованием классической лабораторной установки с магнитной мешалкой и микровихревого аппарата со встречными закрученными потоками (микро-ВСА-ВЗП) с различными расходами растворов (1,5, 2,5, 3,5 л/мин) [1, 2].

Наибольшим значением $S_{уд}$ (409,5 $м^2/г$) обладает ксерогель, полученный на лабораторной установке. Обжигом ксерогелей получены порошки на основе псевдокубического твердого раствора *t'*-ZrO_2 (размер ОКР 8-11 нм, размеры агломератов – 100–150 нм), а затем изготовлены керамика на основе кубического твердого раствора *c*-ZrO_2 (средний размер ОКР = 80 нм, Модуль Юнга = 60 – 70 ГПа).

Полученные керамические материалы обладают высокой ионной проводимостью ($\sigma_{545°C}=3{,}8\cdot10^{-4}$ См/см) в газовой среде, содержащей оксиды азота, и могут быть использованы в качестве материалов для изготовления газовых сенсоров [2].

Работа выполнена в рамках темы НИР филиала НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИХС № 1023033000122-7-1.4.3 «Физико-химические основы неорганического синтеза микро- и наноструктурированных неорганических, органо-неорганических и керамических материалов и покрытий для био-, энерго- и ресурсосберегающих технологий».

Литература:

1. Fedorenko N.Yu. et al. Ceramics International. 2022. V. 48. Iss. 6. P. 13006-13013.
2. Федоренко Н.Ю. и др. Физика и химия стекла. 2024. № 3. С. 315 – 322.

МИКРОСТРУКТУРА НОВЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ MAX-ФАЗ СОСТАВА $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$, где 0 <x<0,17

Фирсова П.О.*, *Арлашкин И.Е.

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

e-mail: alesyasinichkina@gmail.com

MICROSTRUCTURE OF NEW MULTICOMPONENT MAX-PHASES COMPOSITION $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$, where 0 <x<0.17

Firsova P.O.*, *Arlashkin I.E.

Saint-Petersburg Institute of Technology

На сегодняшний момент большой практический интерес с точки зрения создания новых материалов вызывает семейство слоистых соединений общей формулой $M_{n+1}AX_n$, где M – переходный металл *d*-группы (Ti, Zr, Ta и др.); A – металл *p*-группы (Si, Ge, Al, Ga, Cd, Tl, Pb); X – углерод или азот. Сочетание важных для конструкционных материалов свойств (малая плотность, высокая прочность, стойкость к высокотемпературному окислению, возможность обработки резанием и др.) позволяют говорить о высоком потенциале применения таких материалов в различных отраслях современного отечественного машиностроения.

Твёрдые растворы на основе MAX-фаз могут демонстрировать значительно более высокие физико-механические свойства по сравнению с “чистыми” аналогами, за счёт образования более активных промежуточных интерметаллидных фаз между M и A компонентами.

В качестве исходного сырья для синтеза твёрдого раствора $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$ использовались коммерческие чистые порошки Ti, Ta, Si и TiC дисперсностью 0.8-1 мкм. Расчёт исходных навесок порошковой шихты производили исходя из уравнения 1.

$$(1-3X)Ti + 3XTa + Si + 2TiC \rightarrow (Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2 \quad (1)$$

Синтез вели в температурном диапазоне 1500–1600 ˚С в условиях глубокого вакуума, выдержка в печи составила 1.5 ч. Микроструктура полученных материалов представляет из себя однофазные материалы, с незначительными примесями исходного карбида титана и промежуточных силицидов общей формулой $Ti_xTa_ySi_2$ различного стехиометрического состава (рисунок).

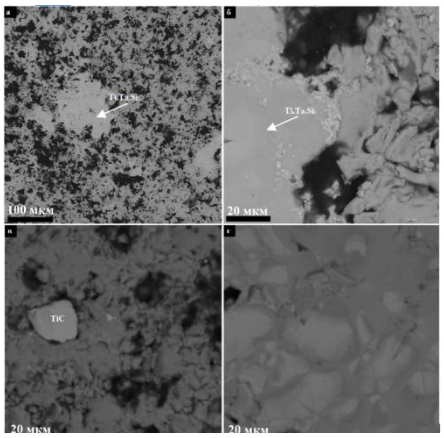


Рисунок – Микрофотографии полученных образцов: включения $Ti_xTa_ySi_2$ (а), граница раздела зёрен $(Ti_{1-x}Ta_x)_3SiC_2$ и $Ti_xTa_ySi_2$ (б), включения TiC в структуру материала (в), неоднородная структура силицидной фазы (светлые участки - область богатая танталом) (г)

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА АММИАКА

Чернец Ю.А.*, *Суханова Д.А.

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

e-mail: uliacernec970@gmail.com

DEVELOPMENT OF A LABORATORY SETUP FOR DETERMINING THE PROPERTIES OF AMMONIA SYNTHESIS CATALYSTS

Chernets Y.A.*, *Sukhanova D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство аммиака в России представляет собой важное стратегическое направление. Это обусловлено тем, что аммиак является ключевым сырьем для производства азотных удобрений, что в свою очередь имеет большое значение для сельского хозяйства и обеспечения общества продуктами питания. Процесс синтеза аммиака основан на использовании промотированного железного катализатора, без которого процесс в промышленности практически невозможен [1].

Для эксплуатации установки синтеза аммиака требуются высокие температура и давление, а также работа с водородом, что представляет определенную опасность для исследователей, процессы являются энерго- и ресурсоемкими.

Очевидно, необходимо найти способ определения свойств катализатора без использования высокого давления и водорода. С опорой на механизм связывания азота на катализаторе, который включает в себя диффузию к поверхности зёрен катализатора и хемосорбцию азота [2], разрабатывается установка, с помощью которой представляется возможным оценить степень заполненности активных центров железного катализатора. Схема установки, которая позволит исследовать катализаторы синтеза аммиака в сценарии элементарного акта адсорбции собственно азота, представлена на рисунке.

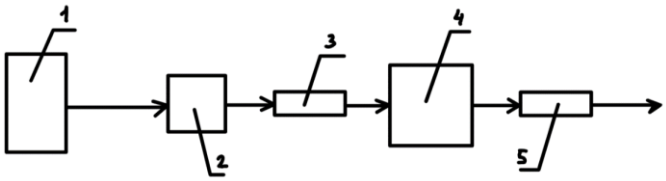


Рисунок – Принципиальная схема работы установки для исследования активных центров железного катализатора: 1- баллон с азотом (N_2); 2 - адсорбер CO, CO_2, Sx, CxHy; 3,5 – газовый хроматограф; 4-проточный каталитический реактор с нагревом до 500 °C

Дальнейшие работы предполагают проведение испытаний различных отечественных и импортных катализаторов синтеза аммиака, в том числе на чистых железных катализаторах и на катализаторах с промоторами.

Авторы выражают благодарность доценту кафедры ТНВ Логинову С.В. за научное и методическое обеспечение исследований.

Литература:

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984 306 с.

2. Логинов С.В., Яковлев А.В. Применение фактора неоднородности молекулярных локализаций для сравнения катализаторов синтеза аммиака /Материалы XII научной конференции «Традиции и инновации», посвященной 193-й годовщине образования СПбГТИ(ТУ), 1-3 декабря 2021г.-СПб, с.125

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПУЦЦОЛАНОВЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ГИПСОЦЕМЕНТНОПУЦЦОЛАНОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Шангина Е.О.

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

e-mail: cement_dept@technolog.edu.ru

THE EFFECT OF TYPE OF POZZOLANE ON PROPERTIES OF GYPSUM-CEMENT-POZZOLANE BINDERS

Shangina E.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработка строительных материалов на основе гипсоцементнопуццолановых (ГЦП) вяжущих актуальна для изделий, которые будут эксплуатироваться в условиях повышенной влажности, так как данное вяжущее дешевле по сравнения с портландцементом.

В настоящей работе использовалось гипсовое вяжущее «Минерал – Хорс», Краснодарский край ипортландцемент ЦЕМ I 42,5 Н. В качестве пуццолановых добавок применялисьметакаолин ВМК-45 ООО «Синерго», микрокремнезем «Silammix-85» г. Липецк, микротальк МИТАЛ 10-80 АО «Геоком». Оптимальная дозировка активных минеральных добавок в составе ГЦП оценивались по методике [1], что обеспечивает способность добавки связывать $Ca(OH)_2$ из смеси ГЦП вяжущего в водной суспензии. При этом концентрация $Ca(OH)_2$в водной суспензии не должна превышать 1,1 г/л через 5 сут. и 0,85 г/л через 7 сут. от начала опыта. По результатам проведенных исследованийоптимальное содержание активных минеральных добавок в составе ГЦП должно составлять:10 % метакаолина, 10 % микрокремнезема, 30 % микроталька по отношению к 30 % цемента. Кинетика твердения ГЦП с оптимальным содержанием активных минеральных добавок при постоянном водо-твердомотношении (В/Т = 0,55) представлена в таблице.

Таблица – Кинетика твердения ГЦП вяжущих с различными минеральными добавками

Активная минеральная добавка		Прочность при сжатии, МПа, через сут		
Вид	Содержание, %мас	1	7	28
Метакаолин	10	5,8	17,0	22,2
Микрокремнезем	10	5,7	16,6	21,7
Микротальк	30	2,1	7,4	7,5

Результаты испытаний показали, что наиболее высокой прочностью характеризуются составы ГЦПвяжущих, содержащие в качестве активных минеральных добавок метакаолин и микрокремнезем. Высокая прочность вышеуказанных составов ГЦП позволяет использовать их для разработки напольных покрытий.

Литература:

1.Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / Под общей ред. А.В. Ферронской. –Москва.: Издательство АСВ, - 488 с.

СЕКЦИЯ 8.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕРОВ И МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ



ОПЫТ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТА «ИГОЛЬЧАТОЕ ОТВЕРСТИЕ» НА ПРЕФОРМАХ

Аттяуи С.С.*, *Лебедева Т.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс
e-mail: selimattyaoui033@gmail.com

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR LUBRICATION OF PET PREFORMS

Attyaoui S.S., Lebedeva T.M.
Saint - Petersburg State Institute of Technology

В качестве упаковки для большинства напитков самое широкое применение находят бутыли из полиэтилентерефталата (ПЭТ). Производство таких изделий включает два этапа: литье преформ и последующий их раздув в изделия. Качество преформ определяет эксплуатационные характеристики изделий. В числе наиболее опасных дефектов преформ следует назвать игольчатое отверстие на дне преформы.

Для устранения дефекта «игольчатое отверстие» были использованы различные аналитические методики, в том числе диаграмма Парето, метод 4М. В первую очередь следовало выявить причины возникновения данного дефекта. Игольчатое отверстие появляется по причине прилипания еще не до конца остывшего материала к игле, что при раскрытии литьевой формы провоцирует образование игольчатого отверстия в зоне литника преформы. Дефект тем более опасный, что он может быть малозаметен при визуальном осмотре. При первых появлениях, дефект удается устранить технологическим путем понизив температуру сопел на проблемных гнездах, и/или увеличивая время охлаждения, но уже через несколько циклов литья повторное появление этого вида брака является сигналом износа инструмента. Так как техническое обслуживание горячего канала, и замена донных вставок является очень дорогостоящим процессом, следовало предложить метод, позволяющий решить данную проблему с минимальными вложениями. Проанализировав работу оборудования, стало ясно, что охлаждение иглы происходит только за счет ее непосредственного контакта с донной вставкой (рисунок), которая за счет конвекции отбирает тепло от иглы. Стало очевидным, что требуется замена либо иглы, либо изношенной донной вставки. Чтобы избежать приобретения дорогостоящей донной вставки было предложено заменить изношенную иглу на новую, но дефект преформы не исчез. Далее была предпринята попытка использовать иглу большего диаметра (индекс 99), такое решение обеспечило более плотное прилегание иглы к поверхности отверстия сопла. В результате проблема была устранена. Выбор иглы с большим размером позволил обеспечить работу всех 96 гнезд формы и продлить срок работы литьевой оснастки.

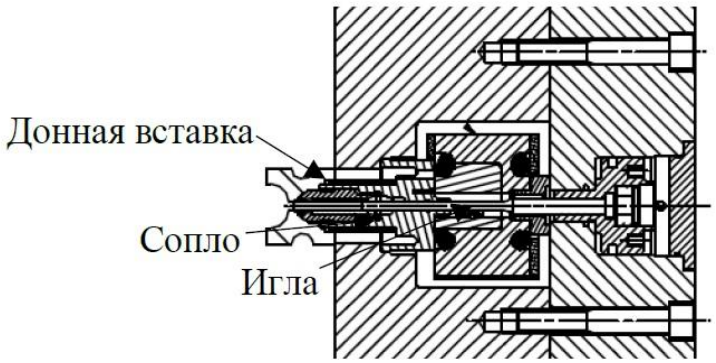


Схема элементов горячего канала

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ВЯЗКОСТЬ НЕНАСЫЩЕННОЙ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАЛЕИНОВЫМ АНГИДРИДОМ

Болотова Л.Д.*, *Муравский А.А.

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

e-mail: bolotova.lyubov1@yandex.ru

THE EFFECT OF AN ACTIVE SOLVENT ON THE DYNAMIC VISCOSITY OF AN UNSATURATED POLYESTER RESIN BASED ON GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MODIFIED WITH MALEIC ANHYDRIDE

Bolotova L.D.*, *Muravsky A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из самых распространенных полимерных материалов является полиэтилентерефталат (ПЭТ). Высокий уровень потребления ПЭТ приводит к большому количеству отходов, с которыми необходимо бороться. Гликолиз ПЭТ является одним из наиболее перспективных методов утилизации. В результате этого процесса образуются олигоэфирполиолы, которые могут быть использованы для получения ненасыщенных полиэфиров.

Для получения олигоэфирполиола проводили гликолиз ПЭТ с диэтиленгликолем в мольном соотношении 1:6. В качестве катализатора использовали ацетат цинка в количестве 0,5 % от общей массы. Затем проводили фильтрацию и вакуумную перегонку для очистки гликолизированных продуктов, после чего у полученного полиола измеряли гидроксильное число (546 мг KOH/г).

Для получения ненасыщенной полиэфирной смолы (НПС) проводили модификацию олигоэфирполиола малеиновым ангидридом. По окончании реакции измеряли кислотное число (253,3 мг KOH/г) и динамическую вязкость (12,4 Па · с) ненасыщенного полиэфира.

Далее проводили исследование влияния количества активного растворителя диметакрилата триэтиленгликоля (ТГМ-3) на динамическую вязкость полученной НПС. Для этого отбирали пробы смолы, варьируя процентное содержание ТГМ-3. Исследование проводили на реометре Anton Paar Physica MCR 302. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица – Зависимость динамической вязкости смолы от содержания ТГМ-3

Содержание ТГМ-3, %	Динамическая вязкость смолы, Па · с
10	2,860
20	0,690
30	0,435
40	0,124
50	0,027
60	0,002
70	0,032

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в исследуемых композициях необходимо использовать 30 % ТГМ-3, так как оптимальное значение динамической вязкости смолы для 3D-печати составляет 0,3–0,6 Па · с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАЛЕИНОВЫМ АНГИДРИДОМ

Болотова Л.Д.*, *Тяпкина Д.А.*, *Сторожек Г.О.

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

e-mail: bolotova.lyubov1@yandex.ru

INVESTIGATION OF PHOTOPOLYMERIZING COMPOSITIONS BASED ON GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MODIFIED WITH MALEIC ANHYDRIDE

Bolotova L.D.*, *Tyapkina D.A.*, *Storozhek G.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире всё большее внимание уделяется разработке и использованию новых технологий. Среди них выделяются аддитивные технологии, позволяющие создавать конструкционные материалы на основе модифицированных олигомерных продуктов гликолиза вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТ) диэтиленгликолем.

Синтез ненасыщенной полиэфирной смолы проводили путём гликолиза ПЭТ с диэтиленгликолем в мольным соотношении 1:6 по методике, представленной в работе [1]. Для получения смолы, пригодной для отверждения, разработанный ненасыщенный олигоэфир смешивали с диметакрилатом триэтиленгликоля (ТГМ-3). Количество ТГМ-3 варьировалось от 30 до 50 масс.%. Затем в полученный раствор добавляли фотоинициатор (дифенил (2,4,6-триметилбензоил) фосфиноксид) в количестве 2 масс.% и тщательно перемешивали около 20 минут.

Полученную фотополимеризующуюся композицию помещали в 3D-принтер, где происходила печать посредством полимеризации по свободно-радикальному механизму под воздействием ультрафиолетового излучения. После печати каждый образец промывался в изопропиловом спирте в течение 10 минут в специализированной промывочной машине, после чего проводили доотверждение полученных изделий под воздействием УФ-излучения в течение 15 минут при постоянном вращении.

Для исследования прочностных характеристик полученных изделий проводили испытание образцов на сжатие по ГОСТ 4651–2014. Для этого использовали не менее трех образцов цилиндрической формы. Испытания проводились на машине Shimadzu AG-X Plus. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица – Зависимость прочности при сжатии образцов от содержания ТГМ-3

Содержание ТГМ-3, масс.%	Максимальное напряжение при сжатии, МПа
30	3,95
40	6,25
45	21,61
50	37,41

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что повышение содержания ТГМ-3 в образцах приводит к улучшению их прочностных характеристик.

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.

СИНТЕЗ (5,5'-МЕТИЛЕНБИС(2-АМИНОФЕНОЛА) И ПОЛИ(*о*-ГИДРОКСИАМИДОВ) НА ЕГО ОСНОВЕ

***Большаков М.Н.*[1], *Марфичев А.Ю.*[1], *Рудая Л.И.*[2]**

[1]*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Филиал НИЦ «Курчатовский институт»-ПИЯФ-ИВС*

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

e-mail: bolshmax@rambler.ru

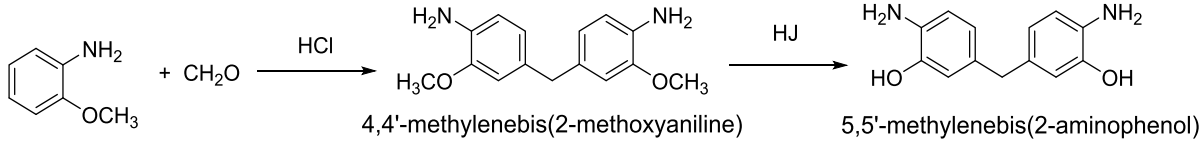
SYNTHESIS OF 5,5-METHYLENEBIS(2-AMINOPHENOL) AND POLY(o-HYDROXYAMIDES) BASED ON IT

Bolshakov M.N., Marfichev A.Yu., Rudaya L.I.

[1]*Federal State Budgetary Institution B.P. Konstantinov St. Petersburg Institute of Nuclear Physics of the Kurchatov Institute National Research Center Branch of the Kurchatov Institute Research Center - PIIF-IVS,*

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

5,5’-Метиленбис(2-аминофенол) (I) является перспективным мономером для синтеза высокотермостойких полимерных составляющих для материалов различного назначения, в том числе, полимерных светочувствительных композиций, с помощью которых с использованием стандартных фотолитографических операций можно сформировать высокотермостойкий тонкопленочный микрофоторельеф на подложках различной химической природы, используемых в микроэлектронных производствах. Это соединение можно получить конденсацией *о*-аминофенола с формалином в кислой среде в присутствии восстановителя – бисульфита натрия с последующей нейтрализацией реакционного раствора аммиаком. В реакции может образоваться также его структурный аналог - 3,3’-метиленбис(6-аминофенол), причем их соотношение в значительной степени зависит от кислотности среды. К сожалению, высокая склонность к окислению *о*-аминофенола приводит к значительному смолообразованию при проведении реакции, что требует трудоемких операций по очистке конечного продукта. Более чистый и стабильный продукт (I) удалось получить из его диметоксильного производного аналогично [1] по следующей схеме:



4,4'-methylenebis(2-methoxyaniline) 5,5'-methylenebis(2-aminophenol)

Константы аминогидроксипроизводных (I), синтезированных разными способами, их ИК- и ЯМР спектры совпадали, причем соединение, полученное по второму способу, не требовало очистки. Изучаются свойства поли(*о*-гидроксиамидов) и поли(амидо-*о*-гидроксиамидов) – продуктов их поликонденсации с изофталоилхлоридом.

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

Литература:

1. Способ получения 4,4’-диамино-3,3’-диметоксидифенилметана: авт. свид. 280487. МПК С 07с 85/00/. М.С. Акутин, И.О. Елин, Е.Г. Любешкина, А.А. Сорокин, Н.Н. Шмагина, Е.А. Преображенская, П.А Мошкин, И.П. Ермакова, Н.М. Майзлиш; - № 1140215 23-4; заявл. 10.03.1967; опубл. 03.09.1970. Бюл. № 28.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ НАБУХАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТРОНИДАЗОЛОМ И ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ

Гудкин А.В.

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

e-mail: gudkinartur@gmail.com

STUDYING THE KINETICS OF SWELLING OF POLYMER COMPOSITE MATERIAL BASED ON ACRYLIC HYDROGELS MODIFIED WITH METRONIDAZOLE AND DETONATING NANODIAMONDS

Gudkin A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гидрогели, в том числе и акриловые – это сшитые сополимеры, способные поглощать и удерживать большие объемы различных жидкостей. Из-за высокой набухающей способности акриловые гидрогели (АГ) перспективны для использования в различных областях промышленности. Наибольшее применение такие полимерные композиционные материалы (ПКМ) находят в медицине при создании предметов санитарно-гигиенического назначения, раневых покрытий [1].

В настоящее время классические бинтовые повязки не удовлетворяют значительному ряду требований, таким как, эластичность, безболезненность при перевязках, достаточная сорбционная емкость биологических жидкостей. Наличие в ранах скопления значительного количества жидкости (лимфы, крови, гноя), являющейся средой для размножения патогенных микроорганизмов, препятствует заживлению повреждений. Обладая большим влагосодержанием, АГ способствуют размягчению некротических образований за счет регидратации тканей. Однако АГ имеют ряд недостатков: низкие физико-механические характеристики и отсутствие собственной биологический активности.

Для увеличения прочности в структуру гидрогеля можно ввести активный наполнитель. В работе выбран дисперсный неорганический наполнитель: детонационные наноалмазы (ДНА). Известно, ДНА обладают прооксидантным эффектом, нарушают жизненный цикл вирусов, рост микромицетов и продукцию белка микроорганизмов [2]. Одновременно с этим, ДНА повышают физико-механические свойства АГ за счет большого числа функциональных групп на поверхности. Для придания ПКМ целевой терапевтической активности нами был выбран метронидазол (МНА). МНА используется при лечении инфекций кожи, в случае длительно незаживающих ран и трофических язв.

В работе изучена кинетика набухания ПКМ. Получена зависимость степени набухания от времени, определена предельная степень набухания. Изучен механизм диффузии растворителя (среды) в ПКМ: нефиковский (аномальный) механизм. Подобрана математическая модель, наилучшим образом описывающая кинетику набухания ПКМ: это модель псевдопервого порядка.

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.

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН МА-40 И МА-41 В РАСТВОРАХ СУЛЬФАТА НИКЕЛЯ И СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Каштанова У.Е., Давтян А.А., Печенкина Е.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технологический университет), кафедра технологии электрохимических производств

e-mail: uliana.kashtanova@gmail.com

CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF ANION-EXCHANGE MEMBRANES MA-40 AND MA-41 IN SOLUTIONS CONTAINING NICKEL AND SODIUM IONS

Kashtanova U.E., Davtyan A.A., Pechenkina E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Исследование вольтамперных характеристик (ВАХ) ионообменных мембран дает представление об их электрохимических свойствах. Метод мембранной вольтамперометрии позволяет определить значение предельного тока, который является важным параметром при практическом применении мембран [1].

Цель исследования заключается в изучении влияния ионов никеля на ВАХ ионообменных мембран.

Объектами исследования являются гетерогенные анионообменные мембраны МА-40 и МА-41, уравновешенные в растворах сульфата никеля и сульфата натрия с концентрацией 0,06 Н.

Экспериментальные измерения ВАХ проводились в четырехкамерной ячейке. Результаты измерений обрабатывали с помощью программы Excel. В таблице представлены основные параметры исследуемых образцов: величина предельного тока ($i_{пр}$), потенциал наступления предельного состояния мембранной системы ($\Delta E_{пр}$), длина плато предельного тока (Δ_{plato}) и потенциал перехода мембранной системы в сверхпредельное состояние ($\Delta E_{кр}$).

Таблица - Основные параметры ВАХ анионообменных мембран МА-40 и МА-41

Раствор	Мембрана	$i_{пр}$, мА/см^2	$\Delta E_{пр}$, мВ	Δ_{plato}, мВ	$\Delta E_{кр}$, мВ
Na_2SO_4	МА-40	7,30	1039	2733	3772
	МА-41	5,80	369	2558	2927
$NiSO_4$	МА-40	7,60	620	1385	2005
	МА-41	6,00	784	815	1599

Из таблицы видно, что природа присутствующего в растворе катиона не оказывает существенного влияния на величину предельного тока, однако для МА-40 в обоих растворах она выше. В растворах, содержащих ион никеля, длина плато предельного тока для исследуемых мембран сокращается, что может быть связано с каталитическим воздействием никеля на реакцию диссоциации воды [2].

Литература:

1. Мельников, С.С. Вольтамперные характеристики асимметричных биполярных мембран / С.С. Мельников, Н.В. Шельдешов, В.И. Заболоцкий // Сорбционные и хроматографические процессы, 2014 – Т.14. - №4 – с.663-673

2. Желонкина Е.А., Шишкина С.В., Ананченко Б.А. Влияние гидроксидов меди и никеля на реакцию диссоциации воды при электродиализе в сверхпредельном токовом режиме // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17. № 4

ТЕРМОЛИЗ ПОЛИМЕРОВ: ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Кириллов Д.М.*, *Ксенофонтов А.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств
e-mail: kirillovdm2002@gmail.com

POLYMER THERMOLYSIS: A PROMISING WAY OF POLYMER WASTE DISPOSAL

Kirillov D.M.*, *Ksenofontov A.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Переработка полимерных отходов – одна из значимых проблем современности. Производство полимеров в мире исчисляется миллионами тонн (более 400 миллионов тонн в 2022 году); в 2023 году производство пластмасс в России составило 10,7 млн тонн по данным Росстата [1]. От использованных полимерных изделий образуется большое количество отходов, многие из которых необходимо подвергать искусственной переработке. В России образуется около 4 млн тонн пластиковых отходов каждый год, причем доля пластика на переработку находится в районе 10 %, остальное свозится на полигоны и свалки или сжигается [2]. Захоронение является наименее эффективной мерой для избавления от отходов, и их переработка остается заметной проблемой.

Одним из эффективных способов переработки некоторых отходов, в первую очередь полиэтиленовых и полипропиленовых, является термолиз. Сущность процесса состоит в нагревании до высокой температуры и выдержке полимерного материала в условиях недостатка кислорода; это приводит к термической деструкции полимера, в ходе которой выделяются углеводороды, а также, в зависимости от состава полимера, другие вещества. Образуются продукты трех видов: газ, жидкий дистиллят и твердый коксовый остаток. Газ состоит в основном из легких углеводородов, дистиллят – из компонентов жидкого топлива. Целевым продуктом, как правило, является дистиллят. Теплотворная способность жидкого продукта термообработки полиолефинов превосходит 40 МДж/кг. Из дистиллята от термообработки полиэтилена удавалось выделить компоненты бензиновой фракции и сырье для дизельного топлива. Дизельное топливо от термолиза после модифицирования или смешения с обычным дизельным топливом показывало удовлетворительные результаты как топливо для двигателя. Твердый остаток потенциально может использоваться для получения пористых углеродистых материалов. Из выделяющихся при термолизе газов можно извлекать этилен и пропилен, остальные газы можно использовать для питания энергией самой установки термолиза или получения тепла [3].

Различные методы переработки полимеров характеризуются разными преимуществами и недостатками. Чтобы более точно определить перспективы метода, необходимо подробно рассмотреть процесс термолиза и сопоставить его с другими методами переработки отходов.

Литература:

1. Новости Росстата: [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/231621/. (Дата обращения: 12.10.2024).

2. Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации / О. Сперанская, О. Понизова, О. Цитцер, Я. Гурский. - Международная Сеть по Ликвидации Загрязнителей (International Pollutants Elimination Network), 2021. - 91 с.

3. Belbessai, S. Recent Advances in the Decontamination and Upgrading of Waste Plastic Pyrolysis Products: An Overview / S. Belbessai, A. Azara, N. Abatzoglou. // Processes. - 2022. - V. 10. - Iss. 4.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА

***Костерова О.*[1,2], *Маркова М.А.*[1,2], *Попугаев А.В.*[1,2], *Гусев А.В.*[3]**

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

[2]*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт»,*

[3]*ООО «Акцентр Групп»*

e-mail: zhanna.lutova@gmail.com

INFLUENCE OF ELECTRON-BEAM TREATMENT ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF POLYACRYLONITRILE FIBERS

***Kosterova O.*[1,2], *Markova M.A.*[1,2], *Popugaev A.V.*[1,2], *Gusev A.V.*[3]**

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

[2]*Petersburg Nuclear Physics Institute,*

[3]*LLC Accenture Group*

Композиции на основе полиакрилонитрила являются основным прекурсором всех производимых углеродных волокон (УВ) – одного из основных продуктов в современной химической промышленности. Обладая практически неограниченными возможностями для применения, УВ используется в аэрокосмической, оборонной и автомобильной отраслях, что объясняется его высокими показателями прочности на разрыв (1,7 ГПа), модулем упругости (до 700 ГПа) и сравнительно низкой плотностью (1,7–1,9 кг/м³) по сравнению с металлами [1]. В медицине УВ применяются для производства имплантатов, ортопедических изделий и других медицинских устройств.

В ряде работ показано, что радиационная обработка волокон ПАН приводит к увеличению количества нерастворимой гель-фракции, что, в свою очередь, увеличивает выход УВ [2]. Целью данной работы стало исследование физико-химических свойств облученных ускоренными электронами ПАН-волокон.

Филамент промышленного ПАН-волокна предоставлен компанией «ЮМАТЕКС» (ГК «Росатом»), электронно-лучевая обработка проведена на базе компании «Акцентр Групп» (ГК «Росатом») дозами от 0,1 до 0,5 МГр. Методами химического, термического и рентгеноструктурного анализов, УФ- и ИК-спектрометрии оценены радиационно-химические преобразования в структуре волокон полиакрилонитрильного материала.

Было отмечено, что при воздействии дозы электронного облучения происходит трансформация нитрильных групп (C≡N) в группы типа C=N, что свидетельствует об инициации свободнорадикальных процессов и образованию циклических структур в цепях полимера. Экспериментально была определена начальная температура циклизации. Так, для образца, облученного дозой 0,5 МГр, она составила 262 °C, в то время как процесс циклизации в необлученном образце начинался при 285 °C. Степень сшивки, вызванная электронно-лучевым воздействием, была определена по содержанию гель-фракции, нерастворимой в диметилсульфоксиде.

Таким образом, показано позитивное влияние электронно-лучевой обработки ПАН-волокна, прекурсора УВ, приводящей к радиационной сшивке исследуемого филамента и ускоряющей начало стадии циклизации.

Литература:

1. Peijs T., Kirschbaum R., Lemstra P. J. Chapter 5: A critical review of carbon fiber and related products from an industrial perspective // Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. 2022. № 2 (5). С. 90–106.

2. Liu W. [и др.]. Radiation-induced crosslinking of polyacrylonitrile fibers and the subsequent regulative effect on the preoxidation process // Radiation Physics and Chemistry. 2012. № 6 (81).

СОЗДАНИЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузьмин В.В.*, *Ильина М.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: kuzmin.vladislav1@mail.ru

PREPARATION OF WATERBORNE EPOXY DISPERSIONS

Kuzmin V.V.*, *Ilina M.A.
Saint-Peterburg State Institute of Technology

Высокие требования по защите окружающей среды и здоровья человека от воздействия летучих органических соединений привели к созданию водно-дисперсионных лакокрасочных материалов (ВД ЛКМ) на основе синтетических латексов. Сейчас они составляют значительную часть ассортимента продукции лакокрасочной промышленности и обладают рядом технических, экологических и экономических преимуществ перед ЛКМ растворного типа: обладают низкой токсичностью и высокой пожаробезопасностью как во время производства, так и во время эксплуатации покрытий; обеспечивают быстрое высыхание (около 2 ч), высокую адгезию к различным типам субстратов и т.д. Стремление производителей переработать традиционные пленкообразователи (эпоксиды, алкиды, уретаны) в экологически чистые ЛКМ спровоцировало появление искусственных латексов, среди которых особое место занимают эпоксидные, т.к. они широко используются в антикоррозионных, огнезащитных и других покрытиях благодаря их хорошей адгезии и химической стойкости. В настоящее время существует два основных метода получения эпоксидных латексов: фазовая инверсия и химическая модификация. Дисперсии эпоксидных смол на водной основе, полученные методом инверсии фаз, в отличии от химической модификации сохраняют эпоксидные группы в молекулярной цепи и обеспечивают достаточную плотность сшивки по реакции отверждения. Кроме того, технология фазовой инверсии проще, поэтому она широко применяется в реальном промышленном производстве. Недостатки фазовой инверсии заключаются в том, что размер частиц дисперсии трудно контролировать, а широкое распределение частиц по размерам приводит к низкой стабильности дисперсий. Для решения данной проблемы необходимо использовать поверхностно-активные вещества с хорошей эмульгирующей способностью.

В ходе работы были успешно синтезированы эмульгаторы катионного типа на основе эпоксидных дановых смол с различной молекулярной массой, модифицированных диглицидиловыми эфирами полиэтилен- или полипропиленгликоля. Главной проблемой создания эпоксидных водно-дисперсионных материалов было получение эмульгатора с подходящим гидрофильным и липофильным балансом и хорошей эмульгирующей способностью, которые можно регулировать, изменяя соотношение эпоксидного сегмента к полиэфирному [2]. С применением синтезированных эмульгаторов получены эпоксидные водные дисперсии и исследовано влияние структуры и концентрации эмульгаторов на распределение частиц дисперсий по размерам, а также устойчивость дисперсий.

В докладе будут подробно представлены результаты исследований, включая вопросы синтеза, анализа полученных систем и возможности дальнейших разработок.

Литература:

1. Верхоланцев В.В. Водные краски на основе синтетических полимеров / В.В. Верхоланцев – Ленинград; Химия, 1968. – 200 с.

2. Ai, D. Preparation of waterborne epoxy dispersion and its application in 2K waterborne epoxy coating / D. Ai, R. Mo, H. Wang, Y. Lai, X. Jiang, X. Zhang // Progress in Organic Coatings. – 2019. – P. 1-10.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЭПОКСИДНОГО ПЕНОМАТЕРИАЛА

Кулешова А.Д.*, *Аликин М.Б.

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

e-mail: arinakuleshova15@gmail.com

INVESTIGATION OF THE CATALYTIC ACTIVITY OF ALUMINUM NITRIDE IN THE FORMATION OF EPOXY FOAM

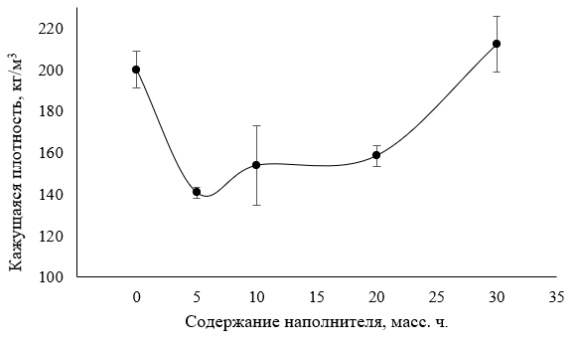
Kuleshova A.D.*, *Alikin M.B.

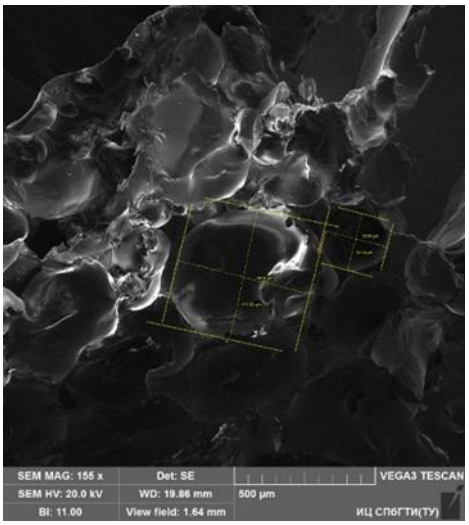
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время нитрид алюминия часто используется в эпоксидных композициях в качестве активного наполнителя. В основном с целью повышения теплопроводности материалов, благодаря упорядоченной структуре в кристаллической решетке. Распределение частиц наполнителя в полимерной матрице происходит хаотично, агломерация отсутствует.

В ходе исследования были приготовлены пенокомпозиции с наполнением от 5 до 30 масс.ч. и установлено влияние содержания нитрида алюминия на кажущуюся плотность. Из графика на рисунке 1а видно, что наполнение до 20 масс.ч. обеспечивает снижение плотности до 140–160 кг/м^3 по сравнению со стандартной композицией.

Вероятно, в данном случае наполнитель выступает в качестве катализатора отщепления водорода в процессе вспенивания за счет наличия атома азота. Таким образом, молекула нитрида становится активным центром пенообразования. В подтверждение этому были сделаны микрофотографии поверхности пеноматериала с использованием сканирующей электронной микроскопии. Поры закрытые, сохраняется сферическая форма, также хорошо прослеживаются чешуйчатые включения наполнителя (рисунок).





а **б**

Рисунок – Зависимость кажущейся плотности от содержания AlN (а); Микрофотография среза образца пеноматериала (б)

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ КАБЕЛЬНЫХ РЕЗИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ

Маслацова А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»

e-mail: aa.maslatsova@fgupniisk.ru

IDENTIFICATION OF CABLE RUBBER INDUSTRY TRENDS USING PATENT ANALYTICS

Maslatsova A.A.

Federal State Budgetary Institution «S.V. Lebedev Institute of Synthetic Rubber»

Возрастающие потребности в материалах для кабельной промышленности приводят к необходимости разработки новых композиционных материалов на основе эластомеров. Одним из эффективных инструментов для стратегического планирования научно-исследовательских работ по созданию инновационных материалов и технологий являются патентные исследования.

Для выявления тенденций и текущего уровня развития в отрасли кабельных резин проведено аналитическое исследование патентной информации с использованием профессиональных поисковых систем Espacenet [1] и ИС «Поисковая платформа» Роспатента [2] в соответствии с методическими рекомендациями аналитического центра ФИПС [3]. Глубина поиска составила 20 лет.

Известно, что доля потребляемых кабельной промышленностью шланговых резин составляет 55 %, в то время как изоляционных и электропроводящих – 45 % и 13 % соответственно [4]. Для эластомерных материалов, применяемых в кабельной промышленности, также требуются маслобензостойкие свойства, устойчивость к действию пониженных и повышенных температур. На основании этих требований были сформулированы задачи для патентного исследования.

Анализ патентных данных по индексам СПК показал, что при создании эластомерных материалов для кабельных резин отдаётся предпочтение композиционным материалам, состоящим из четырёх и более полимеров (C08L2205/035). В качестве полимерной основы для изоляционных материалов чаще всего используются полисилоксаны (C08L83/04) и этиленпропиленовые эластомеры (C08L23/16). Среди функциональных компонентов смесей наибольшее распространение получили наноструктурированные добавки (C08K2201/011); оксиды и гидроксиды алюминия (C08K2003/2227), цинка (C08K2003/2296); карбонаты кальция, стронция и бария (C08K2003/265); кремний (C08K3/36); диоксид титана (C08K 2003/2241).

Установлено, что количество защищаемых технических решений для кабельной промышленности в рассматриваемом периоде возрастает, что свидетельствует об актуальности данного направления.

Литература:

1. Официальный сайт: Espacenet. – URL: https://worldwide.espacenet.com/ (дата обращения 10.09.2024)

2. Официальный сайт: Роспатент. – URL: https://searchplatform.rospatent.gov.ru/ (дата обращения 10.09.2024)

3. Официальный сайт: ФИПС. – URL: https://www1.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/ (дата обращения 10.09.2024)

4. Звезденков К.А., Пешков И.Б. Кабельные резины. Современное состояние и тенденции // Кабели и провода. – 2021. – №6. – С.26-31.

РАЗРАБОТКА ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ АДИПИНОВОЙ КИСЛОТЫ И МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА

Мельничук Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств
e-mail: lesovik.zvjezdochka@gmail.com

DEVELOPMENT OF A CORROSION INHIBITOR BASED ON ADIPIC ACID AND METHYLDIETHANOLAMINE

Melnichuk N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Исследование ингибитора коррозии на основе адипиновой кислоты и метилдиэтаноламина охватывает несколько ключевых аспектов, связанных с их химическими свойствами, практическим применением.

Метилдиэтаноламин (MDEA) и адипиновая кислота ($C_6H_{10}O_4$) представляют собой органические соединения, которые обладают уникальными свойствами, позволяющими им эффективно взаимодействовать в водных системах.

Метилдиэтаноламин, является амином, который может кватернизироваться и образовывать положительно заряженные группы, способствующие адсорбции на металлических поверхностях.

Адипиновая кислота может использоваться как основа для создания сложных полиэфирных и полиаминных соединений, которые обладают высокой эффективностью в защите металлических поверхностей от коррозии. Эти соединения могут быть адаптированы для различных условий эксплуатации, включая агрессивные среды. В условиях растущих требований к экологии, адипиновая кислота может быть использована для разработки ингибиторов с низкой токсичностью и хорошими показателями биоразложения. Это делает ее привлекательной для применения в промышленных процессах, где важна защита окружающей среды [1,2].

Ингибитор на основе адипиновой кислоты и метилдиэтаноламина может найти применение в следующих областях:

- **Нефтегазовая отрасль:** Защита трубопроводов от коррозии в условиях высоких температур и давления.
- **Химическая промышленность:** Использование в водных системах для предотвращения коррозии оборудования.
- **Строительство:** Повышение коррозионной стойкости металлических конструкций.

Таким образом, ингибитор коррозии на основе адипиновой кислоты и метилдиэтаноламина представляет собой перспективное направление для разработки эффективного экологичного средства защиты металлических поверхностей от коррозии.

Литература:

1. Компания ООО «ИФОТОП»: официальный сайт. – Москва, 2024 - URL: https://www.ifotop.ru/dlya-pererabotki-nefti-i-gaza/vodorastvorimye-ingibitory-korrozii/ (09.10.2024) . – Режим доступа: свободный

2. Патент № EA026287B1 Евразийское патентное ведомство, МПК C10G 75/02 (2006.01), C09D5/086 (2006.01), Сложнополиэфирные полиаминные и сложнополиэфирные поличетвертичные аммониевын ингбиторы коррозии: № 201390922: заявл. 2011.12.23: опубл. 2017.03.31 / Хелльберг Пер-Эрик, Горочовцева Наталия. – 10 с.

БИОСОВМЕСТИМЫЕ ГЕЛИ НА ОСНОВЕ ФИБРОИНА ШЁЛКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В 3D-БИОПЕЧАТИ

Милицина А.А.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

e-mail: nmnastya2103@gmail.com

BIOCOMPATIBLE SILK FIBROIN BASED GELS FOR 3D-BIOPRINTING

Militsina A.A.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

В настоящее время существует заметный дефицит донорских органов по сравнению с числом запросов на трансплантацию. В связи с этим возрастает интерес к созданию искусственных органов и тканей, в том числе с использованием 3D-биопечати. Важным этапом данного процесса является подбор материалов для биочернил, основой которых может стать фиброин шёлка — природный полимер, который уже находит применение в регенеративной медицине и может быть использован для формирования тканеинженерных конструкций.

Цель данной работы — разработка гидрогеля на основе фиброина шёлка, пригодного для применения в 3D-биопечати.

Исследуемые гели варьировали по доле фиброина шёлка: были изучены составы, содержащие 5 %, 2,5 % и 0 % фиброина. Все они также содержали 1 % альгината натрия и 2 % карбоксиметилцеллюлозы. На первом этапе были изучены физические свойства гидрогелей: показатели качества печати и реологические характеристики. На втором этапе исследовали двумерные (плёнки) и трёхмерные матрицы, изготовленные из описанных гелей и стабилизированные двумя способами — метанолом или этанолом — с целью выяснения зависимости свойств изделий от полярности используемого спирта.

Анализ качества печати показал, что увеличение доли фиброина в чернилах положительно сказывается на качестве печати. Гели с 5 %-ным содержанием фиброина шёлка показали наиболее близкие к оптимальным значения таких параметров, как пригодность для печати (Pr), уменьшение площади поры (D) и проседание нити геля (C). Исследование реологических характеристик выявило, что с возрастанием процентного содержания фиброина в чернилах приводит к увеличению вязкости гелей и их условных пределов текучести — показателей, определяющих способность гелей сохранять форму, что является необходимым для применения состава в качестве биочернил.

С помощью метода ИК-спектроскопии был подтверждён конформационный переход от α-спирали к β-складчатости фиброина шёлка при обработке как метанолом, так и этанолом. Посредством сканирующей электронной микроскопии выявлена параллельно-ориентированная структура матриц, содержащих фиброин шёлка, соответствующая бета-складчатой структуре фиброина.

Оценка набухания матриц показала, что образцы, обработанные этиловым спиртом, склонны к большей степени поглощения воды, чем при обработке метанолом, причём разница между изделиями, подвергшимся осаждению спиртами разной полярности, была более значимой, чем различие матриц с разным содержанием фиброина шёлка. МТТ-тест выявил, что увеличение доли ФШ способствует повышению биосовместимости матриц: конструкции, изготовленные из гелей с 5 %-ным содержанием фиброина, обеспечивали выживаемость мезенхимальных стромальных клеток, близкую к контрольному измерению, при этом выбор спирта не оказывал отрицательного воздействия на жизнеспособность.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЗОТ-СОДЕРЖАЩИХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНО-НОВОЛАЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Миронова А.П.*, *Панфилов Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: alexandra.mironova.pavl@gmail.com

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE OF NITROGEN-CONTAINING HARDENERS ON THE PROPERTIES OF EPOXY-NOVOLAC COMPOSITIONS

Mironova A.P.*, *Panfilov D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эпоксидно-новолачные блок-соолигомеры (ЭНБС) являются универсальным сырьевым материалом, востребованным во многих отраслях промышленности. При выборе полимерной композиции для определенной задачи, ключевую роль играют ее технологические характеристики и температура отверждения. Важнейшими свойствами являются вязкость и жизнеспособность системы, содержащей катализаторы, т.е. продолжительность желатинизации.

Ключевым показателем, влияющим на технологические характеристики продукта, является скорость отверждения. После процесса отверждения эпоксидные композиции приобретают ценные технические свойства, такие как механическая прочность, диэлектрические характеристики, химическая стойкость, малая усадка и другие. В настоящее время существует множество отверждающих систем, которые эффективно работают в широком диапазоне температур от 0 до 200 °С.

В работе исследовалось влияние разработанных отвердителей ТД13, ТД11 и ТД31 на время желатинизации (гелеобразования) композиций на основе эпоксидно-новолачного блок-соолигомера. Отвердители ТД13, ТД11 и ТД31 были получены смешением триэтаноламина (ТЭА) и дициандиамида (ДЦДА) в соотношениях 1:3, 1:1 и 3:1 соответственно при определенных условиях.

Установлено, что при введении в состав композиций на основе ЭНБС катализаторов отверждения ТД13, ТД11 и ТД31 от 0,6 до 2 масс.ч., время желатинизации значительно уменьшается. Такая зависимость наблюдается для смесей с чистым ДЦДА (рисунок). Однако в случае композиций с чистым ТЭА наглядно видно, что время желатинизации уменьшается при добавлении отвердителей в количестве от 1,4 до 2 масс.ч.

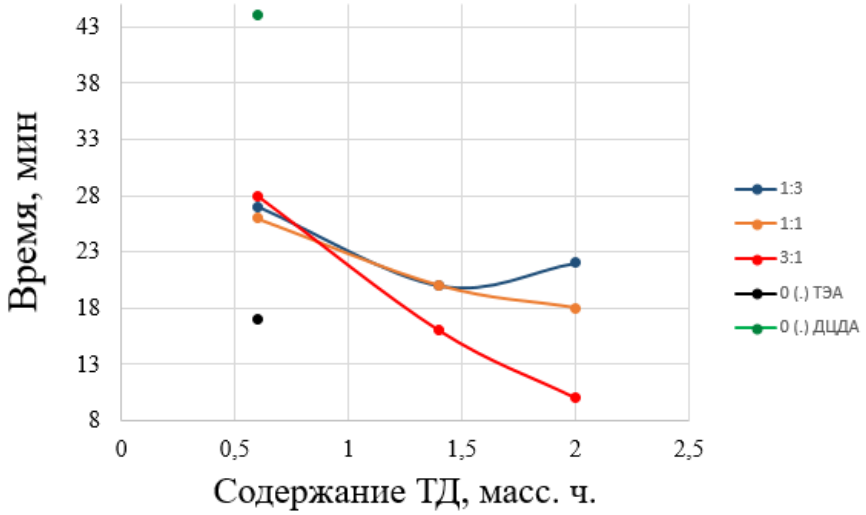


Рисунок – Зависимость времени гелеобразования от содержания отвердителя ТД

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАСШИРИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БУЖИРОВАНИЯ

Никитина Т.О.*, *Бритов В.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс

e-mail: tatianochkanikitina@gmail.com

DEVELOPMENT OF THE DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF EXPANDER ELEMENTS FOR AUGMENTATION

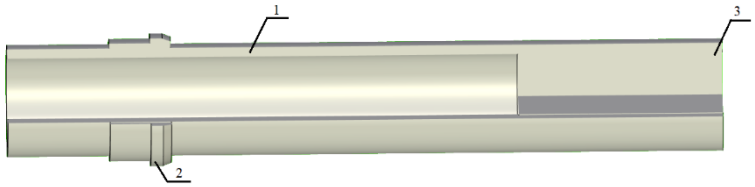
Nikitina T.O.*, *Britov V.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полимерные материалы находят широкое применение для изготовления изделий медицинского назначения и, в частности, инструментов, применяемых в малоинвазивных методах лечения, например, стенозов трахеи.

В настоящее время бужирование производят с использованием метода последовательного увеличения диаметра трубок.

Нами предлагается конструкция и технология изготовления элементов расширителя для проведения бужирования. Разработана 3D-модель изделия и конструкция многогнездной литьевой формы (рисунок 1-3).



1 – корпус; 2 – втулка; 3 – камера

Рисунок 1 – Буж со втулкой для крепления расширителя

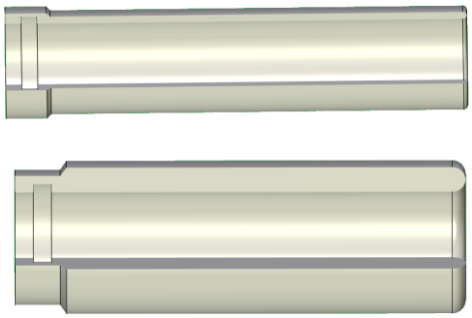


Рисунок 2 – Расширитель №1 и расширитель №2

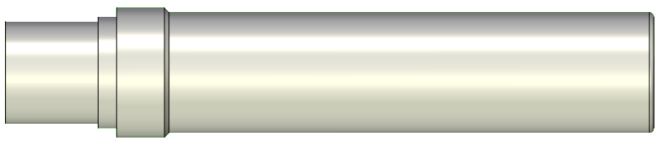


Рисунок 3 – Буж, втулка и расширитель в сбор

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАГРЕВА ПРИ ПНЕВМОВАКУУМФОРМОВАНИИ

Николаев О.О.*, *Лебедева Т.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс
e-mail: oleg1201@yandex.ru

THE USE OF PROFILED HEATING DURING PNEUMATIC VACUUM FORMING

Nikolaev O.O.*, *Lebedeva T.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Пневмовакуумформование широко используется при изготовлении полимерных деталей различного назначения. Технология применяется для изготовления блистерной упаковки, корпусных изделий приборов и устройств, большого спектра изделий с открытой полостью, таких как ванны, чаши душевых кабин, декоративных панелей для помещений и транспорта и пр. Отличительной особенностью данной технологии является низкая стоимость запуска в производство новых изделий, особенно, если сравнивать с методом литья под давлением пластмасс.

Суть технологии сводится к формованию и фиксации геометрии плоской листовой заготовки, находящейся в высокоэластичном состоянии. Деформация листовой заготовки при формовании приводит к утонению некоторых зон, что особенно чувствительно при формовании глубоких полостей. Уменьшение толщины в угловых зонах глубоких полостей существенно снижает прочностные характеристики изделия локально и в целом.

В рамках поисковой работы на кафедре ОРПП было предложено применение трафаретной схемы нагрева листовой заготовки, применение которой позволяет регулировать степень высокоэластичности локально по площади листа. Для экспериментального подтверждения предложенной методики была разработана и изготовлена лабораторная установка для пневмовакуумформования с модифицированным алгоритмом формования (рисунок).

Проведенные эксперименты позволили однозначно подтвердить возможность регулирования степени вытяжки листовой заготовки с целью обеспечения равнотолщинности конечного продукта.

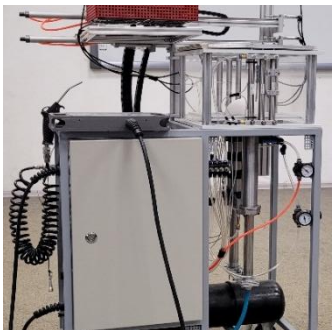


Рисунок - Установка для пневмовакуумформования с профилированным нагревом

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕНОПОЛИИМИДА ИЗ ДИАНГИДРИДА, ДИАМИНА И СПИРТА

Олейников М.О.

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

e-mail: falseresync@gmail.com

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF A POLYIMIDE FOAM FROM DIANHYDRIDE, DIAMINE AND ALCOHOL

Oleynikov M.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полиимиды являются классом супертермостойких полимеров, содержащих имидную группу в основной цепи. Помимо термостойкости полиимиды обладают большим набором полезных свойств, таких как стойкость, к растворителям, малая электропроводность и возможность создавать изделия с различной формой и структурой, например плёнки и пены [1].

Пенополиимиды помимо вышеописанных свойств также обладают малой теплопроводностью и малой плотностью, что позволяет использовать их как термоизоляцию в различных сферах. Так, например, пенополиимиды применяются в корпусах космических аппаратов в качестве термощита. В настоящее время распространены пенополиимиды, полученные на основе диангидрида и диамина в среде этанола.

В данной работе был синтезирован пенополиимид на основе 4,4’-оксидифталевого ангидрида, 4,4’-диаминодифенилового эфира и метанола вместо этанола и исследованы его свойства.

Так как метанол имеет более низкую температуру кипения, чем этанол, то реакционная смесь высыхала быстрее, что может означать меньшие энергозатраты. Также использование метанола ускорило протекание реакции этерификации по сравнению с этанолом.

Исследованные механические свойства полученного материала сравнимыми с теми, которые описаны в литературе. Плотность образца из открытой формы $12{,}2 \pm 2{,}0\ \frac{мг}{см^3}$ сравнима с плотностями различных пен на основе различных комбинаций диангидридов и диаминов 15 – 20 $\frac{мг}{см^3}$ [2]. Модуль Юнга при сжатии образца из закрытой формы 36,4 ± 5,4 кПа сравним с приведёнными в литературе 40-60 кПа [3-4].

Результат анализа ИК-спектров свидетельствует о практически полной имидизации прогретого образца, так как в спектре отсутствуют полосы амидокислот в области 1650-1660 $см^{-1}$ и при этом обнаруживаются характеристические полосы поглощения полиимидов 742, 1359, 1714 и 1777 $см^{-1}$.

Литература:

1. Полиимиды – класс термостойких полимеров / Бессонов М. П., Костон М. М., Кудрявцев В. В., Лайус Л. А. – Ленинград: Наука, 1983. – 328 с.

2. Preparation and Properties of High-Temperature-Resistant, Lightweight, Flexible Polyimide Foams with Different Diamine Structures / Yun S., Sheng X., Wang S., Miao X., Shi X., etc // Polymers. – 2023. – V. 15. – P. 2609.

3. Fabrication of thermally resistant and mechanically flexible polyimide foams with anisotropic pore structures for thermal insulation and irradiation tolerance applications / Ni L., Luo Y., Zhou C., Meng H., Wang G., etc. // Polymer. – Elsevier, 2024. - V. 298.

4. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. – Пер. с англ. – Москва: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Орлов К.В.*[1,2], *Алексеев А.А.*[2], *Голубева О.Ю.*[2]**

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - ИХС*

e-mail: orlovkirill2002@inbox.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING HIGH-STRENGTH GEOPOLYMER MATERIALS

***Orlov K.V.*[1,2], *Alekseev A.A.*[2], *Golubeva O.Yu.*[2]**

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

[2]*Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute» - PNPI - IHS*

Геополимеры – новый класс неорганических полимерных материалов, синтезируемых щелочной или кислотной активацией силикатного природного и техногенного сырья (каолин, бентонит, зола уноса, металлургические шлаки и др.) [1]. Геополимерные материалы рассматриваются различными исследователями как потенциальная альтернатива портландцементу. Они характеризуются относительно простой технологией синтеза и обладают высокой механической прочностью, химической и температурной устойчивостью [2].

Синтез геополимеров проводился с использованием алюмосиликатного сырья разной морфологией частиц: пластинчатые природный и синтетический каолиниты, а также природный нанотрубчатый галлуазит. В качестве щелочного активатора использовались растворы жидкого стекла и 10M NaOH. Полученная геополимерная паста отверждалась в течение 5 суток при постоянной температуре и относительной влажности воздуха 99 %. После первой стадии отверждения образцы выдерживались в печи при температуре 60 °C в течение 2 суток.

В результате исследований механических свойств синтезированных геополимеров были установлены оптимальные параметры процесса отверждения и соотношения SiO_2/Al_2O_3, Na_2O/Al_2O_3, H_2O/Na_2O, при которых образцы характеризовались наибольшими значениями прочности на сжатие (таблица).

Таблица – Наибольшая прочность на сжатие геополимеров и соответствующие ей значения SiO_2/Al_2O_3, Na_2O/Al_2O_3, H_2O/Na_2O

Параметр	Прекурсор		
	Галлуазит	Природный каолинит	Синтетический каолинит
Прочность на сжатие, МПа	**57**	**38**	**25**
SiO_2/Al_2O_3 мол.	2,9	3,2	4,0
Na_2O/Al_2O_3 мол.	0,8	0,9	1,3
H_2O/Na_2O мол.	7,2	7,4	7,6

Литература:

1. Dahanni H., Ventura A., Le Guen L., Dauvergne M., Orcesi A., Cremona C. Life cycle assessment of cement: Are existing data and models relevant to assess the cement industry's climate change mitigation strategies? A literature review // Construction and Building Materials. 2024. V. 411. P. 134415.

2. Zhang B., Yu T., Guo H., Chen J., Liu Y., Yuan P. Effect of the SiO2/Al2O3 Molar Ratio on the Microstructure and Properties of Clay-based Geopolymers: A Comparative Study of Kaolinite-based and Halloysite-based Geopolymers // Clays and Clay Minerals. 2022. V. 70. P. 882–902. DOI: 10.1007/s42860-023-00223-x

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫПАРИВАНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ПОЛИФЕНИЛСИЛСЕСКВИОКСАНОВ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

***Полетаев К.А.*[1,2], *Глебова И.Б.*[2], *Иванова А.Г.*[2], *Шилова О.А.*[1,2]**

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

[2]*НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - ИХС, Санкт-Петербург, Россия*

e-mail: konstantinpoletaev95@gmail.com

STUDY OF THE EFFECT OF EVAPORATION DURING THE SYNTHESIS OF POLYPHENYLSILSESQUIOXANES ON THE PROPERTIES OF COATINGS

***Poletaev K.A.*[1,2], *Glebova I.B.*[2], *Ivanova A.G.*[2], *Shilova O.A.*[1,2]**

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

[2]*NRC «Kurchatov institute» - PNPI - ISC*

В современном материаловедении существует часто непростая, но важная задача создания покрытий для защиты конструкций от различных негативных воздействий. В некоторых случаях возникает задача обеспечения работы защитного покрытия, способного работать при трудновыполнимых условиях: высокая температура (до 400 °С), резкий перепад температур (от 400 до 20 °С), контакт с водяным паром и агрессивными и коррозионноактивными средами. Для создания таких покрытий нами был выбран температуроустойчивый полимер плотного, лестничного строения – полифенилсилсесквиоксан (ПФССО). Для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств исходный ПФССО был модифицирован метилфенилсилоксановыми звеньями. Также было изучено влияние выпаривания растворителя при синтезе на свойства лаков и покрытий. Цель работы: синтез ПФССО, исследование комплекса свойств защитных покрытий на основе выпаренного и невыпаренного модифицированного метилфенилсилоксановыми звеньями ПФССО (ПМФССО).

Синтез ПМФССО проводился посредством гетерофазного согидролиза фенилтрихлорсилана и метилфенилдихлорсилана (90:10) в системе ксилол/вода/н-бутиловый спирт с последующей сополиконденсацией полученных продуктов. Выпаривание растворителя после поликонденсации способствует увеличению молекулярного веса полимера. Выпаривание производилось как с использованием обратного холодильника, так и без него в температурном диапазоне 160-170 °С в течение нескольких часов. В результате раствор полимера приобретал жёлтую окраску и увеличивал вязкость.

На основе синтезированных лаков, наполнителей (гидросиликатов) и пигмента (оксида тугоплавкого металла) в процессе механохимической обработки были изготовлены и нанесены кремнийорганические покрытия [1]. Образцы с нанесёнными покрытиями и лаками были подвергнуты ступенчатой температурной обработке для отверждения и для них были измерены значения краевых углов смачивания и твёрдости с помощью маятника Персоза по ГОСТ Р 52166-2003. По результатам исследования было выяснено, что выпаривание растворителя положительно сказывается на трещиностойкости покрытия и на значении твёрдости (улучшение показателей ~ 15-25 %), а также на 10-25 ° увеличивает значения краевого угла смачивания, приближая его как для чистых лаков, так и для защитных покрытий, к значениям 90 ° и более.

Исследования выполнены в рамках темы НИР 1023033000122-7-1.4.3 госзадания НИЦ «КИ» - ИХС РАН

Литература:

1. Патент RU № Органосиликатная композиция на основе лестничного полимера / Шилова [и др.] / заявл. 03.07.2023 г.; опубл. 25.03.24. – Бюл. 9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ БИОМЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

Попугаев А.В. [1,2]***, Василевская А.А.*** [1,2]***, Маркова М.А.*** [1,2]***, Лютова Ж.Б.*** [1,2]

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

[2]*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия*

e-mail: zhanna.lutova@gmail.com

STUDY OF THE POSSIBILITY OF RADIATION STERILIZATION APPLICATION FOR BIOMEDICAL PRODUCTS MADE OF POLYLACTIDE-BASED COMPOSITE MATERIALS

Popugaev A.V. [1,2]***, Vasilevskaya A.A.*** [1,2]***, Markova M.A.*** [1,2]***,Lyutova Zh.B.*** [1,2]

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

[2]*Petersburg Nuclear Physics Institute*

Изделия из биомедицинских материалов, включающие металлические и полимерный материалы, биокерамику, широко используются в качестве имплантов, фиксаторов переломов, тканеподобных и шовных материалов. В случае установления металлических временных конструкций, требуется последующее удаление имплантов, что увеличивает количество воспалительных осложнений у пациента. В связи с этим растёт спрос на биоразлагаемые медицинские материалы с заданными параметрами биодеградации. Перспективными в этом отношении материалами являются композиты и сополимеры полимолочной кислоты, обладающие рядом конкурентных преимуществ, таких как способность к остеоинтеграции и высокая биосовместимость [1].

Кафедрой стоматологии хирургической и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России для оценки возможности применения полимерных материалов на основе полилактида для костной пластики были выбраны полимеры следующих составов: чистый полилактид (ПЛА), композит полилактида с гидроксиапатитом (ПЛА/ГАП) и полилактидкликолид (ПЛГА) в различном соотношении мономеров молочной и гликолиевых кислот. Предполагается радиационная стерилизация этих изделий. Данная работа посвящена оценке влияния стерилизующих доз ионизирующего излучения на физико-химические свойства образцов.

Пластинки перечисленных выше составов размером 10*10*1 мм были облучены дозой 25 кГр. Исследование деградации методом in vitro проводили согласно ГОСТ РИСО 13781—2011 [2]. Для соблюдения термических условий исследования биодеградации использовали термошкаф с поддержанием постоянной температуры (37 ± 1) °С. Оценка масс образцов проводилась путем периодического взвешивания с предварительной сушкой в вакуумном сушильном шкафу до постоянной массы, так же оценивались структурные и морфологические изменения облученных и необлученных пластин в процессе биодеградации.

Методами СЭМ, ИК-спектроскопии и с помощью оценки динамики потери масс было показано, что все изученные образцы в различной степени в зависимости от состава подвержены биодеградации. Показана возможность применения радиационной стерилизации для изделий из данных полимерных композиций.

Литература:

1. James M. Anderson, Matthew S. Shive Biodegradation and biocompatibility of PLA and PLGA microspheres// Advanced Drug Delivery Reviews. - 2012. – Т. 64. – С. 72-82.

2. ГОСТ РИСО 13781—2011. Национальный стандарт Российской Федерации. «Смолы и отформованные элементы на основе поли(L-лактида) для хирургических имплантатов. Исследование деградации in vitro»

ИНФРАКРАСНОЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКРИЛАМИДА

Родин А.С.

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

e-mail: andrearodin@mail.ru

INFRARED SPECTROSCOPIC EXAMINATION OF ACRYLAMIDE

Rodin A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Несмотря на важную роль акриламида и большое число спектральных исследований данного мономера, проблема отнесения полос в ИК-спектрах акриламида не решена окончательно и широко обсуждается в литературе [1].

ИК-спектроскопию акриламида (ТУ 6-09-14-1576–73) проводили с помощью ИК-Фурье спектрометра Shimadzu IRTracer-100 в спектральном диапазоне 400–4000 $см^{-1}$. В исследование использовалась приставка НПВО фирмы Specac, образцы предварительно измельчались, а затем прижимались на алмазном стекле приставки.

На рисунке представлены ИК-Фурье спектры акриламида. Валентные колебания первичного амида, связанного водородными связями, находятся на частотах 3338 $см^{-1}$ (антисимметричные) и 3165 $см^{-1}$ (симметричные). Валентное колебание группы C=O лежит в области 1664 $см^{-1}$. Деформационное колебание N-H (вторая амидная полоса) 1610 $см^{-1}$. Кроме того в спектре акриламида присутствуют полосы поглощения группы C-N (1425 $см^{-1}$), групп $-NH_2$ (1350,17 $см^{-1}$; 1278 $см^{-1}$; 985 $см^{-1}$), групп $-CH_2$ (1113 $см^{-1}$; 1051 $см^{-1}$; 958 $см^{-1}$; 815 $см^{-1}$) и группы -CH (840 $см^{-1}$).

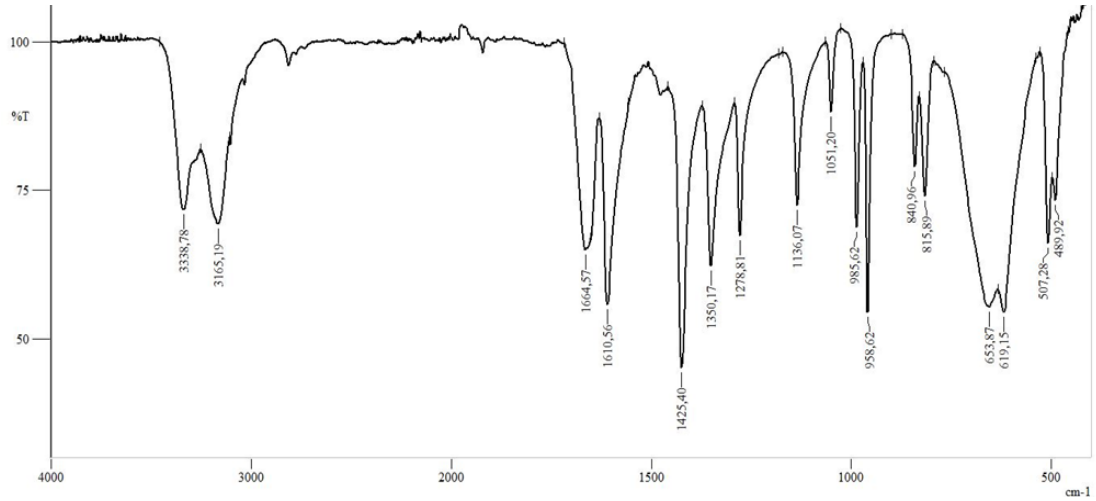


Рисунок – ИК-Фурье спектры измельченного акриламида

Полученные данные можно использовать для определения структуры акриламида, а также для прогнозирования изменений ИК-спектров при реакции акриламида с другими веществами.

Литература:

1. Ситникова В. Е. и др. Инфракрасное спектроскопическое исследование динамики и механизма комплексообразования при хемосорбции ионов металлов акрилатными гидрогелями //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – Т. 18. – №. 4. – С. 614-622.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРИГЛИЦИДИЛИЗОЦИАНУРАТА НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНО-НОВОЛАЧНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ

Рябинина А.И.*, *Панфилов Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии полимеров
e-mail: sasharyabinina2003@mail.ru

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE TRIGLYCIDYLISOCYANURATE ON THE PROPERTIES OF EPOXY-NOVOLAC FOAMS

Ryabinina A.I.*, *Panfilov D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эпоксидно-новолачные пенопласты на основе порошковых термореактивных композиций обладают хорошими диэлектрическими, теплоизоляционными и физико-механическими свойствами, низкой плотностью и химической устойчивостью, что делает их применимыми для создания легких и прочных конструкций и для получения композитов и изделий из них в приборостроительной, электротехнической, радиоэлектронной и других отраслях промышленности.

В работе представлено исследование влияния триглицидилизоцианурата (TGIC) на свойства пеноматериалов на основе эпоксидно-новолачного блок-сополимера (ЭНБС). Получение пенопластов заключается в дроблении ЭНБС и последующим добавлением триглицидилизоцианурата. В качестве катализатора отверждения использовали триэтаноламин (ТЭА), а для эффективного вспенивания добавляли порообразователь Порофор (марка ЧХЗ-57) и пенорегулятор Пента 483. В процессе работы были изучены такие показатели, как разрушающее напряжение при сжатии, кажущаяся плотность и время гелеобразования.

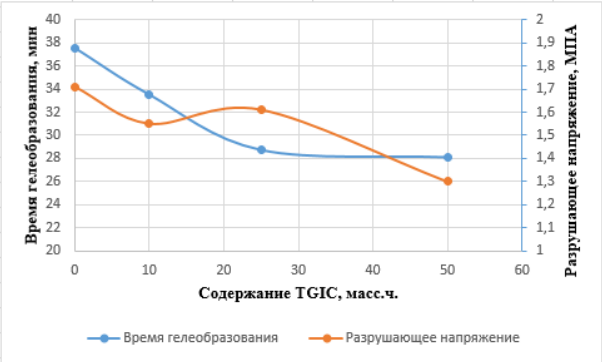


Рисунок 1 – Зависимость времени гелеобразования и разрушающего напряжения от содержания TGIC с добавлением ТЭА

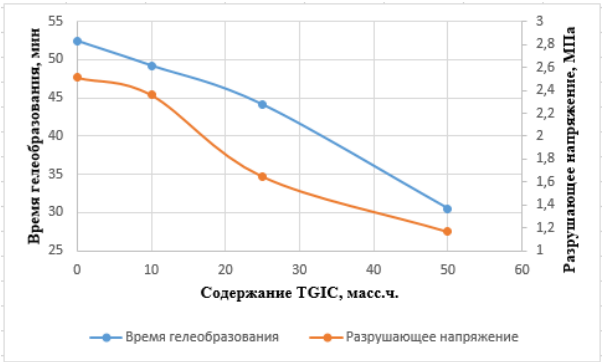


Рисунок 2 – Зависимость времени гелеобразования и разрушающего напряжения от содержания TGIC без добавления ТЭА

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что с увеличением содержания триглицидилизоцианурата кажущаяся плотность увеличивается от 144 кг/м^3 до 203 кг/м^3 (образцы с ТЭА) и от 194 кг/м^3 до 224 кг/м^3 (образцы без ТЭА). Из рисунков 1 и 2 наглядно видно, что время гелеобразования и разрушающее напряжение уменьшаются с увеличением содержания триглицидилизоцианурата.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ МЕРКАПТИДА МЕТИЛОЛОВА И ФЕНОЛЬНОГО АНТИОКСИДАНТА ПРИ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ-ПЛЕНОК

Севрюгова М.И.*, *Лавров Н.А.*, *Белухичев Е.В.

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

e-mail: mta2015se@gmail.ru

INVESTIGATION OF THE MUTUAL INFLUENCE OF METHYLTIN MERCAPTIDE AND PHENOLIC ANTIOXIDANT IN THE THERMAL STABILIZATION OF PVC FILMS

Sevrugova M.I.*, *Lavrov N.A.*, *Belukhichev E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для улучшения термической стабильности поливинилхлорида (ПВХ) в рецептуру вводятся различные химически активные вещества - термостабилизаторы [1]. Одним из самых эффективных стабилизаторов является меркаптид метилолова. Единственным значимым недостатком данного стабилизатора является его высокая стоимость, поэтому проблема оптимального использования этого компонента представляет определенный интерес.

В данной работе было выдвинуто предположение о синергетическом эффекте фенольного антиоксиданта и меркаптида олова при термостабилизации ПВХ-пленок. Для изучения термического старения было приготовлено 4 образца на базе стандартной рецептуры жесткой ПВХ-пленки [2], с добавлением в рецептуру разного количества исследуемого антиоксиданта (Образец 1 – 0,0 % (масс.); Образец 2 – 0,1 % (масс.); Образец 3 – 0,3 % (масс.); Образец 4 – 0,5 % (масс.)). Полученные на вальцах пленки подвергли неизотермическому статическому термическому анализу при 220 °С. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица – Показатели термической стабильности испытанных образцов

Испытанный образец	Внешний вид образца после испытаний	Показатель термодеструкции
Образец 1		448 134
Образец 2		421 341
Образец 3		415 856
Образец 4		395 844

Исходя из результатов эксперимента видно, что термостабильность образцов возрастает с увеличением содержания антиоксиданта в рецептуре. Это можно проследить как по внешнему виду образцов, так и по снижению показателя термодеструкции, определяемого как площадь под графиком зависимости индекса пожелтения от продолжительности теста. Полученные результаты показывают, что введение антиоксиданта положительно сказывается на термической стабильности ПВХ-рецептуры, стабилизированной оловоорганическим стабилизатором. Дальнейшая работа нацелена на изучение эффекта частичной замены стабилизатора на фенольный антиоксидант.

Литература:

1. Лавров, Н.А. О механизме стабилизации поливинилхлорида (обзор) / Н.А. Лавров, В.Г. Ксенофонтов, Е.В. Белухичев // Пластические массы. – 2016. – №11-12. – С. 16-19.

2. Wypych, G. PVC formulary / G. Wypych. – Toronto: ChemTech Publishing, 2020. – 410 p. – ISBN 978-1-927885-64-2.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНОХРОМНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сероглазова А.С. [1,2]

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

[2]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук*

e-mail: annaseroglazova@yandex.ru

PROSPECTS FOR USING MECHANOCHROMIC DYES FOR ADAPTIVE TECHNOLOGIES

Seroglazova A.S. [1,2]

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

[2]*Saint Petersburg National Research Academic University of the Russian Academy of Sciences*

Механохромные красители представляют собой инновационные материалы, способные изменять свой цвет в зависимости от условий окружающей среды, таких как механическое напряжение, температура, влажность или pH среды, что открывает перспективы их применения в гибкой электронике, сенсорах и смарт-текстиле [1].

Механизмы действия механохромных красителей разнообразны: структурные изменения кристаллической решетки, что влияет на поглощение и отражение света; молекулярные взаимодействия, приводящие к изменению электронной структуры; конформационные изменения, при которых молекулы меняют свою пространственную форму; а также процессы агломерации и дисперсии, которые могут изменять визуальное восприятие цвета. Эти уникальные характеристики делают механохромные красители не только привлекательными для разработки новых материалов, но и способствуют созданию интерактивных, безопасных и функциональных устройств, удовлетворяющих растущим требованиям современного общества к инновационным технологиям (см. рисунок).

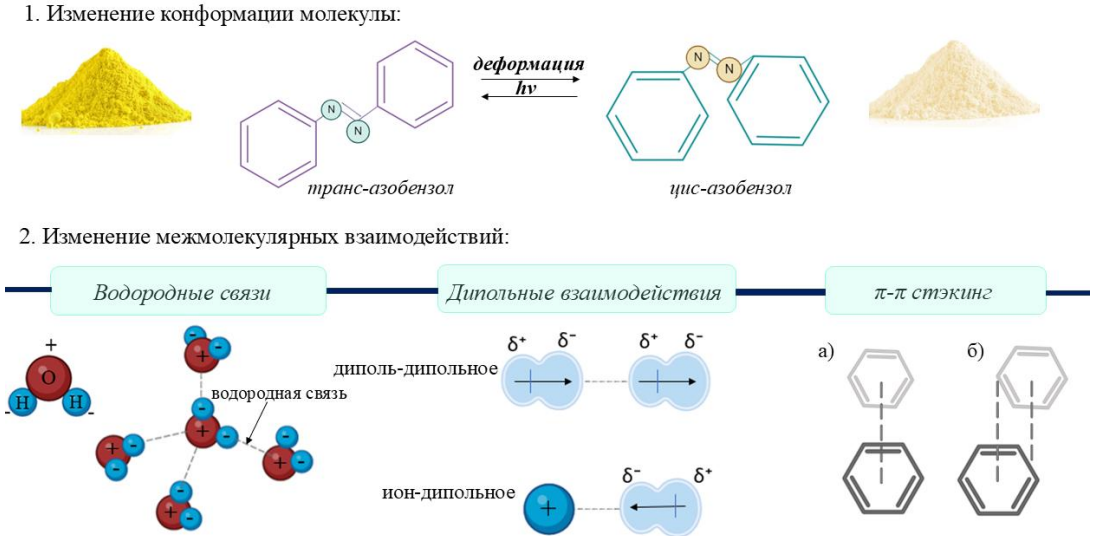


Рисунок – Основные механизмы действия механохромных красителей

Литература:

1. Q. Gou, X. Zhang. A review of mechanochromic polymers and composites: From material design strategy to advanced electronics application. Comp. Part B Eng. 2021.

ИЗУЧЕНИЕ ГИБРИДНОГО МЕЖФАЗОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПУТЕМ СПЛАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ДОБАВКАМИ, ПОД НАГРУЗКОЙ НА КРУЧЕНИЕ

Скородумова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс

e-mail: skorodumova26060250@gmail.com

STUDY OF A HYBRID INTERPHASE BI SINTERING COMPONENTS MADE WITH ADDITIVES UNDER TORSIONAL LOAD

Skorodumova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В данной работе было произведено теоретическое исследование гибридных производственных процессов, которые представляют собой интересную и многообещающую область исследований.

В первой работе [1] исследовали использование ультразвукового аддитивного производства для создания высокопрочных соединений между углепластиком и алюминиевым сплавом. Этот процесс позволил внедрить углеродные волокна в алюминиевую матрицу, улучшив механические характеристики. Гибридные конструкции показали на 13 % более высокий пиковый крутящий момент и постепенное разрушение из-за сдвига на границе раздела по сравнению с клепаными соединениями.

Во второй работе [2] исследовали интерфейс гибридного компонента, изготовленного с помощью прокатки и аддитивных технологий. Испытания на кручение показали, что аддитивная часть обладает более высокой прочностью и меньшей пластичностью по сравнению с прокатными образцами. При этом не было обнаружено дефектов на границе раздела, что демонстрирует потенциал аддитивных технологий для добавления элементов или ремонта конструкций.

Оба исследования показывают, что обеспечение качественного межфазного соединения является ключевым фактором для достижения высоких механических свойств гибридных компонентов, независимо от используемых технологий – порошковой металлургии или ультразвукового аддитивного производства.

На следующей этапе исследования планируется изготовление и испытание точных поликарбонатных компонентов, армированных стекловолокном или углеродным волокном, с целью оценки их размерной точности, прочности на кручение и поведения при разрушении. Это позволит получить дополнительные научные и практические данные, способствующие дальнейшему развитию и применению гибридных производственных технологий. Полученные результаты значительно расширят области применения гибридных производственных технологий в различных отраслях промышленности.

Литература:

1. Го, Х.; Джинджерич, М.Б.; Хедингс, Л.М.; Ханлен, Р.; Дапино, М.Дж. Экспериментальное исследование конструкций из углепластика и алюминия, соединенных с помощью ультразвуковой аддитивной технологии (UAM) и точечной сварки сопротивлением (RSW) // Compos. Часть B Eng. - 2023. - Т. 260. - С. 110768.

2. Джвивер, М.; Линн, Дж.Р.; Майлз, М.П. Прочность межфазного соединения между деформируемой подложкой SS316L и деталями, изготовленными из порошкового сплава // Материалы. - 2021. - Т. 14. - С. 3041.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ВСПЕНИВАНИЯ ГИДРОГЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА В СОЧЕТАНИИ С КАРБАМИДОМ

Спиридонова Д.А., Дворко И.М.

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

e-mail: ssdariass@mail.ru

DETERMINATION OF OPTIMAL TEMPERATURES FOR FOAMING HYDROGEL COMPOSITIONS BASED ON POLYACRYLAMIDE IN COMBINATION WITH UREA

Spiridonova D.A., Dvorko I.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время получение трудносгорающих пеноматериалов является одним из приоритетных направлений исследований. К таким материалам относятся пенополиимиды, представляющие собой легкие газонаполненные материалы ячеистого строения. Основной целью данного исследования является выявление оптимальных температур для вспенивания и отверждения получаемых композиций. Для этого была проведена серия экспериментов, в ходе которых варьировалась температура процесса, оценивались свойства и внешний вид полученных пеноматериалов.

Пеноматериалы получали путем смешения порошкообразного полиакриламида (100 мас.ч), дистиллированной воды (120 мас.ч), в качестве связующего агента и лимонной кислоты (15 мас.ч), выполняющей роль химического газообразователя. Для повышения эксплуатационных свойств, в качестве модификатора использовали карбамид (2 мас.ч). Сушку гидрогелевых композиций производили в течение 3 часов при температуре 90 °С. Вспенивание и отверждение композиций производили в металлической форме объемом (75,5х50,5х43,5 мм).

Образцы, содержащие 2 мас.ч карбамида имеют внутри уплотнение, что говорит о преждевременном отверждении композиции (рисунок). Изучение физико-механических свойств таких образцов вызывает определенные сложности и требует дальнейших исследований.



Рисунок – Разрез вспененного образца

Для данного состава была определена кажущаяся плотность (ρ, кг/м3) по ГОСТ 409-2017, данные представлены в таблице.

Таблица – Свойства вспененного состава

Режим вспенивания:	Плотность цельного образца, кг/м3	Потери массы, %
2 часа – 190°С 1 час – 235 °С	214	17,8
2 часа – 180°С 1 час – 230 °С	224	13,7
3 часа – 190°С	232	10,2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАРБАМИДА С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ

Спиридонова Д.А.*, *Дворко И.М.

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

e-mail: ssdariass@mail.ru

INVESTIGATION OF THE INTERACTION OF CARBAMIDE WITH CITRIC ACID

Spiridonova D.A.*, *Dvorko I.M

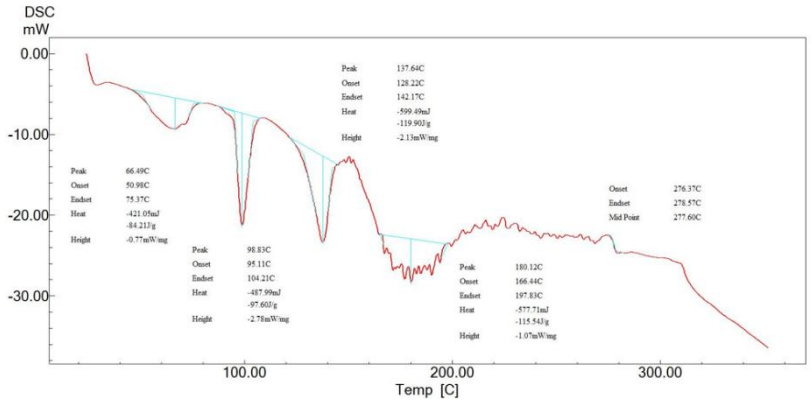
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цель настоящей работы – исследовать взаимодействие карбамида (К) с лимонной кислотой (ЛК) для последующего применения продукта в качестве пенообразующего вещества.

Для проведения дифференциально-термической калориметрии была подготовлена сухая смесь лимонной кислоты и карбамида в мольном соотношении 1:1, а также соответствующий водный раствор данных компонентов. Раствор готовили при комнатной температуре до полного растворения компонентов, после чего воду испаряли на открытом воздухе. Получившиеся кристаллы предварительно измельчали и досушивали в термостате при 60 °С в течение 3 часов.

Полученные кривые представлены на рисунке.

а)



б)

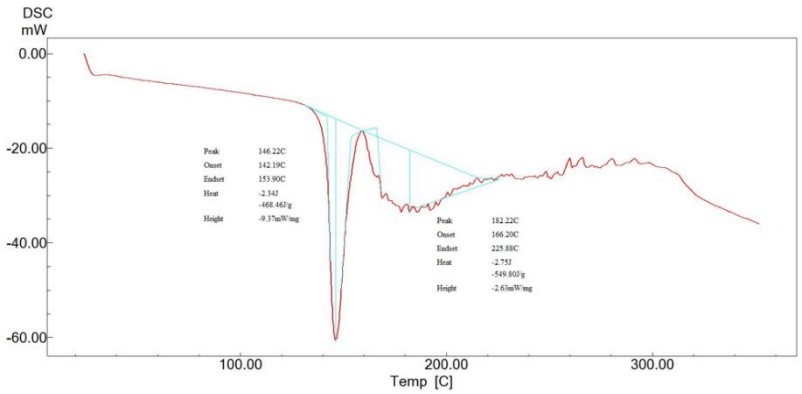


Рисунок – Кривые ДСК (а) – смеси, (б) – соли

Изменение в кривой (а) по сравнению с кривой (б) показывают, что происходит взаимодействие между карбамидом и лимонной кислотой. При этом образуется продукт с температурой плавления отличающейся от температур плавления компонентов смеси. На кривой (б) наблюдается единственный пик при температуре 146 °С.

ВЛИЯНИЕ АППРЕТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР НА СТРУКТУРУ ОТВЕРЖДЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Старшова Я.В.

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

e-mail: miss17_02@mail.ru

THE EFFECT OF SURFACE DRESSING OF GLASS MICROSPHERES ON THE STRUCTURE OF CURED POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Starshova Y.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Полимерные композиционные материалы нашли широкое применение на промышленном рынке, поэтому достаточно актуальной является идея оптимизации их свойств с помощью различных наполнителей, в том числе - стеклянных микросфер.

Стеклосферы – инертные сферические частицы, сырьем для которых выступают природные минералы, отличаются повышенной твердостью. Они были разработаны для снижения себестоимости пластиков, а также для увеличения объема и снижения массы и плотности готового изделия. Уменьшение плотности состава связано с тем, что, несмотря на большую плотность стекла по сравнению со смолой, микросферы содержат полости, заполненные воздухом, при учете объема которых конечная плотность состава уменьшается. Стеклянные микросферы являются одними из самых популярных представителей сферических наполнителей, при введении в материал они формируют регулярную закрытопористую структуру, а потому в теории они способны полностью или частично заменить химические порообразователи. К сожалению, часто ввод такого наполнителя приводит к неравномерной структуре готового композиционного материала и заметным внутренним дефектам, поэтому встает важная задача поиска решения данной проблемы.

Одним из способов повышения эффективности использования стеклосфер и, следовательно, решения вышеобозначенной проблемы является аппретирование их поверхности. Данная процедура позволяет улучшить адгезию между наполнителем и полимерной матрицей, что, в свою очередь приводит к повышению прочности и устойчивости к разрушению ПКМ.

В ходе исследовательской работы стеклянные микросферы марки ПСМ-20 были подвергнуты обработке раствором 3-аминопропилтриметоксисилана в изопропиловом спирте. Далее они помещались в сушильный шкаф при температуре 90 °С до полного испарения изопропилового спирта. Затем путем перемешивания в мельнице с резиновыми шарами обработанные стеклянные микросферы были введены в порошковый полуфабрикат на основе эпоксидно-новолачного блок-соолигомера, и получены композиты.

Исследования полученных образцов позволили сделать выводы, что при использовании 3-аминопропилтриметоксисилана в качестве аппрета замечено существенное снижение плотности, уменьшение общей усадки полученного образца, а также заметное уменьшение количества внутренних микродефектов, что дает почву для дальнейших исследований, например, по водо- и бензопоглощению.

ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ЗА СЧЁТ ТЕРМОЛИЗА РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ

Ковалёв И.Ю., Степанчук А.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра энерго- и ресурсосберегающих технологий.

e-mail: ilya-kovalev-1999@list.ru, stepanchuc2002@gmail.com

PRODUCTION OF CARBON BLACK BY THERMOLYSIS OF RUBBER CRUMB

Kovalev I.Y., Stepanchuk A.P.

Saint-Petersburg state Institute of Technology

В настоящее время всё больше внимания уделяется переработке промышленных и бытовых отходов, в том числе и резиносодержащих. Активное развитие транспорта, а также шинной промышленности приводит к значительному образованию вышедших из эксплуатации шин, проблема утилизации которых остро стоит во всех индустриально развитых странах.

Термолиз или термическое разложение — процесс разложения химических соединений под воздействием температуры без применения катализаторов.

Целью данной работы является получение технического углерода посредством термолиза резиновой крошки.

Способ осуществляют за счет термолиза резиновой крошки в псевдоожиженном слое в вертикальном потоке ожижающего агента-растворителя - смеси углеводородов, содержащих алкилароматику. Растворитель циркулирует через резиновую крошку и технический углерод. Продукты термолиза разделяют сепарацией технического углерода. Термолиз проводят при 320-420 °С и давлении 3,8-4,2 МПа при массовом соотношении растворителя к резиновой крошке, равном менее 1,0. При этом растворитель выполняет функции как ожижающего агента, так и теплоносителя, вынося все продукты термолиза из реактора в одном потоке [1].

В результате получают технический углерод, аналогичный саже, используемой в производстве резины, разнообразные углеводородные фракции, металлокорд для переплавки и текстильную крошку как сырье для химической промышленности.

Основным преимуществом данного метода является отсутствие необходимости в дополнительных реагентах и высокая экологическая устойчивость, так как не образуются вторичные отходы, кроме дымовых газов.

Литература:

1. Бочарев К.З. Способ производства технического углерода, компонентов углеводородных топлив и сырья для химической промышленности из сырья - резиносодержащих промышленных и бытовых отходов.

СИНТЕЗ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ СЛОЖНЫХ ПОЛИЭФИРОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАКРИЛОВЫМИ МОНОМЕРАМИ

Тяпкина Д.А.*, *Ивановский С.А.*, *Муравский А.А.

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

e-mail: tda03-st@mail.ru

SYNTHESIS OF UNSATURATED POLYESTERS BASED ON POLYETHYLENE TEREPHTHALATE GLYCOLYSIS PRODUCTS MODIFIED WITH METHACRYLIC MONOMERS

Tyapkina D.A.*, *Ivanovsky S.A.*, *Muravsky A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Переработка полиэтилентерефталата (ПЭТ) является важным процессом с точки зрения экологии и экономии ресурсов. Одним из химических методов переработки ПЭТ является гликолиз. В результате проведения этого процесса может быть получен ряд олигоэфирполиолов, из них, в свою очередь, - непредельные полиэфирные смолы (НПС).

При синтезе полиола было принято решение использовать мольное соотношение ПЭТ: диэтиленгликоль (ДЭГ) 1:6 соответственно (опираясь на предыдущие исследования). В качестве катализатора был использован ацетат цинка в количестве 0,5 % от общей массы. Синтез проходил при температуре 220(±10) °С в течение 4 часов после начала реакции. Далее была проведена очистка продукта путём фильтрации и вакуумной перегонки. После чего была проведена модификация фталевым ангидридом (ФА). Количество ФА было рассчитано исходя из гидроксильного числа (ГЧ). В ходе синтеза отбирались пробы для определения кинетики реакции. У проб измерялось кислотное число (КЧ) по ГОСТ 22304-2015. Кривая титрования представлена на рисунке 1. Из полученных результатов, можно сделать вывод, что в процессе синтеза происходит реакция присоединения ФА к полиолу.

Затем в полученный продукт добавляли глицидилметакрилат (ГМА) так, чтобы на 1 моль ГМА приходился 1 моль кислотных групп синтезируемого полиэфира (КЧ), и бутилметакрилат (БМА) в количестве 20 масс.ч. Так же вводили 0,05 м.ч. гидрохинона на массу акриловых мономеров. В качестве катализатора использовался пиридин 0,5 масс. ч. Реакцию проводили при температуре 60 °С. По окончании реакции КЧ олигоэфир(мет)акрилата должно быть равно нулю, соответственно, для определения этого показателя из реакционной смеси отбирались пробы для определения КЧ по ГОСТ 22304-2015. Кривая титрования представлена на рисунке 2. Полученный материал может быть использован как основа для фотополимеризации в трёхмерной печати.

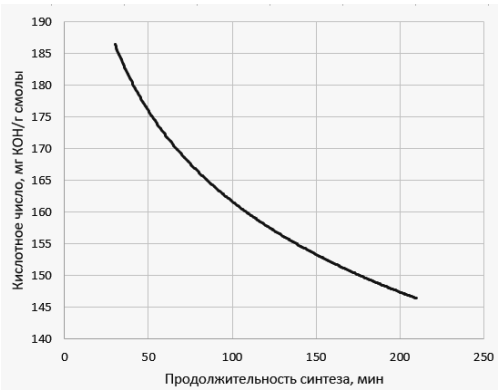


Рисунок 1 – Зависимость КЧ полиола от продолжительности синтеза

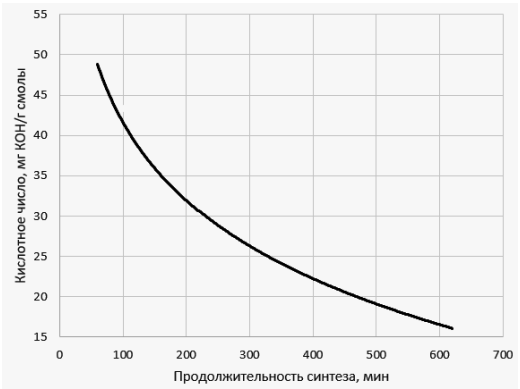


Рисунок 2 – Зависимость КЧ олигоэфир(мет)акрилата от продолжительности синтеза

ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ГЛИКОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Фаздалова А.Р.

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

e-mail: az.fazdalova@mail.ru

PRODUCTION OF MATERIALS FOR ADDITIVE MANUFACTURING BASED ON GLYCOLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Fazdalova A.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время полиэтилентерефталат (ПЭТ) является востребованным конструкционным и функциональным материалом благодаря своим физико-химическим свойствам: высокой прочности, хорошей пластичности, инертности, химической стойкости и устойчивости к деформациям. Одной из ключевых задач современной науки является разработка экологически чистых методов утилизации отходов ПЭТ. Существуют различные методы переработки, одним из которых является гликолиз. В ходе реакции формируются олигоэфирполиолы, пригодные для производства различных композиционных материалов. Тем не менее, одной из основных проблем такого метода переработки является значительное количество побочных продуктов.

Для проведения гликолиза к вторичному ПЭТ добавляли триэтиленгликоль (ТЭГ) в мольном соотношении 1:6 и катализатор ацетат цинка в количестве 0,5 % от общей массы. После завершения синтеза проводили вакуум-перегонку с использованием водоструйного насоса для удаления побочных низкомолекулярных веществ и остатка триэтиленгликоля, однако они являются ценными веществами, которые можно использовать для получения материалов, применяемых в 3D-печати методом филаментного наплавления (FDM).

Дистиллят, полученный в процессе вакуум-перегонки, смешивали с ПЭТ. Количество ПЭТ варьировали от 400 до 600 масс. ч. на 100 масс. ч. дистиллята. В качестве катализатора к смеси добавляли 0,5 масс. % ацетата цинка. Синтез проводили в трёхгорлой колбе объёмом 1 литр в течение 8 часов при температуре 240 ±5 °С.

Температуры плавления полученных продуктов были установлены методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Результаты показывают, что температура плавления равномерно увеличивается с ростом содержания ПЭТ в дистилляте, что позволяет получать продукты с необходимой температурой плавления. Результаты представлены ниже в таблице.

Таблица – Зависимость температуры плавления полученных продуктов от содержания ПЭТ на 100 масс. ч. дистиллята

Содержание ПЭТ, масс. ч.	400	450	500	600
Температуры плавления, °С.	173	180	189	200

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЫ И БИОЦИДНЫХ ДОБАВОК НА ФУНГИЦИДНУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Вощиков В.И.[1], Хамидулин Я.А.[1], Цветкова И.Н.[1], Соколов Г.С.[1], Зеленская М.С.[2], Шилова О.А.[1], Власов Д.Ю.[1,2]

[1]НИЦ «Курчатовский институт» - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова,

[2]Санкт-Петербургский государственный университет

e-mail: yarikh2001@mail.ru

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF POLYMER BASE AND BIOCIDAL ADDITIVES ON THE FUNGICIDAL ACTIVITY OF PROTECTIVE COATINGS

Voshchikov V.I.[1], Khamidulin Y.A.[1], Tsvetkova I.N.[1], Sokolov G.S.[1], Zelenskaya M.S.[2], Shilova O.A.[1], Vlasov D.Yu.[1,2]

[1]NRC «Kurchatov Institute» - I.V. Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry,

[2]Saint-Petersburg State University

Проблема защиты поверхностей от заражения патогенными грибами чрезвычайно актуальна. С одной стороны, по мере использования все более токсичных биоцидов у микромицетов формируется резистентность по отношению тем или иным токсичным веществам. С другой стороны, все более остро встает проблема защиты окружающей среды. При выборе биоцидов для защитных покрытий, обладающих фунгицидными свойства, важно также выбрать лакокрасочную матрицу, совместимую с биоцидными добавками. Целью данного исследование было оценить фунгицидную активность защитных покрытий, полученных на основе полимерных связующих разной природы и двух разных биоцидных композиций.

В качестве биоцидной добавки использовался медный комплекс полигексаметиленгуанидина (ПГМГ), адсорбированный на пористом $Al(OH)_3$. Для сравнения был использован биоцид на основе ПГМГ в смеси с жесткими биоцидами – $CuCrO_4$ и $ZnCrO_4$. Для эксперимента использовали алкидное связующее и на основе полиуретана П-90 и Ф-15. В качестве тест-объектов использовались микромицеты *Aspergillus niger* (№ KF768341) и *Penicillium chrysogenum* (№ OP758843). Для исследования использовали суспензию спор грибов в жидкой среде Чапека-Докса с концентрацией 10^5-10^6 спор грибов на 1 мл. Инокулированные образцы инкубировали во влажной камере при комнатной температуре. Результат оценивался по ГОСТ 9.048.

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что в 5 из 7 вариантов замечен биоцидный эффект в отношении микромицетов. Защитное действие проявляется в первую неделю после начала испытаний. В дальнейшем картина меняется незначительно. Полное подавление грибов получено в варианте «Ф15 + биоцид ПГМГ/$Al(OH)_3$/Cu». Заметное ингибирование прорастания получено в варианте «алкид + ПГМГ/ $CuCrO_4$@$ZnCrO_4$». Отсутствие выраженного биоцидного действия зафиксировано в вариантах «П-90 + ПГМГ/ $CuCrO_4$@$ZnCrO_4$» и «Ф15 + ПГМГ/ $CuCrO_4$@$ZnCrO_4$». Установлены различия в действии защитных покрытий на разные виды грибов. Это проявилось в динамике прорастания спор и развития мицелия. Данный факт указывает на правильность выбора тест-объектов при исследовании. Микромицет *Penicillium chrysogenum* проявил большую чувствительность к воздействию защитных покрытий, в сравнении с *Aspergillus niger*.

Таким образом, проведенные испытания позволили выявить наиболее перспективные полимерные связующие и биоцидные добавки для дальнейших лабораторных и натурных испытаний. Так, медный комплекс ПГМГ на твердом носителе Al(OH), независимо от природы полимерной основы показал высокую биоцидную активность в отношении выбранных плесневых грибов. Хроматы Cu и Zn проявили биоцидные свойства только в покрытиях на основе алкидного связующего.

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОНИЗИРОВАННОЙ ФРАКЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ

***Хижняков Р.Р.*[1,2], *Рымшин Г.А.*[1], *Гусев А.В.*[3], *Лютова Ж.Б.*[1,2]**

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

[2]*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт»,*

[3]*ООО «Акцентр Групп»*

e-mail: zhanna.lutova@gmail.com

PRODUCTION OF MICRONIZED POLYTETRAFLUOROETHYLENE FRACTION USING ELECTRON-BEAM TREATMENT

***Khizhnyakov R.R.*[1,2], *Rymshin G.A.*[1], *Gusev A.V.*[3], *Lyutova Zh.B.*[1,2]**

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

[2]*Petersburg Nuclear Physics Institute,*

[3]*LLC Accenture Group*

Политетрафторэтилен (ПТФЭ), обладая высокой химической стойкостью, термостойкостью и низкими коэффициентами трения, превосходными электроизоляционными свойствами и высокой устойчивостью к большинству химических растворителей, широко используется в химической промышленности, в электротехнике и электронике. Благодаря своей биоинертности и нетоксичности, ПТФЭ находит применение в медицине для изготовления различных имплантов [1]. Кроме самостоятельного использования ПТФЭ перспективно создание его композитов с другими материалами для придания им износостойкости, огнестойкости, скользящих и других полезных потребительских свойств.

Известно, что равномерное распределение высокомолекулярного ПТФЭ в матрице композита затруднено. В работе [2] показано, что размер частиц порошка ПТФЭ влияет на триботехнические свойства композитов, при этом крупные частицы ПТФЭ, негативно влияют на механические свойства материала. Так же известно, что ПТФЭ является радиационно-чувствительным материалом [3]. Разработка радиационной технологии получения микронизированных порошков ПТФЭ является актуальной промышленной задачей.

В данной работе на базе производственной компании «Акцентр Групп» (ГК «Росатом») подобран режим получения фракции микронизированного порошка политетрафторэтилена с использованием электронно-лучевой обработки, последующего измельчения на струйной вихревой мельнице, циклонного разделения и фильтрации. Размер частиц на всех стадиях эксперимента оценивался методом лазерной дифракционной спектроскопии (анализатор Bettersizer 2600 с приставкой для анализа в жидкой среде). Изменения в молекулярной структуре, вызванные радиолизом ПТФЭ оценивались методом ИК-спектроскопии, термокинетические исследования полученных модифицированных порошков исследуемого материала проводились методами ТГА и ДСК.

Литература:

1. Roina Y, Auber F, Hocquet D, Herlem G. ePTFE-based biomedical devices: An overview of surgical efficiency. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2022; 110(2):302-320.

2. Shelestova, V.A., Grakovich, P.N., Shilko, I.S. et al. The Tribotechnical Properties of Composites Based on Different Grades of Fluoroplastic-4 and Carbon Fibers. J. Frict. Wear 42, 75–79 (2021).

3. Saito, H., Furuta, M., Matsugaki, A. et al. Radiation-resistant properties of cross-linking PTFE for medical use. Polym. Bull. 76, 6111–6122 (2019).

ГИДРОГЕЛЕВЫЕ БИОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ (СО)ПОЛИСУКЦИНАТОВ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОЛИСАХАРИДОВ

Шальнова Л.И.*, *Лавров Н.А.

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

e-mail: lna@lti-gti.ru

HYDROGEL BIOFUNCTIONAL COMPOSITIONS BASED ON (CO)POLYSUCCINATES OF BIOACTIVE SUBSTANCES AND POLYSACCHARIDES

Shal'nova L.I.*, *Lavrov N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

(Со)полимеры N-винилсукцинаминовой кислоты являются основой полимерных биологически активных соединений (БАС) с прлонгированным действием, пригодных для применения в различных фармацевтических формах [1-3].

С целью расширения диапазона фармацевтических форм с пролонгированным действием и возможности применения полимерных соединений БАС осуществлен синтез водорастворимых (со)полисукцинатов 1-изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанола (анаприлина) на основе метода, примененного для получения (со)полисукцинатов триметиланилида диэтиламиноуксусной кислоты с использованием сополимера винилового спирта с N-винилсукцинаминовой кислотой (ВС-ВСАК) [2]. С привлечением полисахаридов (крахмал, эфиры целлюлозы) разработаны рецептуры гидрогелевых полимерных композиций БАС: «Априлогель» (с анаприлином) и «Анестогель» (с тримекаином).

Синтез полимерных соединений анаприлина, сочетающего кардиотонические и местноанестезирующие свойства, определен перспективностью получения веществ с комплексным и пролонгированным фармакологическим действием.

С привлечением ИК-, УФ-спектроскопии, потенциометрического титрования, равновесного диализа охарактеризованы строение, состав, пролонгирующая способность (со)полисукцинатов БАС.

Биофункциональные гидрогелевые композиции с целлюлозой получали при (2±1) ºС или с крахмалом при (50±5) ºС совмещением водных растворов (со)полисукцинатов с полисахаридами. Агрегативная устойчивость композиций сохранялась в диапазоне (-10)÷(25) ºС более года.

Апробация трансдермального применения полимерных гидрогелей показала их нетоксичность, атравматичность и возможность пролонгированного местноанестезирующего действия.

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

Литература:

1. Шальнова Л.И., Лавров Н.А Ионогенные гелеобразующие привитые на крахмал (со)полимеры N-винилсукцинимида, N-винилсукцинаминовой и акриловой кислот // Пластические массы. – 2020. - №-7-8. – С. 8-11.

2. Шальнова Л.И., Лавров Н.А. Потенциал и практическая реализация биоактивных производных поливинилсукцинатов // Пластические массы. – 2021. - № 7-8. – С. 31-34.

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.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАТАЛИЗАТОРА НА ПРОЦЕСС СИНТЕЗА ЭПОКСИАКРИЛОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА БИСФЕНОЛА F

***Шохина В.*, Аликин М.Б.**

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

e-mail: nika_shokhina@mail.ru

STUDY OF CATALYST INFLUENCE ON THE SYNTHESIS OF VINYLESTER RESIN BASED ON BISPHENOL F

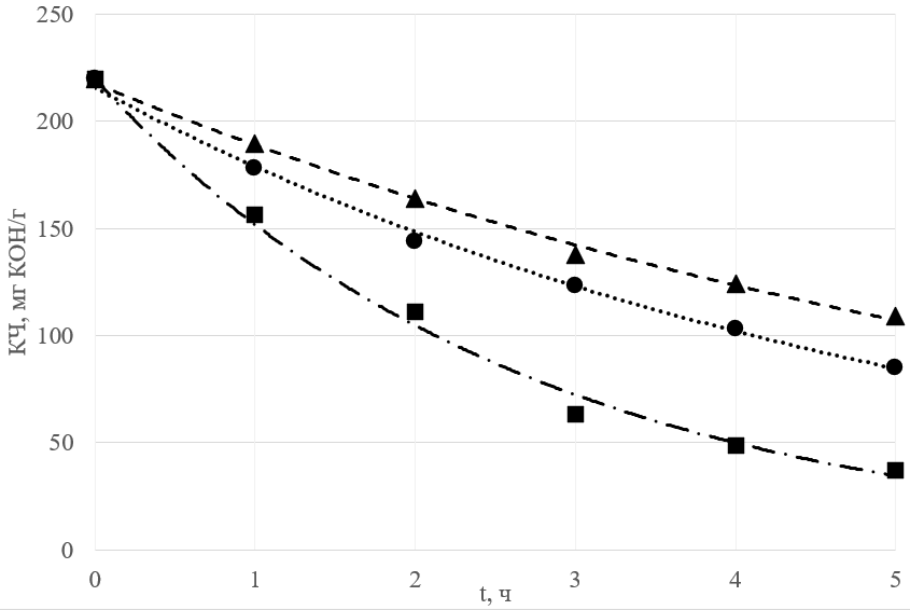
***Shokhina V.*, Alikin M.B.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эпоксиакриловые олигомеры - перспективные материалы с уникальными эксплуатационными свойствами. Одним из преимуществ этих соединений является наличие в строении непредельных связей, что позволяет их отверждать по свободнорадикальному механизму. Подобные свойства являются основой для успешного применения в различных областях науки и техники.

Представленное исследованиепосвящено изучению кинетики синтеза винилэфирной смолы взаимодействием диглицидилового эфира бисфенола F с метакриловой кислотой в присутствии ингибитора полимеризации – гидрохинона. В качестве катализатора были использованы моноэтаноламин, диэтаноламин и пиридин в количестве 0,5 масс.%. Синтез проводили при температуре 80 °С.

Важными показателями полноты протекания данной реакции является количество кислотных групп. Изменение кислотного числа от времени, характеризующее скорость данного процесса, представлено на рисунке.



1 – диэтаноламин, 2 – моноэтаноламин, 3 - пиридин

Рисунок - Изменение кислотного числа в процессе синтеза в зависимости от катализатора

Исходя из представленной зависимости можно сделать вывод, что использование пиридина в качестве катализатора является наиболее предпочтительным, так как позволяет достичь снижения остаточных кислотных групп и обеспечить высокую скорость процесса. При этом он не вызывает протекание побочной реакции между аминогруппой катализатора и оксираном эпоксидного олигомера.

СЕКЦИЯ 9.

ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИЦИНА

Климов А.А.*, *Цейтлин Г.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ
e-mail: mr.kwork2@mail.ru

DESIGN OF GLYCINE PRODUCTION

Klimov A.A.*, *Tseitlin G.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Мировая потребность глицина установилась на уровне 354 тыс. тонн/год по данным 2016 года. Основные производители находится в США и Китае. Основные производители на рынке: Ajinomoto North America, In; Chattem Chemicals; Phion Ltd; Amino GmbH; GEO Specialty Chemicals, Inc; Yuki Gosei Kogyo Co., Ltd; Merck KGaA; Showa Denko KK.

Из-за пандемии COVID-19 объем мирового рынка глицина, по оценкам, составит 582 миллиона долларов США в 2023 году и, по прогнозам, скорректируется до 752,8 миллиона долларов США к 2029 году при среднегодовом росте на 3,7% в течение прогнозируемого периода 2023-2029 годов [1].

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что рынок глицина имеет стабильный рост и перспективы развития, что делает проект по его производству актуальным и перспективным. В ходе изучения данного вопроса была спроектирована примерная технологическая схема получения глицина, представленная на рисунке.

Продолжение изучения и разработки данного производства позволит создать проект перспективного производства.

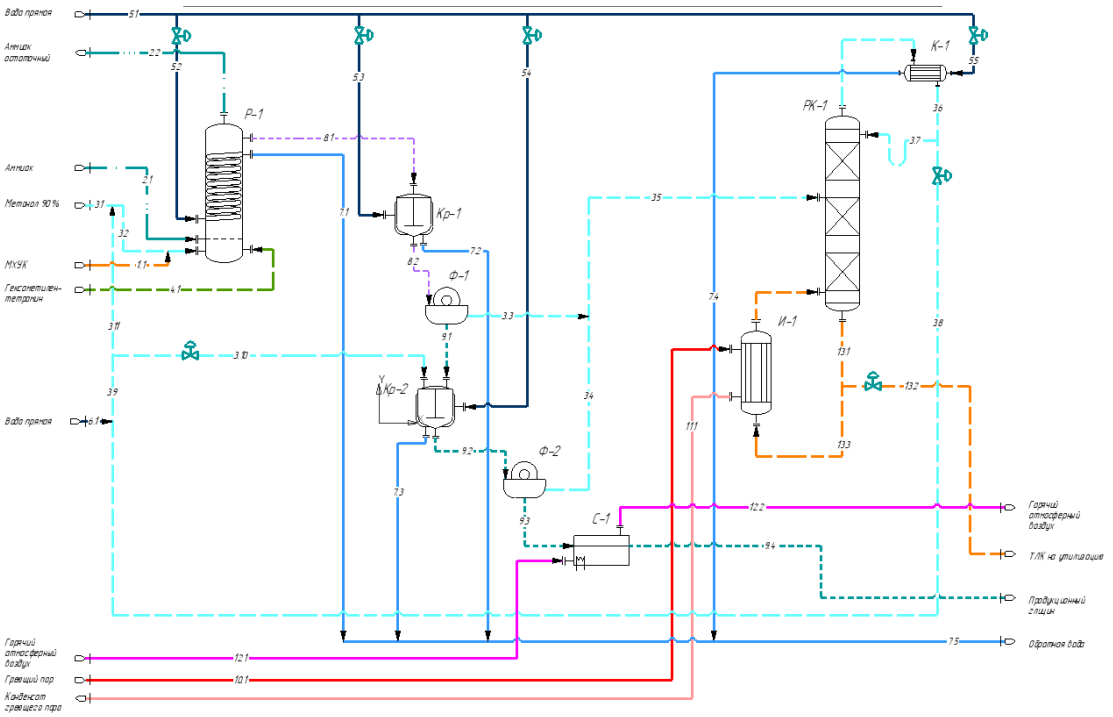


Рисунок – Технологическая схема производства глицина

Литература:

1. Global Glycine Industry Research, China Market Entry and Growth Opportunity 2018-2025 // QYResearch URL: https://www.qyresearch.com/index/detail/518813/global-glycine-industry-research-china-market (дата обращения: 5.09.24).

ЖИДКОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА БИОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ И ГИДРОКСИАПАТИТА

Кудряшова Ю.С.*, *Белоусова О.Л.

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова,

e-mail: fedorenkonyu@ya.ru

LIQUID-PHASE SYNTHESIS AND PROPERTIES OF BIOCERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE AND HYDROXYAPATITE

Kudryashova Yu.S.*, *Belousova O.L.

Branch of The Federal State Budgetary Institution «B.P. Konstantinov St. Petersburg Institute of Nuclear Physics» of The National Research Center «Kurchatov Institute» – Institute of Silicate Chemistry named by I.V. Grebenshchikov,

Нанокерамика на основе диоксида циркония является биоинертным и прочным материалом. Введение в ее состав биоактивных компонентов может способствовать эффективной стимуляции процессов репаративного остеогенеза в костных дефектах [1].

Жидкофазные методы синтеза позволяют получить ультрадисперсные порошки, снизить температуру синтеза твердых растворов. Проведение соосаждения в микрореакторах может помочь добиться более равномерного смешения компонентов, а также масштабировать технологию синтеза для внедрения в производство.

В данной работе методом совместного осаждения гидроксидов на лабораторной установке [2] и в микровихревом аппарате со встречными закрученными потоками (микро-ВСА-ВЗП) [3] с последующей низкотемпературной обработкой были получены ксерогели и порошки на основе *t*-ZrO_2 и *t*-ZrO_2/ГАП. Изучены процессы термолиза, кристаллическая структура и текстурные характеристики синтезированных порошков физико–химическими методами анализа.

Подобраны условия проведения синтеза порошков-прекурсоров и состав порообразующей добавки, получена пористая керамика на основе систем ZrO_2–Y_2O_3, ZrO_2–Y_2O_3/ГАП с открытой пористостью >39 %.

Выявлено, что полученные в работе керамические образцы не вызывают негативной реакции организма экспериментальных животных в течение длительного периода.

Полученная высокопористая прочная биосовместимая керамика перспективна в качестве материала для эндопротезирования.

Работа выполнена в рамках темы НИР филиала НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИХС № 1023033000122-7-1.4.3 «Физико-химические основы неорганического синтеза микро- и наноструктурированных неорганических, органо-неорганических и керамических материалов и покрытий для био-, энерго- и ресурсосберегающих технологий».

Литература:

1. Шиманская А.Н. и др. Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 2(247). С. 187–199.
2. Fedorenko N.Y. et.al. Ceramics International. 2022. Vol. 48. P. 6245–6249.
3. Fedorenko N.Yu. et al. Ceramics International. 2022. V. 48. Iss. 6. P. 13006–13013.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА 2,6-ДИХЛОРАНИЛИНА

Цейтлин Г.Д.*, *Климов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ

e-mail: georgytseitlin@mail.ru

DESIGN OF LOW-TONNAGE PRODUCTION OF 2,6-DICHLORANILINE

Tseitlin G.D.*, *Klimov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из важных полупродуктов для получения лекарственных препаратов, красителей и антиоксидантов является 2,6-дихлораниин. 2,6-дихлоранилин используется для получения клонидина (более известного, как клофелин), китайского органического кремния и теговира.

В связи с изменениями во внутренней политике страны и упора на импортозамещение было принято решение о развитии малотоннажного производства. Благодаря синтезу 2,6-дихлоранилину можно удешевить производство лекарственных препаратов, поскольку не будет необходимости в запуке дорогих импортных реагентов для производства ряда лекарственных препаратов. А также открытие направления на производства «китайского органического кремния» и его последующий экспорт.

Исходя из вышеперечисленных данных был сделан выбор реакции получения 2,6-дихлоранилина из 2,4,6-трихлоранилина в изотермическом трубчатом реакторе на палладиевом катализаторе. На выходе получается смесь продуктов гидрирования 2,4,6-трихлоранилина. Путем очистки получаем 2,6-дихлоранилин [1].

Изучив полностью процесс получения 2,6-дихлоранилина была спроектирована примерная схема получения 2,6-дихлоранилина из 2,4,6-трихлоранилина с последующим разделением всех продуктов реакции (рисунок).

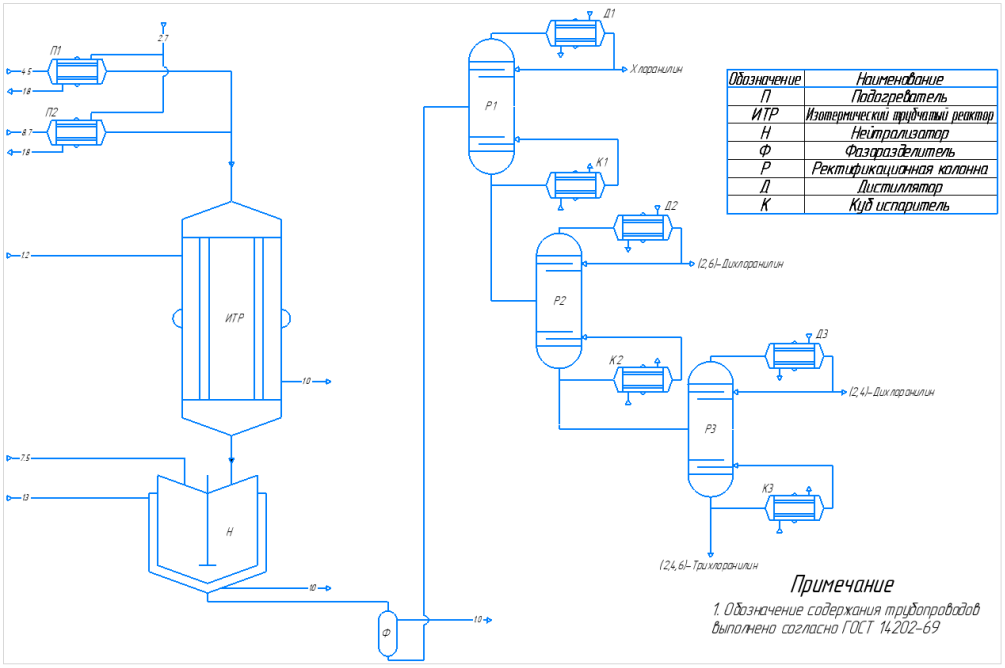


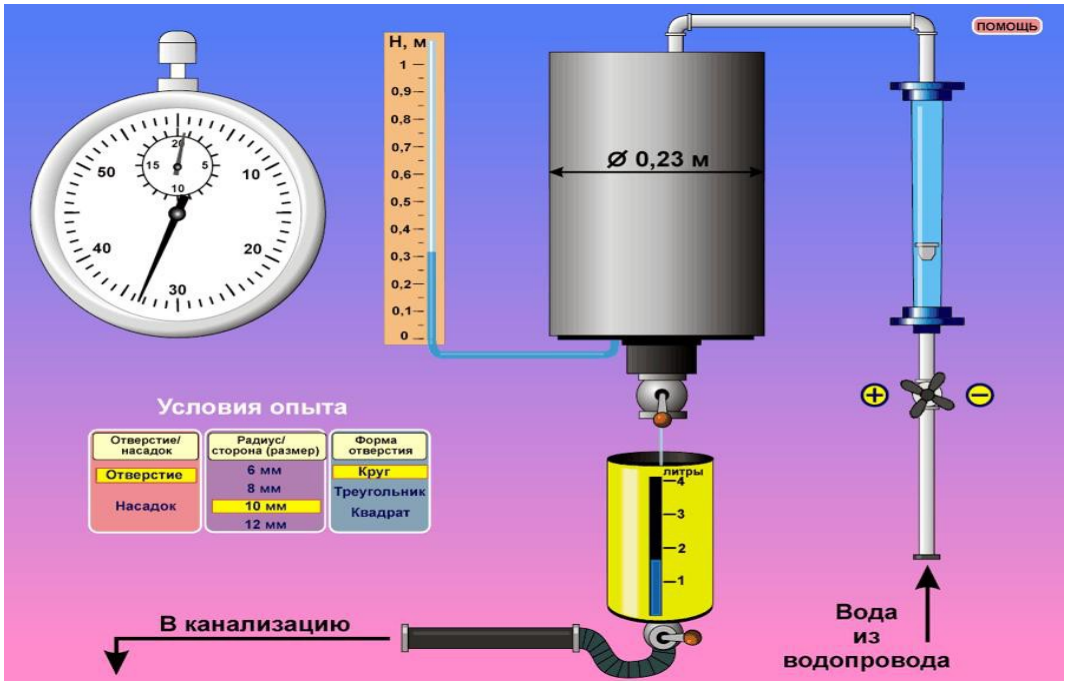
Рисунок – Технологическая схема получения 2,6-дихлоранилина

Литература:

1. Описание изобретения // Научная электронная библиотека URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40819629 (дата обращения: 13.10.24).

СЕКЦИЯ 10.

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ



УСТАНОВКА ДЛЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ПРОТОЧНЫЙ АВТОКЛАВ

Алексеев А.Е.*, *Макушева И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: makusheva2012@yandex.ru

EXPERIMENTAL RIG FOR HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF INORGANIC MATERIALS: FLOW-THROUGH AUTOCLAVE

Alekseev A.E.*, *Makusheva I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гидротермальный метод синтеза широко используется для синтеза неорганических материалов. Вместе с тем, производительность используемых для данного метода автоклавов крайне низка. Кроме того, из-за относительно больших размеров автоклавов в них возникают существенные градиенты температуры и концентрации. На кафедре ОХБА разработан проточный автоклав [1] и изготовлена экспериментальная установка, позволяющая проводить обработку при давлении до 6-8 бар. При необходимости установка может быть перенастроена на более высокие температуры и давления.

Преимуществами по сравнению с автоклавами периодического действия являются: более равномерное распределение температуры по сечению аппарата, высокая производительность (до 4 л/мин в данной установке); исключен риск перегрева благодаря хорошему перемешиванию в каналах автоклава.

На первом этапе экспериментов планируется исследовать температуру жидкости в зависимости от мощности нагревателей, затем в проточном автоклаве будет проведен синтез неорганических материалов (рисунок).

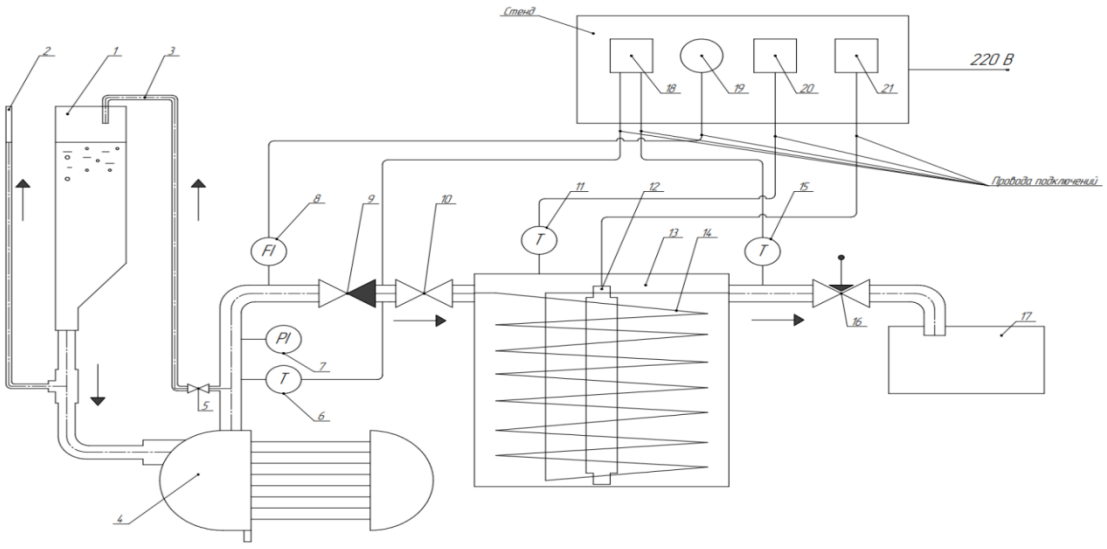


Рисунок – Схема проточного автоклава.
1 – ёмкость с суспензией; 2 – уровнемер; 3 – линия байпасирования; 4 – центробежный насос; 5 – запорный вентиль; 6 – термопара на входе в автоклав; 7 – манометр; 8, 19 – расходомер; 9 – обратный клапан; 10 – запорный вентиль; 11 – термопара внутри корпуса автоклава; 12- лампа накаливания; 13 – корпус автоклава; 14 – змеевик; 15 – термопара на выходе из автоклава; 16 – игольчатый вентиль; 17 – ёмкость для сбора продукта; 18, 20 – измеритель-регулятор; 21 – регулятор мощности нагрева ламп

Литература:

1. Патент РФ №2825758/29.08.2024 // Устройство для гидротермальной обработки / Патент России № 2825758. 2024. / Абиев Р.Ш.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВИХРЕВЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

Артамонов А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: giperbol123@gmail.com

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PRESSURE DROP OF VORTEX CONTACT DEVICES

Artamonov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Особый интерес исследователей и инженеров в области химической и биотехнологии в последние годы привлекают новые типы оборудования на основе интенсивно закрученных потоков для проведения процессов в газожидкостных системах ввиду ряда их преимуществ, таких как способность поддерживать стабильность капель (пузырей) гетерофазной системы и интенсифицировать массо- и теплоперенос [1].

Целью представленной работы было исследование влияния приведенной скорости к сечению завихрителя $w_з$ в диапазоне 0,3 – 1,6 м/с на значение гидравлического сопротивления вихревого контактного устройства (далее – ВКУ), представляющего собой тарелку с закрепленными на ней аксиальными статическими завихрителями с углом наклона лопаток 60°. Схема экспериментальной установки и исследованных конфигураций ВКУ представлены на рисунке.

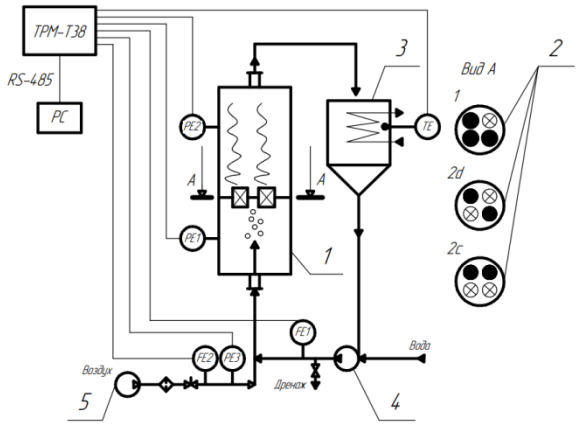


Рисунок – Схема экспериментальной установки с ВКУ:
1 – колонна; 2 – ВКУ; 3 – бак-накопитель; 4 – насос; 5 – компрессор

Результаты эксперимента были аппроксимированы уравнением:

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho w_з^n}{2},$$

где ζ – коэффициент гидравлического сопротивления; ρ – плотность жидкости, м^3/ч; $w_з$ – приведенная скорость течения в завихрителе; n – показатель степени.

Было обнаружено, что зависимость потери давления на ВКУ Δp не находится в квадратической зависимости несмотря на то, что во всем диапазоне исследуемых скоростей $w_з$ значения критерия Рейнольдса $Re_з \geq 10^4$. Для конфигураций ВКУ «1» и «2с» показатели степени равны 1,32 и 1,34 соответственно. Отклонения от квадратичной зависимости может быть обусловлено подавлением турбулентности закрученными потоками.

Литература:

1. Kuzmin A. O. Confined multiphase swirled flows in chemical engineering //Reviews in Chemical Engineering. – 2021. – Т. 37. – №. 1. – С. 31 – 68.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРА МОДЕЛИ КЛАССИФИКАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ОПЫТНЫМ ДАННЫМ

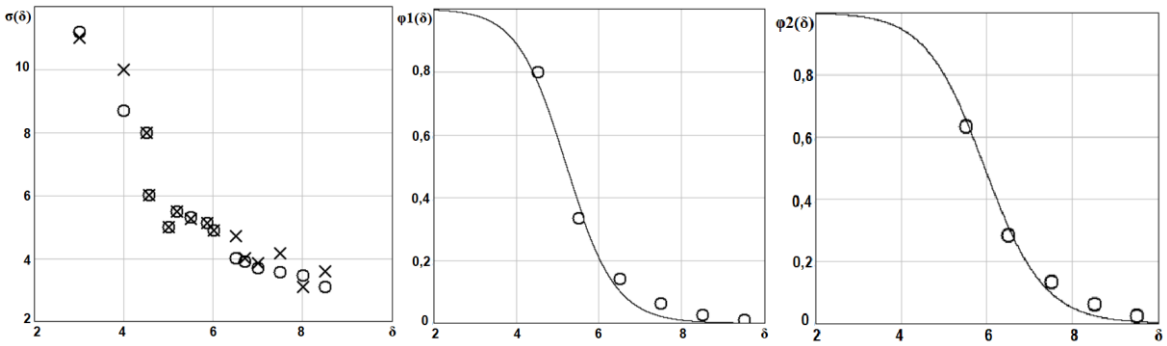
Данильчук В.С.*, *Юганов В.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов
e-mail: vitsd61@mail.ru

DETERMINATION OF THE PARAMETER OF THE DISPERSED MATERIALS CLASSIFICATION MODEL BASED ON EXPERIMENTAL DATA

Danilchuk V.S.*, *Iuganov V.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Предложена модель классификации [1], включающая уравнения движения частиц в закрученном потоке газа, уравнения поля скоростей газовой среды и уравнения поверхностей ввода и вывода продуктов классификации. В предлагаемой модифицированной модели учет действия случайных факторов проводится путем прибавления к вектору скорости частицы случайного вектора на каждом шаге при численном интегрировании уравнений. Математическое ожидание модуля случайного вектора скорости равно нулю, а параметр модели σ(δ)- определяется как функция размера частиц при сравнении экспериментальных и расчетных кривых разделения φ(δ). Для получения расчетной кривой разделения проводился расчет до 50 тысяч случайных траекторий частиц разного размера δ с шагом 0.5 мкм.

На рисунке представлены зависимости значения параметра от размера частиц и сравнение опытных и расчетных кривых разделения в двух различных опытах при разном числе оборотов ротора и разном расходе потока газа.



А **Б** **В**

Рисунок – Зависимость параметра модели от размера частиц - А и сравнение опытных и расчетных кривых разделения - Б, В (линии-расчет)

Близкие значения параметра σ, полученные при различных условиях проведения эксперимента, дают основания для использования модели для расчета распределения размеров частиц в продуктах классификации, оптимизации конструкции зоны разделения и выбора рациональных режимов работы аппарата.

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.

ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ишутин А.Г.*, *Веригин А.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов
e-mail:alex-ish@yandex.ru

PROCESSES OF MECHANICAL PROCESSING OF DISPERSED MATERIALS

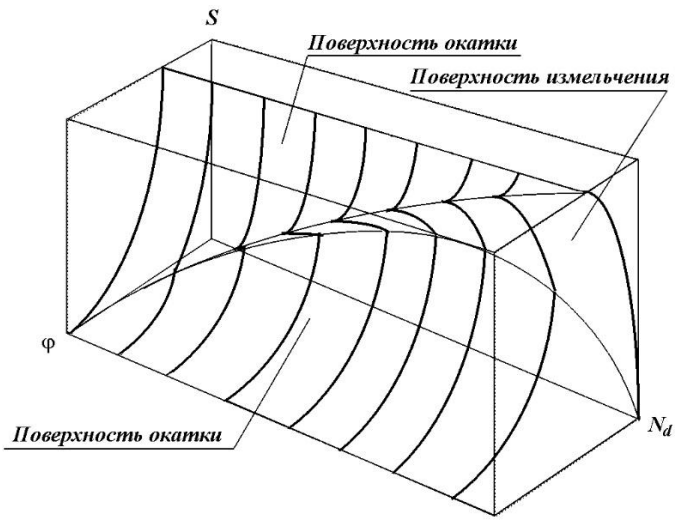
Ishutin A.G.*, *Verigin A.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

С целью придания керамическим и огнеупорным изделиям особых свойств в рамках технологии их производства предлагается метод специальной подготовки компонентов, заключающийся в предварительной механической обработке частиц исходного сыпучего материала.

Механическая обработка позволяет придать частицам округлую форму и при этом вскрыть микродефекты кристаллической структуры. В результате обработки состав порошка изменяется как по размерам, так и по форме частиц, образуются две принципиально различные фракции: крупные (исходные) частицы, близкие по форме к шару и мелкодисперсные сферические частицы. Разделение этих материалов позволяет получить компоненты для различных составов. Механическая обработка по своим результирующим признакам заключается в одновременном протекании двух процессов: измельчение (вскрытие внутренних микродефектов структуры) и окатка (удаление поверхностных микродефектов, сопровождающееся минимизацией наружной поверхности частиц). В зависимости от величины диссипируемой энергии процесс обработки протекает с преобладанием либо измельчения, либо окатки.

Для материалов с идентичными прочностными и геометрическими параметрами положение точки смены режима обработки будет зависеть только от энергетики морфоструктурной модификации. Это наглядно представлено в пространстве механической обработки (удельная поверхность материала S – форма его частиц φ), т.е. в поле направлений, которое дополнено координатой для скорости диссипации энергии N_d.

Пример подобного пространства приведен на рисунке. Зона (область) перемены режима, в которой возможен переход от одного вида обработки к другому, определяется скоростью диссипации энергии. Существование этой зоны обусловлено сложными физическими явлениями, происходящими в частице при механической обработке. Так при малых уровнях воздействия частица подвержена окатке от начала до конца морфоструктурной модификации, при большей мощности в некоторый момент времени происходит смена режима на измельчение, вызванное постепенным накоплением дефектов. После их «раскрытия» режим опять сменяется на окатку, которая продолжается до окончания механической обработки.



ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСМЕШЕНИЯ В МИКРОРЕАКТОРЕ С ВСТРЕЧНЫМИ ИНТЕНСИВНО ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

Кудряшова А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: annakudrasova341@gmail.com

STUDY OF MICROMIXING IN A MICROREACTOR WITH COUNTERING INTENSIVELY SWIRLED FLOWS

Kudryashova A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цель данной работы – определение корреляции между качеством микросмешения и удельной скоростью диссипации энергии в микро-ВСА-ВЗП [1] при трех различных способах ввода растворов.

Один из эффективных методов улучшения качества перемешивания – использование закрученных потоков. В данном аппарате закрутка создается за счет подачи одного или нескольких потоков в тангенциальные патрубки, один из потоков может подаваться через осевой патрубок в зону горловины. Сочетание интенсивной закрутки в ограниченном микробъеме (~ 0.5 мл) позволяет добиться высоких значений удельной скорости диссипации энергии ε (Вт/кг).

В данной работе проводили две серии исследований: в первой определяли удельную скорость диссипации энергии ε при различных способах подачи воды в патрубки аппарата микро-ВСА-ВЗП в широком интервале расходов, во второй – в том же интервале расходов определяли качество микросмешения, характеризуемое индексом сегрегации Xs. Для всех способов подачи растворов были построены зависимости $\varepsilon_{mix} = f_1(Q)$, $Xs = f_2(Q)$, а также $Xs = f_3(\varepsilon_{mix})$.

В качестве способа определения качества микросмешения использована йодид-иодатная методика. Данная методика широко применяется для исследования реакторов различных типов с высокоэффективным смешением.

По результатам экспериментов установлено, что при подаче в тангенциальный и осевой патрубки левой или правой камер аппарата в зависимости $\varepsilon_{mix}=A_1Q^{n1}$ значение показателя степени практически совпадает с теоретическим значением 3.0, характерным для турбулентного режима. При подаче в два тангенциальных патрубка, т.е. при смешении встречных закрученных потоков в камере смешения показатель степени принимает значение n1 = 2.185, что может быть объяснено взаимным гашением момента количества движения при взаимодействии двух вихрей. Из анализа уравнения энергии следует, что во всех исследованных случаях практически вся вводимая в аппарат механическая энергия диссипируется ($\eta > 99.8$ %).

Литература:

1. Абиев Р.Ш., Кудряшова А.К. Исследование микросмешения в микрореакторе с встречными интенсивно закрученными потоками// Теор. осн. хим. технол. 2024, Том 58, № 2. с. 144-159

КОНСТРУКЦИЯ АДСОРБЕРА С ПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Кузнецов В.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: vitya.kuznetsov.2005@mail.ru

THE DESIGN OF AN ADSORBER WITH A MOVABLE LAYER FOR WASTEWATER TREATMENT

Kuznetsov V.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одной из конструкций, отвечающим требованиям, является массообменный аппарат с подвижным слоем адсорбента. Разработанный аппарат позволяет с наибольшей эффективностью производить процесс адсорбции, может быть использован в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности для очистки и подготовки к повторному использованию сточных вод (рисунок) [1].

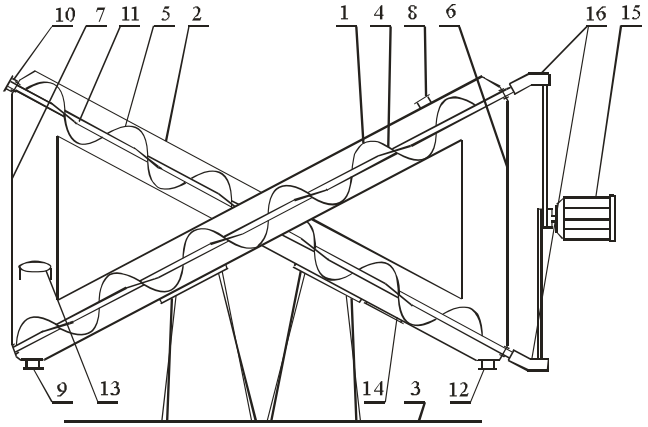


Рисунок - Массообменный аппарат, совмещающий адсорбцию и десорбцию в замкнутой системе

Т.о. за счет соединения камер адсорбции и десорбции переточными соединениями в замкнутом цикле сокращается время процессов, экономится расход адсорбента, расположение камер под углом 30° к основанию повышает эффективность аппарата, применение шнека для перемещения адсорбента, который установлен на расстоянии от внутренней стенки камеры, не превышающем диаметра зерна адсорбента и создания противотока позволяет полностью использовать поверхность адсорбента [2].

Предлагаемый массообменный аппарат по сравнению с известными обеспечивает эффективное многоразовое использование адсорбента, повышение степени очистки жидкой фазы в 1,5-2 раза, позволяет проводить процесс регенерации в замкнутом цикле, не прерывая поток движения адсорбента, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат в несколько раз, при этом достигается экономия металлоконструкций, электроэнергии и производственных площадей [2].

Литература:

1. Саипов А.А., Сатаев М.И., Алтынбеков Ф.Е. Экологическая эффективность адсорбционной очистки нефтесодержащих сточных вод в адсорбере с подвижным слоем.

2. Саипов А.А., Сатаев М.И., Алтынбеков Ф.Е., Балабеков О.С., Сабырханов Д.С., Алтынбеков Р.Ф., Смагул А. Массообменный аппарат Предварительный патент РК № 13530 от 15.10.2003

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В РОТОРНЫХ АППАРАТАХ ПРИ БОЛЬШИХ СКОРОСТЯХ ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ

Миронова А.И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов

e-mail: alex.sm.2002@mail.ru

INVESTIGATION OF THE BASICS OF MIXING IN ROTARY APPARATUSES AT HIGH ENERGY DISSIPATION RATES

Mironova A.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из наиболее распространенных типов оборудования в химической промышленности для обработки жидких сред являются аппараты с механическим перемешивающим устройством. С целью интенсификации процессов тепло- и массообмена, а также реализации возможности проведения сложных гетерофазных химических реакций были созданы роторные аппараты, способные обеспечить высокие скорости диссипации энергии при перемешивании. Роторные аппараты представляют большой класс реакторов, отличающиеся видом перемешивающего устройства, различают гладкие роторы, со штырями, с плоскими дисками, с коническими дисками и т.д. Несмотря на разнообразие конструкций и востребованность данного типа реакторов в химической промышленности, на данный момент отсутствует обобщенная методика описания гидродинамических процессов и расчета роторных аппаратов различных видов.

Целью данной работы стало изучение гидродинамики различных роторных аппаратов и приведение методики расчета реакторов к единому виду с использованием фрактальной размерности.

С позиций диссипации энергии поток жидкости можно рассматривать как некоторую бистабильную систему, одно из равновесных состояний которой отвечает ламинарному течению со скоростью диссипации $\varepsilon_c(\mathrm{Re})$, другое – турбулентному с диссипацией энергии в результате образования вихрей $\varepsilon_B(\mathrm{Re})$. Ламинарное течение должно сохраняться до тех пор, пока в нем возможна полная диссипация подводимая энергия. Возникновение турбулентности станет возможным при превышении $\mathrm{Re}_{кр}$, тогда часть объема среды будет занята ламинарным потоком, а часть – турбулентным. Тогда скорость диссипации может быть представлена, как

$$\varepsilon = K_c \cdot \varepsilon_c(\mathrm{Re}) + K_в \cdot \varepsilon_в(\mathrm{Re})$$

где K_c, K_B – отношение объема потока, оставшегося ламинарным (турбулентным) ко всему объему системы.

Для определения K_B было предложено использовать функцию вида [1]:

$$K_в = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{\mathrm{Re}}{R_{кр}}\right)^m\right\}$$

где $\mathrm{Re}_{кр}$ – критическое значение числа Рейнольдса; m − эмпирический коэффициент.

В процессе работы изучены корреляция между удельной скоростью диссипации энергии и конструктивными параметрами аппаратов. Установлены зависимости основных параметров процесса перемешивания (скорости вращения ротора, мощности, вводимой в аппарат) от интенсивности энергетического воздействия.

Литература

1. Kirschbaum E. Neues aus der Rektifiziertechnik. // Zeitschrift VDJ6. – 1956. – Bd. 98, № 32. – S. 1797–1804.

ШНЕКОВЫЕ КРИСТАЛЛИЗАТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Незамаев Н.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронные технологические комплексы

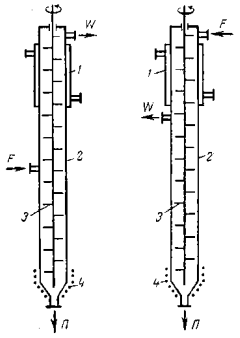
e-mail: maxp.lti-gti@yangex.ru

CONTINUOUS SCREW CRYSTALLIZERS

Nezamaev N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кристаллизатор представляет собой вертикальную трубу, внутри которой находится вращающийся шнек. В верхней части аппарат снабжен охлаждающей рубашкой, а в нижней — плавителем.



***1* — зона охлаждения; *2* — корпус колонны; *3* — шнек; *4* — плавитесь**

Рисунок - Схема шнекового кристаллизатора непрерывного действия

По рабочему варианту исходный расплав подается в центральную часть колонны. В зоне охлаждения (рисунок) происходит непрерывное образование кристаллической фазы; последняя с помощью шнека непрерывно транспортируется вниз. В самой нижней части аппарата кристаллы полностью расплавляются. Часть полученного при этом продукта, обогащенного высокоплавким компонентом, выводится через нижний штуцер, а другая часть вытесняется вверх непрерывно поступающими сверху кристаллами, благодаря чему и создается противоток фаз. Двигаясь вверх, жидкая фаза постепенно обедняется высокоплавким компонентом в результате массообмена с кристаллической фазой и выводится сверху в виде низкоплавкого продукта.

Корпус шнековых кристаллизаторов обычно изготовляют из термостойкого стекла или кварца, реже — из металла. В колоннах относительно большого диаметра плавитель имеет вместо внешнего обогрева внутренние теплообменные элементы (змеевики, трубчатки). Высота шнековых кристаллизаторов непрерывного действия в отдельных случаях достигает 2 м, а диаметр — 100 мм.

Шнековые кристаллизаторы используются для очистки и разделения ряда органических и неорганических веществ. Так, в пшековом кристаллизаторе непрерывного действия высотой 85 см и внутренним диаметром 51 мм был получен 99,5 %-ный *п*-ксилол из смеси, содержащей 23 % о-ксплола и 77 % *п*-ксилола. Имеются сведения о глубокой очистке бензола, толуола и нафталина; в частности, получен бензол с чистотою 99,996 %. Приводятся данные о четком разделении двузамещенного фосфата натрия от двузамещенного арсената натрия в водном растворе, изомеров нитротолуола и ментола, о глубокой очистке дифенила, β-нафтола.

Экспериментальные исследования непрерывной противоточной кристаллизации в шнековых аппаратах показали, что время выхода последних на стационарный рабочий режим в зависимости от условий разделения и объема колонны обычно составляет 1 — 5 ч. За это время, как правило, происходит смена от полутора до двух объемов колонны.

ВИХРЕВОЙ СТРУЙНЫЙ МИКРОРЕАКТОР ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ

Потехин Д.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: dmitripotehin@yandex.ru

VORTEX JET MICROREACTOR FOR THE SYNTHESIS OF NANOSCALE PARTICLES

Potekhin D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современном мире нанотехнологии играют всё более важную роль в различных областях науки и техники. Наноразмерные частицы обладают уникальными свойствами, которые делают их ценными для применения в таких областях, как медицина, электроника, энергетика и другие. Однако синтез таких частиц является сложным процессом, требующим тщательного контроля над параметрами реакции.

Одним из перспективных подходов к синтезу наноразмерных частиц является использование микрореакторов. Микрореакторы представляют собой миниатюрные устройства, в которых происходит химическая реакция. Они позволяют контролировать параметры реакции с высокой точностью, что обеспечивает получение частиц с заданными свойствами.

Для синтеза наноразмерных частиц был разработан микрореактор – микровихревой струйный аппарат – микро-ВСА [1]. Аппарат обладает высоким качеством микросмешения за счет высоких значений тангенциальной и осевой составляющих скорости в горловине, что достигается благодаря геометрии аппарата и кинематике потока. Это позволяет получать наноразмерные частицы с высокой чистотой и контролируемыми размерами. Благодаря отсутствию движущихся частей и уплотнений, а также высокой производительности аппарат привлекателен для промышленного синтеза наночастиц. Несмотря на весьма компактные размеры установки на основе данного микрореактора (не более половины письменного стола), с его помощью можно получать до 10 $м^3$ в сутки суспензии с продуктом (примерно 200-300 кг/сут твердых частиц в пересчете на продукт). При такой производительности удельные значения диссипации энергии достигают 5000 Вт/кг. При этом более 70% энергии диссипируется в основной зоне смешения микрореактора объёмом 1650 $мм^2$ [2]. В аппарате синтезировано несколько сложных оксидов металлов, фториды кальция и стронция [3], иттрий-алюминиевый гранат, материалы со структурой пирохлора.

В ходе работ были проведены экспериментальные и численные исследования, посвящённые изучению гидродинамики микрореактора и качества микросмешения.

Дальнейшие изыскания будут направлены на определение оптимальной конструкции устройства, а также на изучение различных методов отделения наночастиц от маточного раствора.

Литература:

1. Микрореактор с закрученными потоками растворов реагентов. Пат. РФ. 2736287

2. Р.Ш. Абиев, Д.А. Потехин // Журн. теоретические основы химической технологии, 2023, Т. 57, № 6, С. 681-696

3. 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

УЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕТРА ПРИ РАСЧЁТЕ СОСУДОВ И АППАРАТОВ

Ратасеп М.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов

e-mail: kmahp@yandex.ru

THE CALCULATING OF WIND IMPACT ON VESSELS AND APPARATUS

Ratasep M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ветровая нагрузка – это сумма проекций внешних сил и крутящих моментов, обусловленных общим аэродинамическим сопротивлением конструкции. Расчёт сосудов и аппаратов на ветровую нагрузку может осуществляться как по строительным нормам, так и по стандартам для расчёта сосудов и аппаратов.

В действующей нормативно-технической документации принято выделять следующие типы воздействия ветра:

а) основная ветровая нагрузка;

б) пиковые значения ветровой нагрузки;

в) резонансное вихревое возбуждение;

г) аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования, дивергенции и флаттера.

Нормативное значение основной ветровой нагрузки w задается двумя способами: 1) нагрузка w представляет собой совокупность трёх составляющих:

а) нормального давления w_e, приложенного к внешней поверхности;

б) сил трения w_p, направленных по касательной к внешней поверхности;

в) нормального давления w_r, приложенного к внутренним поверхностям конструкции с проницаемыми ограждениями;

2) нагрузка w рассматривается как совокупность:

а) проекций w_x и w_y, внешних сил, обусловленных общим сопротивлением конструкции в направлении осей x и y;

б) крутящего момента w_{Mz} относительно оси z.

Во всех случаях нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих $w = w_m + w_p$.

Нормативное значение ветрового давления w_0 принимается в зависимости от ветрового района по СП 20.13330.2016, также его допускается уточнять в установленном порядке на основе данных местных метеостанций.

Сосуды и аппараты рассчитывают в рабочих условиях, условиях испытания и условиях монтажа. На сегодняшний день расчёт сосудов и аппаратов в большинстве случаев выполняется программными средствами в соответствии с требованиями государственных стандартов. Например, в программе Пассат (рисунок) учет ветровых нагрузок сводится к выбору ветрового района и желаемого стандарта для расчёта.

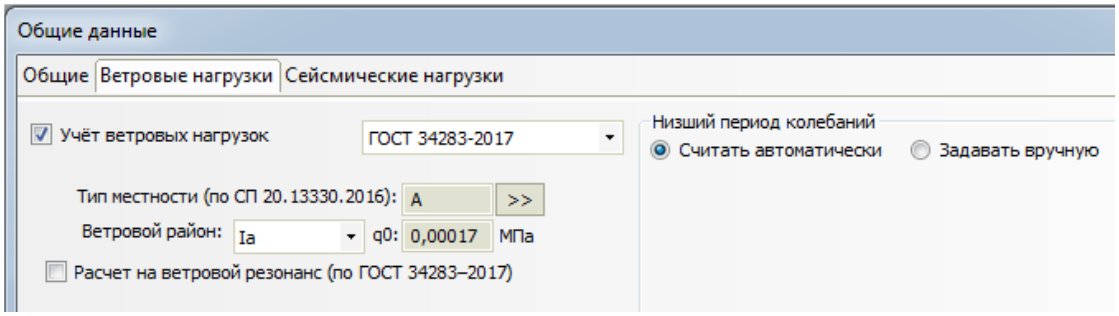


Рисунок – Учёт ветровых нагрузок в программе Пассат

МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ СМЕСИТЕЛЕ

Родина М.А.*, *Ратасеп М.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра мехатронных технологических комплексов
e-mail: pogibelnaya2015@mail.ru, kmahp@yandex.ru

THE MODEL OF MIXING IN A STATIC MIXER

Rodina M.A.*, *Ratasep M.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Статические смесители представляют собой систему неподвижных смесительных элементов, установленных в трубе или канале. Они используются для перемешивания или диспергирования фаз в непрерывных процессах. Статические смесители компактны, надежны и практически не требуют обслуживания.

Удовлетворительность выбранной модели перемешивания при разработке новых или выборе существующих конструкций смесителей определяет общую экономическую эффективность процесса, т.к. определяет качество и время перемешивания.

Выделяют три основные области использования статических смесителей: перемешивание, диспергирование и тепло- массообмен.

При перемешивании смешивающихся жидкостей в смесителях по ходу основного движения поток делят на струи, которые затем направляют для смешения в перпендикулярном радиальном направлении и так многократно повторяют.

Диспергирование несмешивающихся жидкостей на капли заданного дисперсионного состава происходит за счет равномерной по объему аппарата диссипации энергии и равномерному по сечению аппарата распределению компонентов.

Использование статических смесителей для тепло- массообмена обуславливается возможностью создания в них развитой поверхности контакта фаз и интенсивной турбулентность.

Смесители могут работать в очень широком диапазоне гидродинамических режимов и производительности: от ламинарного до высоко турбулентного, как с газами, так и с высоковязкими жидкостями, быть от нескольких миллиметров до нескольких метров в диаметре.

Накопленный опыт в разработке и эксплуатации статических смесителей позволяет говорить об общих закономерностях при перемешивании и рекомендациях по использованию того или иного смесителя в зависимости от поставленной технологической задачи. Тем не менее, при всякой вариации процесса требуются подтверждающие натурные и численные эксперименты.

Проведенные нами численные опыты в программе СолидВоркс Симулейшн позволили выработать подход для качественной оценки качества смешения смешивающихся жидкостей по длине аппарата. На рисунке показан результат одного из экспериментов: синий поток жидкости А смешивается с красным потоком жидкости Б, по ходу движения образуется равномерно перемешанный зелёный поток.

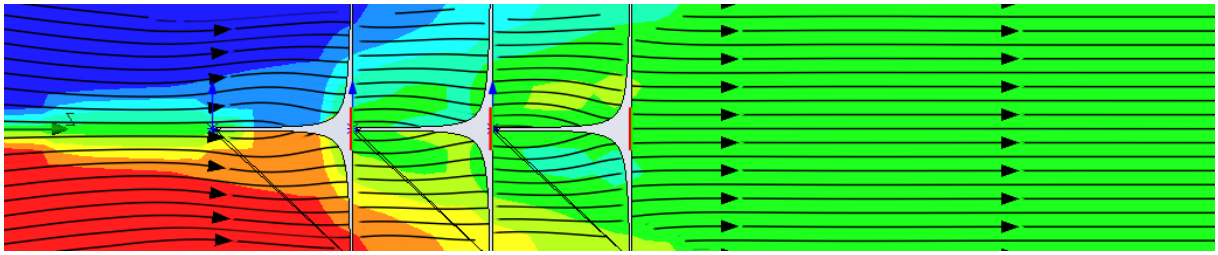


Рисунок – Изменение концентрации жидкости А в жидкости Б

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ЦИРКУЛЯЦИИ НА МАССОПЕРЕНОС ПРИ ТЕЙЛОРОВСКОМ ТЕЧЕНИИ 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 РАН*
e-mail: venjo@mail.ru

INFLUENCE OF CIRCULATION FREQUENCY ON MASS TRANSFER IN TAYLOR FLOW FOR LIQUID-LIQUID SYSTEMS IN MICROCHANNELS

Romanova V.V.[1,2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences*

Одним из ключевых преимуществ микрореакторов является значительная интенсификация процессов массопереноса [1]. Цель данной работы – экспериментальное исследование массопереноса для ньютоновских жидкостей, осуществляемое методом экстракции янтарной кислоты в условиях тейлоровского течения двухфазного потока в модельной системе вода - н-бутанол.

Проведены экспериментальные исследования на микрореакторной установке с соосно-сферическим диспергатором и стеклянным микроканалом с внутренним диаметром 1,3 мм. Получены аппроксимации для расчета поверхностного k_L и объемного $k_L a$ коэффициентов массопереноса в условиях устойчивого течения Тейлора. Экспериментально установлено, что скорость капель дисперсной фазы U_d, превышает среднюю скорость сплошной фазы, что при определенных условиях приводит к возникновению циркуляции внутри этой фазы. Конвективные потоки, создаваемые вихрями Тейлора, обеспечивают увеличение интенсивности переноса вещества на несколько порядков по сравнению с диффузионным переносом. Этот эффект обусловлен ролью конвективной скорости и подтверждается линейной зависимостью коэффициента массопереноса от частоты циркуляции f_{circ} внутри капель сплошной фазы при тейлоровском режиме течения (рисунок).

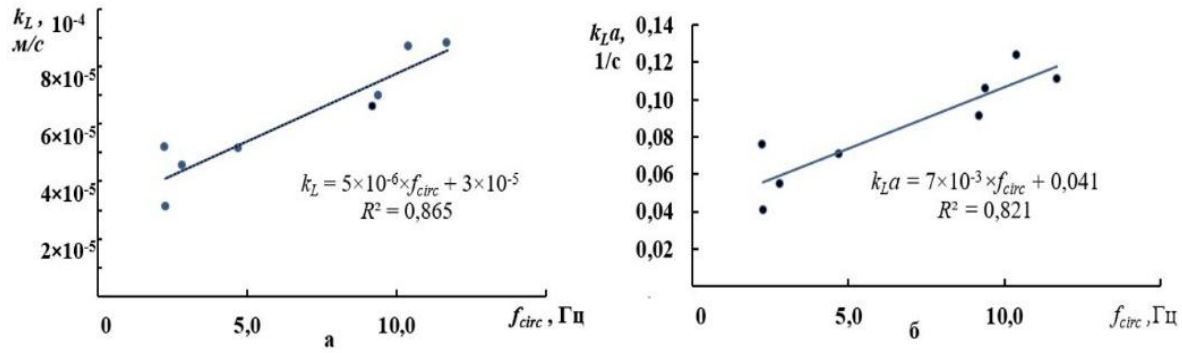


Рисунок – Зависимости экспериментальных значений коэффициентов массопереноса k_L (а) и $k_L a$ (б) (на основе U_d) с частотой циркуляции f_{circ}.

Таким образом, экспериментально подтверждено значительное влияние конвекции на общую интенсивность массопереноса в системе жидкость-жидкость.

Литература:

1. Abiev R.S., Butler C., Cid E., Lalanne B., Billet A.-M. Mass transfer characteristics and concentration field evolution for gas-liquid Taylor flow in milli channels // Chemical Engineering Science. 2019. Pp. 1331-1340.

ГИДРОДИНАМИКА И МАССОПЕРЕНОС В АППАРАТАХ С ЦЕНТРОБЕЖНО-ПУЛЬСАЦИОННЫМИ МЕШАЛКАМИ

Абиев Р.Ш., Сидоров Н.Э.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: Nikita.E.Sidorov@gmail.com

FLUID DYNAMICS AND MASS-TRANSFER IN THE STIRRED-TANK REACTORS EQUIPPED BY CENTRIFUGAL-PULSED IMPELLERS

Abiev R.Sh., Sidorov N.E.

Saint Petersburg State Institute of Technology

Энергоэффективные процессы перемешивания широко востребованы в большинстве отраслей промышленности. В подавляющем большинстве, конструктивно эти процессы подразумевают ввод дополнительной энергии в аппарат посредством вращающихся на валу перемешивающих устройств.

Рассматриваемая центробежно-пульсационная мешалка позволяет повысить эффективность использования вводимой в аппарат энергии путем частичного (максимально возможного) преобразования вращательного движения мешалок в пульсации давления и скорости в гетерогенной среде, уменьшения рассеяния энергии путем сокращения уровня крупномасштабной турбулентности в объеме аппарата, повышения степени диспергирования капель и пузырей и качества перемешивания внутри них (особенно капель), а также повышения кинетических коэффициентов (коэффициентов тепло- и массопередачи) за счет локализованного преимущественно вблизи мешалки направленного ввода энергии и снижения осевых усилий на валу смесителя (рисунок). Лопасти мешалки выполнены в виде криволинейной поверхности, описанной по формуле [1]:

$$Z(\varphi) = z \cdot \sin(p \cdot \varphi + \psi),$$

где Z - амплитуда вертикального смещения z, м;

p - число, выбираемое из диапазона чисел 3, 4, 6 или 8;

φ - полярный угол, отсчитываемый в срединной плоскости мешалки относительно оси вращения мешалки, рад;

ψ - начальная фаза, рад.

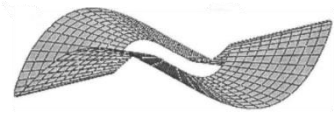


Рисунок – Центробежно-пульсационная мешалка

Планируется исследовать: гидродинамику и массоперенос центробежно-пульсационного перемешивания гетерогенных сред: жидкость-твердые частицы, жидкость-жидкость, жидкость-газ.

Ожидаемые результаты:

1. Исследование различных модификаций мешалки, повышающих эффективность перемешивания;
2. Поиск наиболее оптимальных режимов работы мешалок;
3. Получение обобщенных соотношений;
4. Разработка теоретической модели.

Литература:

1. Абиев Р.Ш. Пульсационно-центробежный смеситель. Патент на изобретение RU 2379098 C1, 20.01.2010. Заявка № 2008142995/15 от 29.10.2008.

ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА В УСЛОВИЯХ АКТИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Скородумова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оборудования и робототехники переработки пластмасс

e-mail: skorodumova26060250@gmail.com

THE STRENGTH OF THE ELEMENTS OF THE MECHANICAL MIXING DEVICE IN CONDITIONS OF ACTIVE DYNAMIC MODES

Skorodumova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе проведено комплексное теоретическое исследование прочности элементов механических перемешивающих устройств (МПУ) в условиях активных динамических режимов эксплуатации. Особое внимание уделено анализу воздействия активных динамических нагрузок на долговечность и надежность функционирования данных устройств.

График зависимости вероятности отказа работы элементов перемешивающего устройства от интенсивности турбулентности может выглядеть следующим образом на рисунке.

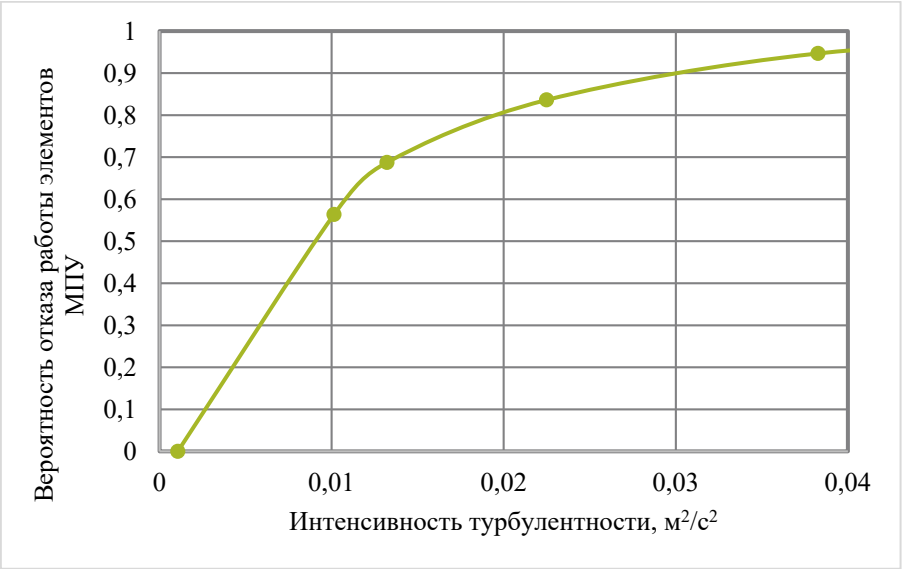


Рисунок – График зависимости вероятность отказа работы элементов МПУ от интенсивности турбулентности перемешиваемой среды

Как видно из графика, с увеличением интенсивности турбулентности вероятность отказа работы элементов перемешивающего устройства возрастает. Это связано с тем, что турбулентные вихри, оказывают силовое влияние и создает более интенсивные нагрузки на элементы конструкции, что приводит к их ускоренному износу и повреждению, увеличивая риск отказа.

Конкретный вид кривой и ее положение на графике будут зависеть от типа перемешивающего устройства, материалов конструкции, режимов работы и других факторов. Данный график носит обобщенный характер и иллюстрирует общую тенденцию роста вероятности отказа с увеличением турбулентности.

Этот подход может быть использован для оценки случайного появления переменных нагрузок при расчетах на усталость на этапе проектирования нового устройства с МПУ, когда нет опытного образца и невозможно провести измерения с помощью тензометра в условиях эксплуатации

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СРЕДЕ СЖИЖЕННЫХ ФРЕОНОВ

Федотов А.М.[1,2]***, Николаев А.Ю.***[1]

[1]*АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии редких элементов*

e-mail: amfedotov11022@yandex.ru

STUDY OF THE BEHAVIOR OF SURFACTANTS IN THE MEDIUM OF LIQUEFIED FREONS

Fedotov A.M.[1,2]***, Nikolaev A.Y.***[1]

[1]*Radium Institute named after V. G. Khlopin,*

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

Дезактивация в среде сжиженных газов является перспективным методом сокращения вторичных радиоактивных отходов (РАО). Сотрудниками АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» создана модульная установка для безводной дезактивации средств индивидуальной защиты (СИЗ), позволяющая сократить объем вторичных РАО до 300 раз. В процессе работ была предложена дезактивирующая рецептура и выбрана среда дезактивации – озон - дружественный фреон HFC-134a, позволяющий вести процесс при оптимальном для радиохимических процессов давлении [1].

С целью увеличения эффективности дезактивации актуален поиск коммерчески доступных поверхностно – активных веществ (ПАВ) хорошо растворимых во фреоне.

Для проведения исследований поведения ПАВ в среде фреона собрана лабораторная установка с возможностью визуального наблюдения. Растворение ПАВ проводилось в ячейке в статических условиях при давлении 15 атм. и температуре 60 °С. Оценка растворимости проводилась по изменению массы кюветы и сборника (рисунок).

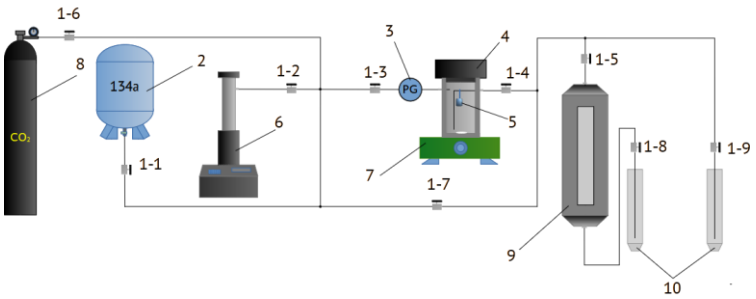


Рисунок – Схема установки
1-(1-9) – вентили, 2 – баллон с фреоном, 3 – манометр, 4 – ячейка, 5 – кювета, 6 – насос, 7 – магнитная мешалка, 8 – баллон с CO_2, 9 – ячейка со смотровым окном, 10 – сборники

Определено, что в общем случае равновесие системы наступает в течение 10 мин. Установлено, что при превышении растворимости оксиэтилированные ПАВ (Тритон Х, Неонол АФ) образуют устойчивые эмульсии. В случае оксиэтилированного фтор-ПАВ Zonyl FS-300 наблюдалось обильное пенообразование. Отмечен факт образования нерастворимых осадков некоторых ПАВ (Лаурилсаркозинат натрия) и полное отсутствие растворимости (APG C-12-14, Aerosol OT). Сформулированы рекомендации по наиболее перспективным ПАВ для дальнейшего исследования.

Литература:

1. Модульная установка для безводной дезактивации спецодежды / Е.И. Корочкин, А.А. Мурзин, А.Ю. Николаев, А.А. Чиркова // Неделя науки-2022 – Сборник тезисов XII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, СПб, 20–22 апреля 2022 года. – СПб: СПбГТИ (ТУ), 2022. – С. 107.

СЕКЦИЯ 11.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ



ПРИМЕНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В МЕДИЦИНЕ

Ассылова К.С.

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

e-mail: kristinaassylova5@gmail.com

THE USE OF PETROLEUM PRODUCTS IN MEDICINE

Assylova K.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нефть и нефтепродукты находят широкое применение в различных областях, е только в промышленности и энергетике, но и медицине. Первое применение нефти в медицинских целях можно отнести еще к эпохе Древнего Египта, когда ее использовали при бальзамировании умерших. Упоминание о применении нефти в медицине есть и в трудах азербайджанского поэта Низами Гянджеви (12 век) и в записках венецианского купца и путешественника Марко Поло (13 век).

Компоненты нефти входят в состав таких известных фармацевтических препаратов как аспирин, вазелин, парафин, нашатырный спирт, сульфадимезин, стрептоцид. Разработка новых лекарственных препаратов содержащих нефтепродукты продолжается и сегодня. Так в частности пермскими учеными проводятся работы по созданию нового класса антибиотиков на основе дешевых продуктов нефтепереработки [1,2]. Одной из проблем в хирургии на сегодняшний момент остается лечение гнойных ран. В решении данной задачи на помощь также пришла нефть, местное применение нафталановой нефти (широко применяемой в дерматологии при лечении кожных заболеваний) сокращает срок очищения гнойных ран, сокращая и срок воспалительного процесса [2].

Из продуктов нефтепереработки изготавливают и средства защиты для медицинского персонала, такие как хирургические одноразовые халаты, маски, перчатки. Уже несколько десятилетий используются пластиковые одноразовые шприцы, системы для внутривенного ведения лекарственных препаратов, стерильные упаковки для медикаментов и лекарственных препаратов, что снижает риск возникновения заболеваний. В качестве одного из шовных материалов в хирургии применяется рассасывающаяся нейлоновая нить. Создаются синтетические заменители тканей и органов человека, находящие широкое применение в протезировании: кости, суставы, зубы, искусственные клапаны сердца, сосудов. Нефтехимия стоит и в первых рядах в борьбе с инфекциями, создаются новые антисептические пластыри, повязки, дезинфицирующие средства.

Литература:

1. Ваньков Г.Е., Баньковская Е.В., Кудинов А.В., Тонкоева И.В., Новикова В.В., Якимова Е.В. Противомикробная активность прямогонных бензиновых фракций западносибирской нефти // Вестник ПНИПУ Химическая технология и биотехнология, 2020. № 1. с. 5-13.

2. Олькова А.С., Баньковская Е.В., Тонкоева И.В., Першин Д.В., Чащина С.В. Получение фракций бензина риформинга и исследование их ранозаживляющей активности // Вестник ПНИПУ Химическая технология и биотехнология, 2023. № 3. с. 111-131.

3. Жунисов Б.К. К вопросу применения нафталановой нефти при лечении гнойных ран в хирургии // Актуальные проблемы общества, науки и образования: современное состояние и перспективы развития: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. - Курск, 2017. - С. 240-242.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ КАК КОМПОНЕНТА РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

Беляева К.А.[1,2]***, Бразовская Е.Ю.***[1]

[1]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа*

e-mail: kbeliaeva031@gmail.com

RESEARCH OF SYNTHETIC ZEOLITES AS A COMPONENT OF WOUND COATINGS

Beliaeva K.A.[1,2]***, Brazovskaya E.Yu.***[1]

[1]*Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute» - PNPI - Institute of Silicate Chemistry,*

[2]*Saint-Petersburg State Technological Institute*

В последние годы разработано много типов раневых покрытий, отличающихся по химическому составу основы и добавляемых в них лекарственных веществ. При этом до сих пор не существует универсального препарата, способного эффективно действовать во все фазы раневого процесса. Одним их перспективных направлений в разработке новых перевязочных средств является создание биологически активных раневых покрытий на основе синтетических цеолитов.

Целью данной работы является исследование адсорбционных свойств синтетических цеолитов Beta, Rho, Pau, Y по отношению к парам воды и гемолитической активности, с целью их дальнейшего применения в качестве компонентов раневых покрытий. Изучение гемолиза – процесс разрушения эритроцитов с выходом гемоглобина в плазму крови, является важным этапом исследования материалов медицинского назначения, результаты которого коррелируют с токсичностью. Синтез цеолитов проводили в гидротермальных условиях по методике, описанной в работе [1], в лаборатории химии силикатных сорбентов Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова.

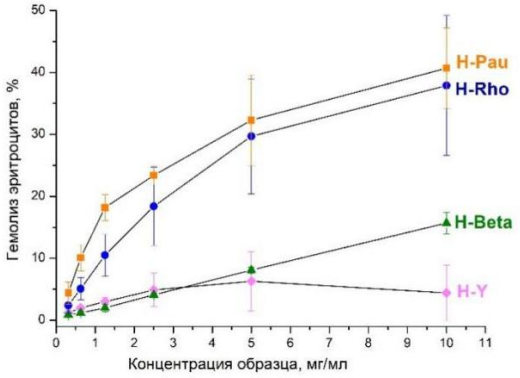


Рисунок 1 - Гемолитическая активность образцов в отношении эритроцитов человека

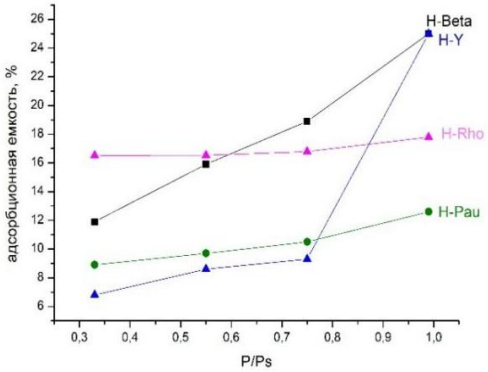


Рисунок 2 - Изотермы адсорбции паров воды

Проведённые исследования показали (рисунок 1-2), что цеолит Y обладает самой низкой гемолитической активностью, а значит токсичностью, что делает его абсолютно безопасным материалом для организма человека. Образец H-Beta обладает лучшими адсорбционными свойствами по отношению к парам воды и является не токсичным при концентрации образца до 2.5 мг/мл (гемолиз не превышает 5 %), что позволяет использовать его в медицине, в частности – в раневых покрытиях.

Литература:

1. Golubeva O. Yu., Ul’yanova N. Yu. // Glass Physics and Chemistry. 2015. V. 41. N 5. P. 537–544. https://doi.org/10.1134/S1087659615050065

ПРОТИВОВИРУСНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭПИГАЛЛОКАТЕХИН ГАЛЛАТА

Билятдинова Е.К.*, *Орлова А.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии
e-mail: elena.2001.k9@gmail.com

ANTIVIRAL ACTIVITY OF EPIGALLOCATECHIN-GALLATE

Bilyatdinova E.K.*, *Orlova A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние несколько десятилетий природные соединения, выделенные из растений, привлекают внимание ученых, и виды *Camellia* не являются исключением. Зеленый чай является одним из наиболее ценных субпродуктов, выделяемых из *Camellia sinensis*. Считается, что флавоноиды зеленого чая обладают рядом преимуществ для здоровья и могут действовать как противовирусные агенты, поскольку уже была установлена их эффективность в отношении ряда различных вирусов. Эпигаллокатехин галлат (ЭГКГ) является основным флавоноидом, присутствующим в зеленом чае, и, по-видимому, обладает высоким противовирусным потенциалом [1].

Было показано, что ЭГКГ был мощным ингибитором репликации вируса гриппа в культурах клеток MDCK. Этот эффект наблюдался у серотипов вируса гриппа A H1N1, H3N2, а также у вируса гриппа B, и приписывался 3-галлоильной группе катехинового скелета, которая, по-видимому, способна изменять физические свойства вирусной мембраны. Кроме того, сообщалось, что ЭГКГ агглютинировал вирусы гриппа и предотвращал адсорбцию вирусов на клетках MDCK [1].

В отношении ВИЧ-инфекции проводилось исследование с целью продемонстрировать, что ЭГКГ связывается с молекулой CD4 в месте прикрепления gp120 и ингибирует связывание gp120. Физиологически значимые концентрации ЭГКГ (0,2 ммоль/л) ингибировали связывание gp120 с изолированными человеческими Т-клетками CD41, что предотвращало инфицирование ВИЧ-1 [2].

Было проведено исследование противовирусной активности ЭГКГ в отношении вируса гепатита С (HCV) на клетках Huh-7.5. Никакого влияния ЭГКГ на репликацию РНК HCV обнаружено не было. Однако присутствие ЭГКГ во время заражения клеток Huh-7.5 HCVcc (продуцируемого в отсутствие ЭГКГ) приводило к дозозависимому ингибированию инфекционности. 50 %-ная ингибирующая концентрация (IC_{50}) составляла примерно 2,5 мкг/мл. Было установлено, что ЭГКГ является ингибитором проникновения HCV, не влияющим на репликацию РНК или высвобождение инфекционных частиц [3].

Таким образом, поиск новых противовирусных препаратов является актуальной проблемой в мире, именно поэтому ЭГКГ и другие флавоноиды зеленого чая всё больше привлекают внимание исследователей.

Литература:

1. Teixeira A. M. A review on the biological activity of Camellia species / A. M. Teixeira, C. Sousa // Molecules. – 2021. – Vol. 26. – №. 8. – P. 2178.

2. Epigallocatechin gallate, the main polyphenol in green tea, binds to the T-cell receptor, CD4: Potential for HIV-1 therapy / M. P. Williamson [et al.] //Journal of allergy and clinical immunology. – 2006. – Vol. 118. – №. 6. – P. 1369-1374.

3. The green tea polyphenol, epigallocatechin- 3- gallate, inhibits hepatitis C virus entry / S. Ciesek [et al.] //Hepatology. – 2011. – Т. 54. – №. 6. – С. 1947-1955.

РАДИАЦИОННО-БЕЗОПАСНЫЙ ГЕНЕРАТОР РАДИОНУКЛИДОВ $^{90}Sr/^{90}Y$

Бирагова Я.В. [1,2], ***Смирнов И.В.*** [1,2]

[1] *Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»,*
[2] *Санкт-Петербургский государственный университет*
e-mail: y.biragova@khlopin.ru, igor_smirnov@khlopin.ru

RADIATION-SAFE 90Sr/90Y RADIONUCLIDE GENERATOR

Biragova Ya.V. [1,2], ***Smirnov I.V.*** [1,2]

[1] *Khlopin Radium Institute, Join-Stock Company,*
[2] *Saint-Petersburg State University*

^{90}Y обладает рядом свойств, в связи с которыми можно отнести его к перспективным радионуклидам для использования в ядерной медицине. Источником получения ^{90}Y является материнский радионуклид ^{90}Sr, обладающий высокой радиотоксичностью, что обуславливает необходимость глубинной очистки ^{90}Y от ^{90}Sr.

В [1] описаны разные типы генераторов $^{90}Sr/^{90}Y$, например, содержащие колонки с сорбентом Dowex50WX8, где в качестве исходного раствора использовали раствор нитрата ^{90}Sr, а в качестве элюента 0,5% лимонную кислоту или 0,003М ЭДТА, обеспечивается $^{90}Sr/^{90}Y=3{,}23\times10^{-3}$, кроме того, использование комплексообразователей не позволяет получать ^{90}Y в форме, пригодной для прямого использования в медицинских целях. Также описан генератор “Kamadhenu”, основанный на электролизе нитратного раствора, содержащего ^{90}Sr и ^{90}Y, обеспечивает $^{90}Sr/^{90}Y=1\times10^{-5}$. В [2] описан генератор, где разделение ^{90}Sr и ^{90}Y в азотнокислом растворе осуществляют твердым экстрагентом Д2ЭГФК, достигается $^{90}Sr/^{90}Y=2{,}28\times10^{-8}$. Недостатком известных генераторов $^{90}Sr/^{90}Y$ является использование в качестве исходного сырья растворов, содержащих радиоактивный ^{90}Sr, что является большой проблемой для организации производства ^{90}Y в местах применения (медицинских учреждениях).

В связи с чем, нами предложен радиационно-безопасный генератор радионуклидов $^{90}Sr/^{90}Y$ (рисунок). ^{90}Sr зафиксирован в неорганической матрице, из которой ^{90}Y элюируется карбонатным раствором, направляемым затем на мембранное выделение и концентрирование 90Y с последующей его электрохимической доочисткой.

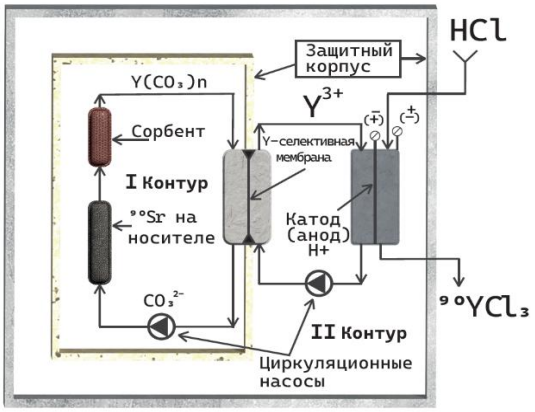


Рисунок – Схема разрабатываемого радиационно-безопасного генератора радионуклидов $^{90}Sr/^{90}Y$

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-63-00006, https://rscf.ru/project/24-63-00006/»

Литература:

1. TECHNICAL REPORTS SERIES №470, VIENNA, 2009
2. Патент №2385754, Российская Федерация, опубликован 10.04.2010.

РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ СИНТЕЗА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ИНТЕРМЕДИАТОВ

***Бородина М.О.*[1,2], *Абзианидзе В.В.*[2], *Богаченков А.С.*[2], *Горьковая К.С.*[2], *Криворотов Д.В.*[2]**

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

[2]*ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России*

e-mail: marieborodina@mail.ru

DEVELOPMENT OF IMPORT-SUBSTITUTING TECHNOLOGIES FOR THE SYNTHESIS OF PHARMACEUTICAL INTERMEDIATES

***Borodina M.O.*[1,2], *Abzianidze V.V.*[2], *Bogachenkov A.S.*[2], *Gorkovaya K.S.*[2], *Krivorotov D.V.*[2]**

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

[2]*Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology*

Легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) – орфанное (редкое) заболевание, приводящее к прогрессирующему увеличению сопротивления легочных сосудов и давления в легочной артерии, а при отсутствии лечения – к правожелудочковой недостаточности и летальному исходу [1]. С 1 января 2021 года в перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛП) был включен первый селективный агонист простациклиновых (IP) рецепторов для перорального приема – Селексипаг (Апбрави®).

Разработка отечественных лекарственных препаратов на основе Селексипага является актуальной задачей, для решения которой необходимо не только разработать метод получения активной фармацевтической субстанции (АФС), но и в первую очередь разработать методы синтеза необходимых исходных и промежуточных реагентов. Так, в ряде способов получения АФС Селексипага в качестве интермедиата используется 4-(изопропиламино)-l-бутанол [2] (рисунок), качество которого сказывается на содержании родственных примесей в конечном продукте.

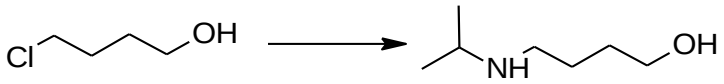


Рисунок – Схема получения 4-(изопропиламино)-l-бутанола – интермедиата, используемого в синтезе Селексипага

В представленной работе рассмотрены подходы к разработке химической технологии получения 4-(изопропиламино)-l-бутанола. Разработанный способ синтеза, выполняемый с применением сосудов, работающих под давлением, обеспечил выход до 70 % и не требовал сложных способов выделения целевого продукта. Применение особо чистых реагентов позволило снизить содержание родственных примесей в целевом продукте относительно коммерчески доступного 4-(изопропиламино)-l-бутанола, производимого в странах Азии. Полученный результат позволяет обеспечить выполнение необходимых фармакопейных требований к качеству разрабатываемой АФС Селексипага.

Литература:

1. Boucly A, Gerges C, Savale L, Jaïs X, Jevnikar M, Montani D, Sitbon O, Humbert M. Pulmonary arterial hypertension. Presse Med. 2023 Sep; 52(3):104168.

2. Патент № 111377821 Китай, МПК C07C 215/08 (2006.01), C07C 213/04 (2006.01), C07C 213/10 (2006.01). Method for synthesizing 4-isopropylamino-1-butanol : № CN201811625097.XA заявл. 28.12.2018 : опубл. 07.07.2020.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Власенко А.Б.

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

e-mail: vlasenkoab@bk.ru

APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES IN MEDICAL PRACTICE

Vlasenko A.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Железо, является одним из распространенных металлов и используется человеком на протяжении многих тысячелетий. Широкое внедрение железа явилось прогрессом во многих сферах деятельности человека: развитие земледелия, кузнечного дела, совершенствование оружия.

Наряду с применением железа в промышленности, уже с доисторических времен его применяли и в медицине, при лечении заболеваний крови (при больших кровопотерях, как кровоостанавливающее средство, при анемии) [1]. Работы над применением железа в медицинской практике продолжается. Активное изучение магнитных наночастиц оксида железа продемонстрировало огромный потенциал применения их в качестве биосенсоров, как контрастные вещества для магнитно-резонансной терапии, в таргетной терапии для транспортировки лекарственных препаратов и биологически активных веществ, генной терапии, гипертермии [2-4]. Так в частности генная терапия и гипертермия позволят расширить возможности лечения онкологических пациентов. Повышение резистентности к целому ряду антибактериальных препаратов, вызванных бесконтрольным применением, приводит к поиску новых, в качестве перспективных являются и наночастицы железа. Применение магнитных наночастиц в медицине обусловлено их низкой биотоксичностью, стабильностью магнитных характеристик. Ионы железа относятся к микроэлементам организма, расщепляются в лизосомах. Включаясь в их циркуляцию, снижается риск чрезмерного накопления в организме человека. Выводятся из организма через печень и селезенку, при большом количестве через легкие и жировую ткань.

Наиболее подходящими для применения в медицине МНЧ на основе оксида железа являются магнетит и маггемит [5].

Литература:

1. Кирилюк А.А. Железосодержащие лекарственные средства: от клинической фармакологии до фармацевтической помощи // Вестник фармации, 2020. № 3 (89). с. 81-96.

2. Федоров В.С., Юдинцева Н.М., Тагаева Р.Б., Шевцов М.А. Применение суперпарамагнитных наночастиц оксида железа, функционализированных мишенными лигандами, для диагностики инфекционных и онкологических заболеваний // Гены и клетки, 2022. XVII. № 3. с.239-240.

3. Nowak-Jary, J., Machnicka, B. Pharmacokinetics of magnetic iron oxide nanoparticles for medical applications // J. Nanobiotechnol, 2022. № 20. https://doi.org/10.1186/s12951-022-01510-w

4. Безукладова С.В., Науменко В.Ю., Акопджанов А.Г., Шимановский Н.Л. Возможности применения наночастиц оксида железа в проведении гипертермии // Международный научно-исследовательский журнал, 2013. № 4 (11). с. 5-9.

5. Гуляев Ю.В., Таранов И.В., Хомутов Г.Б., Кокшаров Ю.А. Магнитные наночастицы оксидов железа в медицинской радиоэлектронике // Журнал радиоэлектроники, 2023. №12. ISSN 1684-1719. https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.12.6

ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ ТИАДИАЗОЛОВ G-2 И G-3 НА КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЯХ CT-26, HELA И K-562

Драчук А.С.[1,2]

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

[2]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук*

e-mail: tichka208@gmail.com

ANTITUMOR ACTIVITY OF THIADIAZOLES G-2 AND G-3 ON CT-26, HELA AND K-562 CELL LINES

Drachuk A.S.[1,2]

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

[2]*Saint Petersburg National Research Academic University named after Zh.I. Alferov of the Russian Academy of Sciences*

Введение: Тиадиазолы являются перспективными соединениями для разработки противоопухолевых препаратов благодаря их способности ингибировать рост опухолевых клеток [1]. **Актуальность**: В связи с ростом заболеваемости раком, поиск новых соединений с высокой противоопухолевой активностью и низкой токсичностью становится особенно важным. **Цель исследования**: Оценка противоопухолевой активности тиадиазолов G-2 и G-3 (рисунок) на клеточных линиях CT-26, HELA и K-562 в течение 24 и 72 часов.

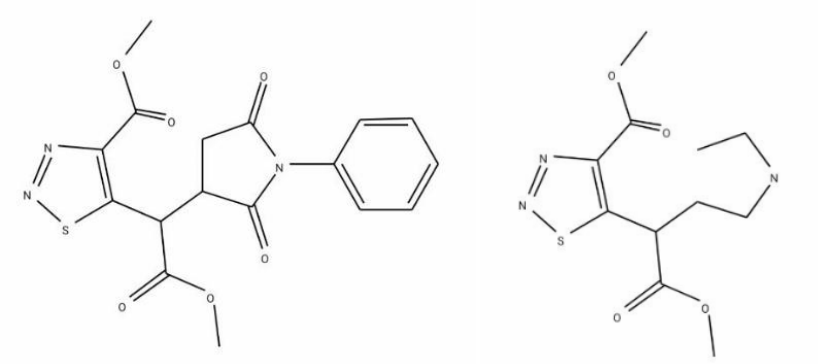


Рисунок – Триазолы G-2 и G-3

Методы: Изучение цитотоксического эффекта проводилось методом MTS на клеточных линиях при концентрациях образцов от 5 до 50 мкг/мл. **Результаты**: Образцы показали дозозависимую активность на всех клеточных линиях. Через 24 часа наиболее эффективным оказался образец 3 с IC50 160,3 мкг/мл для CT-26, 118,5 мкг/мл для HELA и 136 мкг/мл для K-562. Через 72 часа эффективность значительно возросла, при этом IC50 для образца 3 составил 85,6 мкг/мл (CT-26), 60,25 мкг/мл (HELA) и 60,89 мкг/мл (K-562). **Выводы**: Тиадиазолы проявляют противоопухолевую активность, зависящую от времени воздействия и концентрации, что делает их перспективными кандидатами для разработки противораковых препаратов.

Литература:

1. Hayat, Ullah., Rafaqat, Hussain., M., Ullah, Khan., Yousaf, Khan., Amjad, Hussain., Tayyiaba, Iqbal., Rashid, Iqbal., Muhammad, Irfan, Akram., Saeedah, Musaed, Almutairi. (2024). 8. Design, synthesis, in vitro biological assessment and in silico molecular modeling study of thiazole-thiazolidinone derivatives as potent anti-cancer agents. Results in chemistry, doi: 10.1016/j.rechem.2024.101507

КЛАССИФИКАЦИЯ АМИЛОИДОЗОВ

Кайда А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: arina.nurova@gmail.com

CLASSIFICATION OF AMYLOIDOSIS

Kayda A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Амилоидоз – группа заболеваний, характеризующихся системным или локальным поражением органов вследствие накопления в тканях патогенных белковых агрегатов (амилоидных фибрилл). Основными органами-мишенями являются сердце, почки, нервная система, печень, однако при системных формах могут поражаться практически все ткани. За последние несколько десятилетий существенно изменились многие представления, касающиеся проблемы амилоидоза. Установление гетерогенности белкового состава амилоидных фибрилл позволило приблизиться к пониманию механизмов развития отдельных форм амилоидоза, создать новую классификацию амилоидоза и обосновать дифференцированные подходы к лечению [1].

При системном амилоидозе циркулирующие амилоидогенные белки образуют отложения в различных органах. Основные системные типы включают:

1. AL (первичный амилоидоз): обусловлен приобретенной избыточной экспрессией легких цепей клонального иммуноглобулина;
2. AF (семейный амилоидоз): обусловлен наследованием мутантного гена, кодирующего белок с повышенным риском нарушения сворачивания, наиболее часто это транстиретин (TTR);
3. ATTRwt (генетический транститериновый амилоидоз дикого типа; ранее называемый старческим системным амилоидозом или ССА): обусловлен нарушением сворачивания и агрегации атипичного TTR;
4. AA (вторичный амилоидоз): обусловлен агрегацией реагента острой фазы – сывороточного амилоида А;

Амилоидоз, вызванный агрегацией бета-2-микроглобулина, может развиваться при хроническом гемодиализе, но благодаря использованию современных диализных мембран с большой пропускной способностью заболеваемость им снизилась. Существует редкая наследственная форма бета-2-микроглобулинового амилоидоза, обусловленная мутацией соответствующего гена.

Правильная классификация амилоидозов помогает определить конкретный тип амилоида и его происхождение, что в дальнейшем позволяет с большей точностью диагностировать заболевание и назначить дополнительные клинические исследования.

Литература:

1. Серов В.В., Шамов И.А. Амилоидоз. – М.: Медицина, 1977. – 288с.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ РЕСВЕРАТРОЛА

Орлова А.А.*, *Билятдинова Е.К.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии
e-mail: orlova.anastasia0704@yandex.ru

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF RESVERATROL

Orlova A.A.*, *Bilyatdinova E.K.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ресвератрол (3,4',5 - тригидроксистильбен) представляет собой природный фитоалексин, вырабатываемый некоторыми сперматофитами в ответ на повреждение. Ресвератрол содержится в арахисе, шелковице, винограде и красном вине. Важность этого соединения определяется его многочисленными биологическими свойствами. Сильный антиоксидантный потенциал имеет особое значение, поскольку он способствует профилактике и лечению многих хронических заболеваний. Антиоксидантное действие соединения является прямым, поскольку оно подавляет образование активных форм кислорода, и косвенным, поскольку оно влияет на активность многочисленных антиоксидантных ферментов [1].

Было показано, что ресвератрол модулирует метаболизм липидов и ингибирует окисление липопротеидов низкой плотности и агрегацию тромбоцитов. Более того, ресвератрол, как фитоэстроген, может обеспечивать защиту сердечно-сосудистой системы. Это соединение также обладает противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами [2].

Ранее была продемонстрирована его способность противопоставлять окисление липопротеинов низкой плотности посредством хелатирования меди из-за его особой химической структуры. Сообщалось также, что ресвератрол влияет на уровни активных форм кислорода (АФК) как через удаление свободных радикалов, так и через усиление регуляции антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза и каталаза, которые защищают клетку от повреждения АФК, посредством различных механизмов. Благодаря своей структуре этот стильбен способен проходить окислительно-восстановительную реакцию, действуя как хинонредуктаза, и получать электроны от свободных радикалов. Наконец, данные подчеркнули способность стильбена активировать передачу сигналов p38-митоген-активируемой протеинкиназы (p38-MAPK) и подавлять внеклеточный путь регулируемых сигналом киназ (ERK1/2), ответственных за повышение уровней АФК [3].

Окислительный стресс оказывает значительное влияние на возникновение многих хронических заболеваний. Антиоксиданты способны предотвращать, отсрочивать или лечить последствия воздействия свободных радикалов. В связи с этим, ресвератрол в настоящее время находится в центре внимания во всем мире благодаря своему благотворному воздействию на организм человека.

Литература:

1. Constantinescu, T. Resveratrol as a privileged molecule with antioxidant activity / T. Constantinescu, A. G. Mihis // Food Chemistry Advances. – 2023. – P. 100539.

2. Frémont, L. Biological effects of resveratrol / L. Frémont // Life sciences. – 2000. – V. 66. – №. 8. – P. 663-673.

3. Resveratrol in cancer patients: from bench to bedside / M. Berretta [et al.] // International journal of molecular sciences. – 2020. – V. 21. – №. 8. – P. 2945.

НЕФЕРМЕНТАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАБОЛИЗМА НИФЕДИПИНА

***Розе К.А.*[1], *Столоногова С.И.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии синтетических биологически активных веществ,*

[2]*Университет ИТМО*

e-mail: rose.kristina17@yandex.ru

NON-ENZYMATIC MODELING OF NIFEDIPINE METABOLISM

***Rose K.A.*[1], *Stolonogova S.I.*[2]**

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

[2]*ITMO University*

Нифедипин – гипотензивное лекарственное средство (ЛС), применяемое для лечения высокого кровяного давления и стенокардии. Относится к классу блокаторов кальциевых каналов, которые расслабляют мышцы сердца и кровеносных сосудов, улучшая кровоток и снижая нагрузку на сердце. Следует отметить, что нифедипин может вызывать побочные эффекты: сердечный приступ, сильное понижение кровяного давления. Для предотвращения нежелательного действия лекарственного препарата необходимо изучать пути его метаболизма.

Для решения данной задачи используются различные методы, однако изучение биотрансформации ЛС с помощью биологических систем представляет собой сложнейший процесс, поэтому в качестве альтернативы можно применять более простой метод неферментативного моделирования метаболизма – электрохимическое окисление (ЭХО). Электрохимия в сочетании с тандемной масс-спектрометрией, обладающей высокой чувствительностью, является мощным инструментом для исследования метаболизма.

В ходе работы раствор нифедипина концентрацией 1 мкг/мл в 50 мМ формиате аммония и ацетонитриле (1:1 по объему) пропускали через электрохимическую ячейку потенциостата «ROXY». ЭХО проводили при следующих условиях: температура 37 °С, скорость потока раствора 5 мкл/мин, рабочий потенциал 1,28 В. Затем проводили хромато-масс-спектрометрический анализ полученного раствора, в результате которого был идентифицирован дегидронифедипин – основной метаболит нифедипина (рисунок).

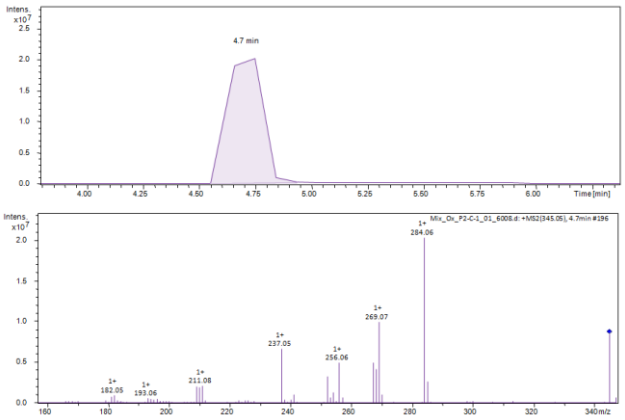


Рисунок - Масс-хроматограмма и фрагментный масс-спектр дегидронифедипина

Также была проанализирована живая система, в роли которой выступали клетки линии HepaRG, в результате чего был идентифицирован дегидронифедипин. Таким образом, удалось смоделировать метаболизм нифедипина путем ЭХО и подтвердить его in vitro с использованием клеточной культуры.

ИНГИБИТОРЫ MDM2 ОПОСРЕДУЮТ P53-НЕЗАВИМЫЕ ТРАНСАКТИВАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ В ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТКАХ

Романова А.А.*, *Григорьева Т.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»

e-mail: angeliina.romanova@outlook.com

MDM2 INHIBITORS MEDIATE P53-INDEPENDENT TRANSACTIVATION MECHANISMS IN TUMOR CELLS

Romanova A.A.*, *Grigoreva T.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Белок p53 является ключевым онкосупрессором млекопитающих. Однако в половине онкологических заболеваний его противоопухолевая активность подавлена сильно амплифицированным антагонистом – Е3-лигазой MDM2. Фармакологическое подавление белок-белкового взаимодействия p53-MDM2 с целью реактивации p53 и запуска апоптоза опухолевой клетки является перспективным терапевтическим подходом для борьбы с подобными опухолями.

На основе стратегии ингибирования взаимодействия p53-MDM2 были разработаны различные низкомолекулярные ингибиторы MDM2, но на данный момент ни один из них не прошел клинические испытания успешно. Трудности, с которыми сталкиваются исследователи связаны со сложностью организации белок-белковых взаимодействий в клетке, вариабельностью различных посттрансляционных модификаций и их неоднозначностью. Помимо запуска проапоптотических механизмов, различные ингибиторы MDM2 могут вызывать запуск процессов, способствующих выживанию опухолевой клетки и быстрое приобретение резистентности, в том числе за счет мутации отдельных генов [1].

В ходе собственных исследований мы отметили, что ингибиторы MDM2 способны реактивировать транскрипционные факторы в линиях с различным статусом p53, что говорит о наличии p53-независимых механизмов действия. Хотя Nutlin-3a и другие ингибиторы MDM2 обычно не рассматриваются вне контекста p53, в литературе представлены отдельные данные о том, что MDM2 способен взаимодействовать с другими транскрипционными факторами в той же области связывания, что и с p53 - p63, p73, E2F1 и TFIIE [2]. Таким образом, существует вероятность активации p53-независимой индукции транскрипции генов и, соответственно, при исследовании потенциальных ингибиторов MDM2 необходимо учитывать такие механизмы.

Исследование p53-независимых механизмов, активируемых в клетках немелкоклеточного рака легкого H1299 с нулевым уровнем p53 при помощи ПЦР показало, что ингибиторы MDM2 на основе цис-имидазолина и изатина способствуют p53-независимой трансактивации генов остановки клеточного цикла (p21, 14-3-3σ) и, в большей степени, апоптоза (NOXA). Полученные результаты демонстрируют значимость исследования p53-независимых транскрипционных механизмов в ходе изучения механизмов действия ингибиторов взаимодействия p53-MDM2.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №23-13-00344.

Литература*:*

1. Cinatl J. et al. Resistance acquisition to MDM2 inhibitors // Biochemical Society transactions. – 2014. – Vol. 42. – No. 4. – P. 752-757.

2. Iwakuma T., Lozano G. MDM2, an introduction // Molecular Cancer Research. – 2003. – Vol. 1. – No. 14. – P. 993-1000.

ПРИМЕНЕНИЕ ХИТОЗАНА В МЕДИЦИНЕ

Сахипова А.Р., Беляева И.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: alfiya.sakhipova@mail.ru

THE USE OF CHITOSAN IN MEDICINE

Sakhipova A.R., Belyaeva I.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Хитозан — это натуральный полимер, получаемый из хитина. Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам хитозан находит широкое применение в различных областях медицины и фармацевтики.

Одним из самых значительных свойств хитозана является его антимикробная активность. Исследования показывают, что хитозан эффективно подавляет рост различных патогенных микроорганизмов, включая бактерии и грибы. Это делает его перспективным материалом для создания антисептических средств и упаковки для медицинских инструментов, что может значительно снизить риск инфекций.

Хитозан активно используется в раневой терапии благодаря своей способности ускорять заживление ран. Он способствует образованию новой ткани и снижает воспалительные процессы. Хитозановые повязки и гели применяются для лечения ожогов, язв и хирургических швов, что улучшает общий процесс восстановления тканей. Волокна из хитозана применяются в качестве хирургических нитей, они рассасываются в организме и не оказывают аллергического воздействия [1]. Гемостатические средства на основе хитозана используются для остановки артериальных и венозных кровотечений.

Хитозан также служит основой для разработки систем доставки лекарств. Его биосовместимость и способность образовывать наночастицы позволяют эффективно транспортировать активные вещества к целевым клеткам. Это особенно актуально в онкологии, где требуется точечное воздействие на опухолевые клетки с минимальными побочными эффектами.

В стоматологии хитозан используется для создания биоматериалов, применяемых в имплантологии и пародонтологии. Его свойства способствуют регенерации костной ткани и улучшению заживления после хирургических вмешательств. Хитозановые покрытия для зубных имплантатов помогают предотвратить инфекции и ускоряют интеграцию имплантата с окружающими тканями [2].

Интересным направлением применения хитозана является его использование в диетических добавках для контроля веса. Хитозан способен связываться с жирами в желудочно-кишечном тракте, снижая их всасывание. Это свойство делает его перспективным средством для профилактики и лечения ожирения.

Хитозан представляет собой многообещающий материал с широким спектром применения в медицине. Его уникальные, многогранные свойства делают его важным объектом исследований. Однако для более широкого внедрения хитозана в клиническую практику необходимо провести дополнительные исследования, чтобы полностью раскрыть его потенциал и определить оптимальные методы применения.

Литература:

1. Нурутдинова, Ф.М. Хитозан в медицине и в фармации / Ф.М. Нурутдинова, Ю.З. Расулова // O'zbekistonda fanlararo innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlar jurnali. – 2023. – Т. 2. – №. 19. – С. 1453-1456.

2. Большаков, И.Н. Инновационные аспекты применения хитозана в медицине / И.Н. Большаков // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. – 2010. – № 2. – С. 42-47.

ПРОГНОЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛА С ПОЛИ(АДФ-РИБОЗА) ПОЛИМЕРАЗОЙ ПОСРЕДСТВОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКИНГА

Чернов И.С., Попова Е.А., Закирьяева Э.А., Камчаткин Т.И., Литвин Я.А.
Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова
e-mail: chernowvana@gmail.com

PREDICTION OF THE INTERACTION OF BENZIMIDAZOLE DERIVATIVES WITH POLY(ADP-RIBOSE) POLYMERASE USING MOLECULAR DOCKING

Chernow I.S., Popova E.A., Zakiryaeva E.A., Kamchatkin T.I., Litvin Y.A.
Pavlov University

Одним из перспективных направлений в медицинской химии является разработка таргетных противоопухолевых средств на основе ингибиторов поли(АДФ-рибоза) полимеразы (PARP-ингибиторов). В основе структуры активных компонентов таких современных препаратов (велипариб, рукапариб, нирапариб) находится конденсированная азотсодержащая гетероциклическая система. Замечено, что соединения на основе производных бензмидазола, содержащие в положении 4 амидную группу, чаще других оказываются соединениями-лидерами [1]. Однако современные коммерчески-доступные лекарственные препараты обладают побочными эффектами (развитие анемии, высокая токсичность в сочетании с другими препаратами и др.). В связи с этим, актуальной задачей является разработка высокоэффективных PARP-ингибиторов с меньшей токсичностью.

Целью настоящей работы является исследование взаимодействия ряда 4-замещенных бензимидазолов с поли(АДФ-рибоза) полимеразой 1 (PDB ID: 3I3m) методом молекулярного докинга при помощи интернет-ресурса 1-clickDocking. Результаты: 1*H*-бензо[*d*]имидазол (1) (Docking Score -6.0), 1*H*-бензо[*d*]имидазол-4-карбоксиламин (2) (Docking Score -7.4), 2-метил-1*H*-бензо[*d*]имидазол-4-карбоксиламин (3) (Docking Score -7.2), 1*H*-бензо[*d*][1,2,3]триазол-4-карбоксиламин (4) (Docking Score -7.4), 4-(1*H*-тетразол-5-ил)-1*H*-бензо[*d*]имидазол (5) (Docking Score -8.1). В соответствии с полученными данными видно, что введение в положение 4 бензимидазола амидной группы (соединение **2**) действительно приводит к увеличению сродства лиганд-мишень, а дальнейшая замена его на тетразол-5-ильный фрагмент привело к еще большему сродству (соединение **5**). Как видно из рисунка, варьирование заместителя во 2 положении (соединение **3**), замена бензимидазольный на бензитриазольный фрагмент (соединение **4**) не оказали сильного влияния на взаимодействие с мишенью. При этом, проверка по правилу Липински показала, что молекула соединения **5** удовлетворяет всем необходимым критериям. Стоит отметить, что тетразол является метаболически стабильным биоизостерическим аналогом карбоксильной и *цис*-амидной групп и хорошо зарекомендовавшим себя фармакофором, поэтому введение его в структуру приводит к уменьшению ED_{50}, Таким образом, в рамках полученных данных, можно рекомендовать соединение **5** для синтеза и проведения *in vitro* тестов.

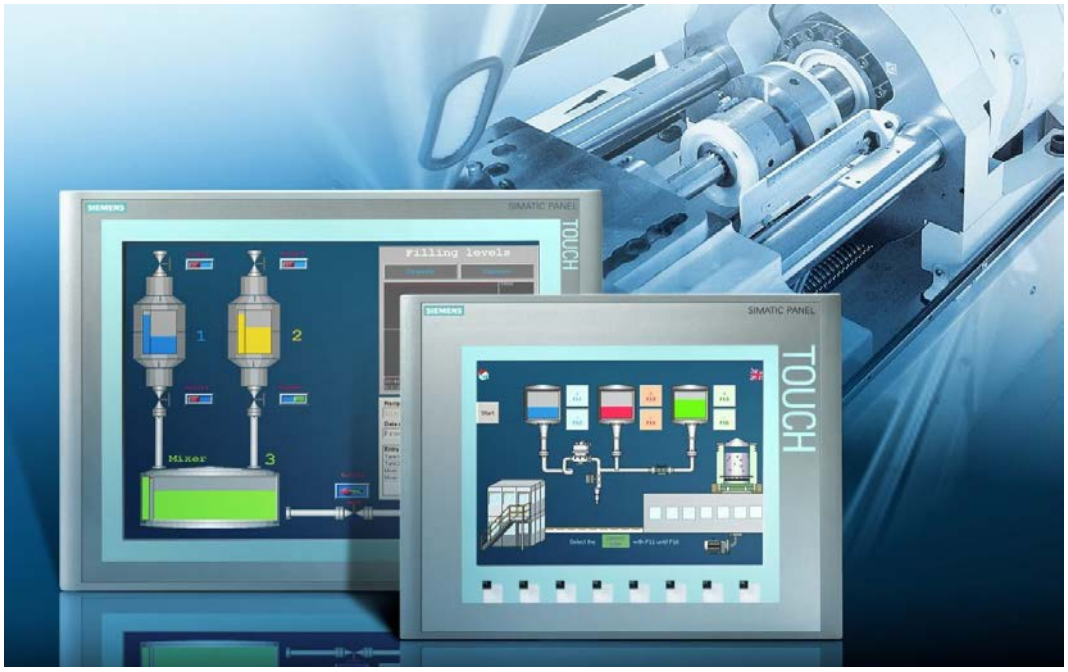
Литература:

1. Kaiyue W., Miaojia C., Xiaoyu P., Yang L., Guotao T., Junmei P., Xuan C. Recent Progress in the Research on Benzimidazole PARP-1 Inhibitors // Mini-Reviews in Medicinal Chemistry.–2022.–Vol. 22, №19, P. 2438–2462

2. Мызников В.Л., Ворона С.В., Зевацкий Ю.Э. Тетразолсодержащие биологически активные соединения и лекарственные препараты // Химия гетероциклических соединений.– 2021.– Т. 57, № 3, С. 224–233

СЕКЦИЯ 12.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ FDM-ПЕЧАТИ

Аджей-Бой Н.А.Н., Петров Д.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: adjeiboyejnr@gmail.com, diamond11187@mail.ru

THE SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM FOR MONITORING THE MICROCLIMATE OF A PRODUCTION ROOM FOR FDM PRINTING

Adjei-Boye N.A.N., Petrov D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

FDM-печать является процессом, в течение которого в воздух выбрасываются летучие органические соединения (ЛОС) – испарения филамента. Обычно автоматизированное рабочее место оператора FDM-печати расположено в непосредственной близости к 3D-принтеру. Чрезмерное воздействие ЛОС может привести к раздражению глаз, носа и горла, головной боли, потере координации и тошноте. Также в процессе печати в воздух выделяются твёрдые частицы – микропластики. Это частицы пластика размером ≤ 100 нм, которые способны повредить органы дыхания человека [1].

Кроме того, СанПиН [2] устанавливает требования к физическим факторам (температура, скорость движения и относительная влажность воздуха, освещенность, содержание CO_2 в воздухе, уровень звукового давления и т.д.), формирующим микроклимат на рабочих местах.

Процесс изготовления FDM-изделий чувствителен к таким параметрам микроклимата как температура, относительная влажность и скорость движения воздушного потока. Нередко перепады температуры окружающей среды вызывают нарушение структурной целостности и снижение точности FDM-изделий.

Поэтому разработка программно-технического комплекса (ПТК) для автоматизированного мониторинга микроклимата производственных помещений является актуальной задачей и целью проекта. Предметом исследования является влияние параметров микроклимата производственного помещения на здоровье операторов FDM-печати и качество FDM-изделий.

Практическая значимость ПТК заключается в мониторинге параметров микроклимата, оперативном уведомлении инженера по технике безопасности о несоблюдении регламента, снижении риска для здоровья оператора FDM-печати, повышении качества FDM-изделий.

Архитектура ПТК включает аппаратный уровень (датчики, сенсоры и микроконтроллеры), серверный уровень (систему оповещения, сбор и обработку данных, сервер БД производственных помещений, параметров микроклимата и регламентов), клиентский уровень (пользовательский веб-интерфейс). В структуру ПТК также может быть включена подсистема автоматического управления параметрами микроклимата.

Литература:

1. Экология в 3D-печати: официальный сайт Центра аддитивных технологий. – URL: https://rt-3d.ru/ecologia-v-3d-pechati.

2. Постановление Главного государственного санитарного врача России от 21.06.2016 №81 «Об утверждении САНПИН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»».

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ КАК БАЗОВЫЙ КОМПОНЕНТ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

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

INFORMATION MODEL OF EXTRUSION AS A BASIC COMPONENT OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR QUALITY CONTROL OF MULTI-ASSORTMENT POLYMERIC FILMS

Polosin A.N., Azarov D.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процессы экструзии (ПЭ) полимеров применяются для получения плоских и рукавных пленок и подготовки экструдата, из которого производятся плоские пленки. ПЭ отличаются разнообразием типов, марок и переменностью конфигураций элементов экструдеров, множеством параметров полимеров, экструдеров, режимов, экструдата (~ 70–150 в зависимости от числа тепловых зон корпуса, секций шнека и головки) и связей между ними. Это усложняет управление ПЭ для обеспечения заданного качества пленки, приводя к браку (черные точки, гелики), и требует применения для подготовки операторов ПЭ VR-тренажеров, способствующих сокращению времени и стоимости обучения, росту уровня развития навыков управления за счет погружения в управление виртуальным аналогом объекта с максимальным приближением к реальным условиям. Реализация различных сценариев обучения (СО) обеспечивается путем интеграции в тренажеры информационных моделей (ИМ) объектов изучения [1]. Поэтому актуально создание ИМ, настраивающей VR-тренажер на различные модификации аппаратурного оформления ПЭ и требования регламента производства многоассортиментных пленок.

Анализ ПЭ как объекта управления позволил описать его ИМ в виде интеллект-карты (см. рисунок), на основе которой разработана реляционная база данных (БД) параметров ПЭ и СО $DB = \{P_E, P_F, U^{\lim}, A, S_{TR}\}$, где $S_{TR} = \{M_E, C_S, T_C, T_D, T_F, G_0\}$ – СО, G_0 – требуемая Пр.



Рисунок – Интеллект-карта ПЭ полимеров как объекта управления

Для заданного СО выполнением запросов к БД настраивается ММ $Y = \Phi(X_M, U, A)$, т.е. параметрам $X_M = \{\Gamma_S, P_C, \Gamma_B, \Gamma_D, P_{PL}\}$ и $A = \{A_1, A_2, A_3\}$ присваиваются значения, формируются диапазоны $U^{\lim}$ УВ U и требования к качеству Q_{ext}^0. Варьируя УВ в этих диапазонах, обучаемый находит их значения, при которых выходные параметры ПЭ, вычисляемые по ММ, удовлетворяют требованиям СО. Тестирование БД в составе VR-тренажера по данным ПЭ в производстве ПВХ-пленок показало надежность хранения данных, возможность обмена ими с модулями тренажера, его адаптацию на разные СО.

Литература:

1. Чистякова Т.Б. // Известия СПбГТИ(ТУ). 2007. № 1. С. 90-95.

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ДОКУМЕНТОВ О КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО РАБОТНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Баймухаметова А.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: b.amiya174@gmail.com, diamond11187@mail.ru

WEB-APPLICATION FOR MONITORING AND ANALYSIS OF DOCUMENTS ON QUALIFICATION OF A TEACHING STAFF OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION

Baimukhametova A.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из инструментов «выживания организации» является инвестирование в людей, особенно высококвалифицированных специалистов. Поэтому организация профессионального обучения стала одной из главных функций управления, а бюджет, направленный на обучение, – наибольшим из статей расходов предприятия [1].

В соответствии с законодательством РФ педагогический работник получает дополнительное профессиональное образование по профилю педагогической деятельности не реже, чем один раз в три года, что является одним из основных условий его участия в конкурсе на замещение вакантного места преподавателя [2]. Документ о квалификации (ДОК) позволяет педагогическому работнику включить в индивидуальный план дисциплины соответствующего направления подготовки и предметной специфики.

Для контроля учета центром дополнительного образования (ЦДО) СПбГТИ(ТУ) документов о квалификации, оценки соответствия специальным требованиям к соискателям на педагогическую должность, отслеживания личного компетентностно-квалификационного статуса, мониторинга временной статистики и анализа по ДОК педагогическому работнику и ЦДО необходимы информационные ресурсы оперативного доступа к данным – мобильное и веб-приложение. Актуальность и практическая значимость проекта разработки веб-приложения обоснована кроссплатформенностью, обеспечивающей расширение целевой аудитории (мобильное приложение разработано только для пользователей ОС «Android»).

Архитектура веб-приложения включает информационное обеспечение, построенное на основе реляционной БД педагогических работников и их ДОК, модуль авторизации, модуль мониторинга и статистического анализа ДОК, модуль рекомендаций о повышении квалификации. Контроль доступа к веб-интерфейсу приложения и данным обеспечивается по мандатной модели (MAC), архитектурный стиль веб-приложения – REST API, шаблон проектирования – Model-View-Controller, вид структуры – одностраничный сайт (SPA). Для взаимодействия с БД используется API Gateway ИАС «Центр дополнительного образования».

Литература:

1. Абдулхаирова, Э.М. Современные формы и методы повышения квалификации персонала организаций / Э.М. Абдулхаирова // Современный менеджмент и управление: тенденции и перспективы развития: Сборник научных трудов, Симферополь, 22 ноября 2018 года / – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2018. – С. 8-13.

2. Шепотковский, А.А. Архитектура и модуль мониторинга и статистики мобильного приложения «Мое дополнительное профессиональное образование» / А.А. Шепотковский, Д.Н. Петров, И.В. Ананченко // Математические методы в технологиях и технике. 2024. № 7. С. 98-102.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА

Барашенков Н.А.[1,2]

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления,
[2]Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН
e-mail: nbarashenkov00@mail.ru

USING A COMBINED MULTI-CRITERIA APPROACH

Barashenkov N.A.[1,2]

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[2]Sankt-St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Современные компании характеризуются высокой многофункциональностью и основаны на новых информационных технологиях. Это приводит к появлению больших объемов разнообразной информации, связанной с измеряемыми и контролируемыми параметрами. Для оценки таких систем необходимо учитывать множество показателей. В условиях усложнения процессов и возрастания рисков ошибок разработка программного обеспечения, основанного на научно обоснованных подходах для комплексного анализа и поддержки управленческих решений, становится особенно актуальной. В настоящее время отсутствуют программные решения, использующие комбинированный многокритериальный подход для поддержки управленческих решений. Это связано с необходимостью интеграции мнений экспертов и учёта множества показателей. Существующие решения не учитывают динамику данных и сложные взаимосвязи между показателями. Поэтому требуется разработать комплекс, который позволит автоматизировать процесс принятия решений, в целях повышения обоснованности и оперативности принятия управленческих решений [1]. Для поддержки управленческих решений применяются такие методы, как многокритериальный анализ, теоретико-игровые подходы, системный анализ и системы выбора и ранжирования (СВИРЬ). В данной работе представлен программный комплекс, который позволяет лицу, принимающему решения, объективно оценивать состояние системы на основе экспертных данных. Процесс начинается с формирования понятного для эксперта опроса. Результаты опроса структурируются в виде матрицы, а элементы представляют крайние значения частных показателей, после чего строится ортогональный план экспертного опроса. На основе этого плана формируется свёртка показателей, которая в упрощённом виде отражает мнение экспертов и поддерживает принятие управленческих решений [2]. Программный комплекс реализован в виде web-сервиса для удобства использования и привлечения большего числа экспертов, что обеспечивает доступность системы и упрощает взаимодействие с пользователями. Web-формат повышает оперативность принятия решений. Система автоматизирует процесс принятия решений на основе комбинированного многокритериального подхода, успешно интегрируя мнения экспертов и выполняя свёртку показателей для объективной оценки состояния системы. В результате был разработан комплекс, который успешно интегрирует мнения экспертов и производит свёртку показателей, обеспечивая принятия управленческих решений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00823.

Литература:

1. Зеленцов В.А., Павлов А.Н. Многокритериальный анализ влияния отдельных элементов на работоспособность сложной системы //– 2010. – №. 6. – С. 7-12.

2. Павлов А.А. и др. Комбинированный метод многокритериального выбора управленческих решений на основе моделей представления знаний и планирования эксперимента // – 2017. – №. 656. – С. 9-17.

АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Беналлал А-М.Н., Федин А.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: abenallal414@mso365.technolog.edu.ru

ARCHITECTURE OF A WEB APPLICATION FOR LEARNING THE PROCESS OF OBTAINING HARD ALLOYS

Benallal A-M.N., Fedin A.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для эффективного практико-ориентированного обучения операторов процесса получения твердых сплавов актуальна разработка веб-приложения, позволяющего на основе базы данных математических моделей для оценки качества твердых сплавов и интерактивной виртуальной клиент-серверной модели пульта управления вакуумно-компрессионной печью сформировать навыки выбора управляющих воздействий на процесс спекания, обеспечивающих заданное качество твердых сплавов для различных типов материалов и марок печей. Повышение результативности обучения операторов управления печью достигается благодаря созданию виртуального тренажера с соответствующим математическим обеспечением [1]. Тренажер позволяет формировать у обучающихся навыки выбора управляющих воздействий, обеспечивающих получение твердых сплавов необходимого качества для разных типов материалов и марок печей, согласно сценариям, разработанным инструктором. Веб-приложение работает в любом современном браузере на различных устройствах с доступом в интернет, что значительно расширяет потенциальную аудиторию пользователей. В отличие от приложений виртуальной реальности, требующих специализированного оборудования и высоких технических характеристик устройств [2]. На рисунке представлена архитектура клиент-серверного приложения.

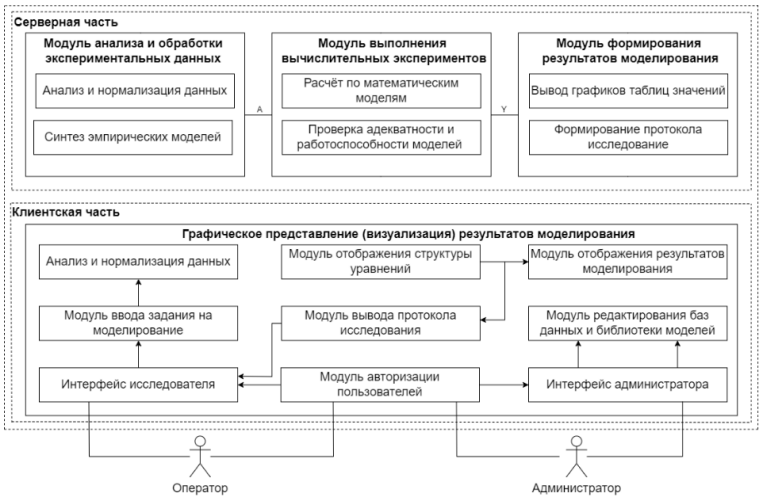


Рисунок – Архитектура клиент-серверного приложения

Литература:

1. Система компьютерного моделирования для исследования и управления качеством высокотемпературных керамических материалов / И.Г. Корниенко, Т.Б. Чистякова, А.Н. Полосин // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2014. – № 26. – С. 80–85.

2. Компьютерные технологии моделирования процессов получения высокотемпературных наноструктурированных материалов: учеб. пособие / Т.Б. Чистякова [и др.]; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. – СПб.: [б. и.], 2013. – 223 с

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ХРАНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Богданов А.Е.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: bagdachov@gmail.com

FUNCTIONAL STRUCTUTE OF COMPUTER SYSTEM FOR DISTRIBUTED STORAGE OF INDUSTRIAL DATA IN AN INDUSTRIAL COMPUTER NETWORK

Bogdanov A.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Промышленные вычислительные сети представляют собой сложные инфраструктуры, предназначенные для обработки и обмена данными между различными системами, устройствами и компонентами производства в режиме реального времени [1]. Для обеспечения надёжности, безопасности и эффективности хранения больших объемов производственных данных, генерируемых различными промышленными устройствами, необходимо использование распределённого реестра обеспечивающего децентрализованное хранение данных, а также устойчивость к сбоям и высокую производительность. Таким образом, актуальной задачей является разработка масштабируемой компьютерной системы для распределенного хранения производственных данных в промышленной вычислительной сети, поддерживающей взаимодействие с различными типами промышленного оборудования и системами автоматизации, а также с минимизацией затрат на обслуживание и с обеспечением высокой доступности данных. В условиях отсутствия на российском рынке грамотных решений, способных обеспечить распределённое хранение производственных данных, разработка данной системы представляет собой важный шаг к созданию инновационной и независимой инфраструктуры для автоматизации промышленных предприятий [2].

Функциональная структура системы включает: базу производственных данных, базу данных учетных записей пользователей, модуль сбора данных с вычислительной сети, модуль хранения данных в распределенных узлах сети, модуль редактирования базы данных, модуль авторизации и регистрации пользователей, интерфейс проектировщика и специалиста отдела информационных технологий. База данных системы настраивается на различные характеристики промышленных сетей с помощью изменения соответствующих параметров. Для разработки компьютерной системы были использованы технологии распределенного реестра, больших данных и IIOT.

Тестирование компьютерной системы, проведенное на примере хранения производственных данных с каландровой линии №2 завода ООО «Клёкнер Пентапласт Рус», подтвердило ее работоспособность и возможность использования на распределенных узлах промышленного предприятия. При выполнении функционального тестирования компьютерной системы проводилась оценка стабильности работы системы при высокой частоте передачи данных, эффективности распределённого хранения данных и безотказности узлов сети.

Литература:

1. Бабешко, В.Н. Технологии распределенного реестра в сетевых системах / В.Н. Бабешко // Молодежь и системная модернизация страны: Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – 2018. – С. 69-71.

2. Чистякова, Т.Б. Алгоритм интеллектуального анализа больших данных и управления качеством полимерных материалов / Т.Б. Чистякова, М.А. Тетерин // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2017. – С. 94-101.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНИСТЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Боровиков М.О., Пешехонов А.А.

Санкт-Петербургский Государственный технологический институт (технический университет), кафедрf автоматизации процессов химической промышленности

*e-mail: aphp@lti-gti.ru*X

GRANULAR BULK MATERIALS PARAMETERS PNEUMATIC MONITORING SYSTEMS

Borovikov M.O., Peshekhonov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Гранулированные и зернистые сыпучие материалы (ЗСМ) занимают существенную нишу среди сырья, полуфабрикатов и готовой продукции во многих отраслях промышленности. Там, где переменный расход сыпучих материалов выполняет функции управляющего воздействия на технологические объекты, в качестве исполнительных устройств систем регулирования применяют механические питатели, имеющие ряд существенных недостатков с позиций надёжности, точности и экологической безопасности. Эффективную альтернативу механическим системам составляют многофункциональные пневматические преобразователи параметров ЗСМ [1]. Рабочие органы этих систем просты по конструкции, полностью герметичны и не содержат подвижных элементов, контактирующих с материалом. ЗСМ, свободно поступающий по загрузочному трубопроводу в смесительную камеру, смешивается с воздухом, подаваемым по воздуховоду от внешнего источника, и выносится через выпускной ствол в технологический аппарат. Управление расходом ЗСМ осуществляется путём изменения расхода подаваемого в смесительную камеру воздуха по косвенной переменной – перепаду давления, возникающему при перемещении двухфазной смеси «газ - ЗСМ» по короткому выпускному стволу [2].

Основными параметрами ЗСМ, влияющими на интенсивность их участия в процессах дезинтеграции, тепло- и массопереноса, в химических реакциях и др. являются размер частиц (гранулометрический состав) и влажность. Для независимых от управления потоков частиц, например, перемещающихся с переменным расходом под действием силы тяжести, существенной является также информация об этом расходе.

Теоретические предпосылки, подтверждаемые результатами экспериментов, показывают наличие зависимостей давления в смесительной камере от расхода смеси, влажности и плотности частиц, а также гранулометрического состава твёрдой фазы. Например, при изменении определяющего размера – диаметра сферических частиц – от 0,5 до 4 мм давление на входе в выпускной ствол экспериментальной физической модели пневматического питателя изменяется от 5 до 8 кПа. Показано, что подобные зависимости имеют место и при изменении влажности и плотности частиц. Использование в качестве источника информации о расходе и параметрах качества ЗСМ простых и дешёвых первичных преобразователей давления позволяет существенно повысить надёжность функционирования систем автоматизации и сократить капитальные и эксплуатационные затраты на них.

Литература:

1. Пешехонов А.А., Митрошин Д.Г., Чернуха М. Многофункциональные системы автоматической регламентации количества и расхода гранулированных материалов / сб. докладов Молодежной школы по проблемкам управления в технических системах им. А.А. Вавилова, 1.11.2019, Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019, - с. 51-53.

2. Пешехонов А.А. Способ автоматического управления непрерывным расходом сыпучих материалов и устройство для его осуществления: пат. 2554327 Рос. Федерация. № 2014115766/28; заявл. 18.04.2014; опубл. 27.06.2015. Бюл. №18.

ПРИМЕНИМОСТЬ МОДЕЛИ ВОЛЬДА В ЗАДАЧЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОГРАММ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ТИТАНА

Васильев В.В.

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

e-mail: vvvas2001@mail.ru

APPLICABILITY OF THE WOLD MODEL IN THE STUDY OF RADIOGRAPHS OF CRYSTALLINE TITANIUM DIOXIDE SLICES

Vasilev V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В микроэлектронной технике пленки титана на различных подложках могут быть использованы для формирования оксидных слоев различного функционального назначения. Проблема заключается в сложности идентификации рефлексов на рентгенограмме из-за сильного влияния системной составляющей на результаты эксперимента, образуемой диоксидом кремния.

Для идентификации рефлексов рассматривается аддитивная модель Вольда, представляющая собой колебательный непериодический процесс с множеством локальных трендов и масштабных признаков самоподобия и шумовой составляющей, приближенно описываемой гауссовской моделью с изменяющимися параметрами [1].

Задачей настоящей работы является исследование принципиальной возможности выделения шумовой составляющей исходного процесса и последующее выделение из нее системной составляющей для идентификации рефлексов.

В результате выделения системной составляющей из шумовой компоненты, удалось получить сигнал, позволяющий идентифицировать рефлексы на рентгенограмме кристаллических решеток диоксида титана. Проблемой является подбор оптимального коэффициента сглаживания для выделения системной составляющей из шумовой компоненты с целью исключения ошибок 1 и 2 рода: ситуация, когда отвергнута верная нулевая гипотеза, или ситуация, когда принята неверная нулевая гипотеза.

Литература:

1. Wold H. O. A study in the analysis of stationary time series Uppsala: Almqvist & Wiksells. 1938. 214 p.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕСТИРВОАНИЯ: ПЕРЕХОД НА СЕРВЕРНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Володина Л.А.

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

e-mail: lilya.volodina.01@bk.ru

MODERNIZATION OF THE TESTING SYSTEM: TRANSITION TO SERVER-BASED SOFTWARE

Volodina L.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современные образовательные процессы требуют постоянного совершенствования методов оценки знаний студентов. Одним из ключевых инструментов в этом процессе является использование систем тестирования, которые позволяют объективно и эффективно проверять уровень усвоения материала [1].

Серверные системы тестирования предоставляют множество преимуществ как для образовательных учреждений, так и для студентов. Такие системы позволяют легко управлять процессом создания и проведения тестов, обеспечивают высокую степень защиты данных и упрощают доступ к системе с любого устройства, что делает их идеальными для дистанционного обучения. Важно также отметить, что использование серверных решений способствует более удобной и быстрой модернизации программного обеспечения, что позволяет учебным заведениям оперативно внедрять новые функции и улучшения в процессе тестирования.

Такой переход значительно расширяет функциональные возможности системы и улучшает её эффективность, что особенно важно для образовательных учреждений и крупных организаций, занимающихся обучением.

Одним из главных преимуществ является централизованное управление и масштабируемость. Серверная архитектура позволяет централизованно управлять процессом тестирования, что существенно упрощает администрирование системы. Поскольку тесты могут проводиться на большом количестве студентов одновременно, серверная система обеспечивает высокую производительность и устойчивость к нагрузкам, а также позволяет легко добавлять новые тесты и пользователей по мере необходимости.

Доступность и гибкость использования играют важную роль в образовательной среде. Студенты могут проходить тестирование из любого места, используя любое устройство с доступом к интернету. Это делает систему удобной и гибкой для дистанционного обучения, что особенно актуально в условиях современных образовательных процессов. Кроме того, преподаватели могут легко создавать и редактировать тесты онлайн, что ускоряет подготовку к экзаменам и контрольным работам.

Литература:

1. Элфрид Дастин, Джефф Рэшка, Джон Пол. Автоматизированное тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и эксплуатация. М.: «Лори», 2003.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ ДАННЫХ (EXTRACT TRANSFORM LOAD)

Галкина Л.В.

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

e-mail: galkina.lubov2003@yandex.ru

AUTOMATION OF DATA EXTRACTION, TRANSFORMATION AND LOADING (EXTRACT TRANSFORM LOAD)

Galkina L.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях стремительного роста объемов данных и их разнородности, актуальность эффективных методов обработки информации неуклонно возрастает. Одним из ключевых процессов, обеспечивающих качественную подготовку данных для анализа и принятия решений, является извлечение, преобразование и загрузка данных (Extract Transform Load). ETL – это комплекс операций, направленных на сбор данных из различных источников, их преобразование в унифицированный формат и последующую загрузку в хранилище данных.

Внедрение автоматизации ETL процессов позволяет существенно повысить эффективность работы с данными, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить своевременность получения информации [1]. Однако, несмотря на данные преимущества, автоматизация ETL сталкивается с рядом проблем.

Во-первых, сложность интеграции данных из различных источников, отличающихся форматами, структурами и протоколами взаимодействия, требует применения гибких и адаптивных инструментов. Во-вторых, обеспечение масштабируемости и производительности ETL процессов, особенно в обработке больших объемов данных, представляет собой значительную задачу, требующую оптимизации алгоритмов и использования высокопроизводительных вычислительных ресурсов [2].

В настоящее время существует широкий спектр инструментов, позволяющих автоматизировать ETL процессы, например, IBM InfoSphere DataStage, Apache Kafka и Apache Airflow [3]. Apache Kafka является одним из лидеров инструментов потоковой обработки данных. Он позволяет синхронизировать сообщения между различными источниками, а затем обрабатывать их в режиме реального времени. Kafka также обладает технологией масштабирования, что делает его идеальным выбором для крупных проектов.

В заключение можно отметить, что автоматизация ETL процессов – это неотъемлемая часть современных систем обработки данных. Правильный выбор инструментов, а также грамотная реализация ETL процессов, позволяют обеспечить высокое качество данных, повысить эффективность бизнес-процессов и обеспечить конкурентные преимущества организации в условиях цифровой трансформации.

Литература:

1. Соломонов А.А. Оптимизация ETL-процессов для больших данных // Вестник науки. – 2024. – Т. 3. – №. 9 (78). – С. 390-396.

2. Талгатова З. Т. Анализ и сравнение существующих моделей процессов ETL для хранилищ данных // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – №. 1 (49). – С. 85-94.

3. Громов Н.Д., Платошин А.И., Панов А.В. Сравнительный анализ средств и платформ для автоматизации ETL процессов в современных хранилищах данных // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – №. 11-4 (86). – С. 46-48.

СОЗДАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СЛОВАРЯ НЕМЕЦКО-РУССКИХ ТЕРМИНОВ

Гвоздь О.А.

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

e-mail: olegggvozd@gmail.com

CREATING THE SEMANTIC NETWORK IN THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT ELECTRONIC DICTIONARY OF GERMAN-RUSSIAN TERMS

Gvozd O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Создание семантической сети для представления данных и знаний является необходимой составляющей при разработке интеллектуального электронного словаря для отраслевого перевода [1]. В качестве формализма для представления информации в вариативной части электронного словаря выбрана семантическая сеть как наиболее подходящая модель представления знаний.

На рисунке показан пример семантической сети термина «Unterstützung» - в переводе на русский язык «поддержка». В центре находится вершина с термином, далее расположен подграф «словосочетания с существительным-термином», с распределением словосочетаний по категориям: адъективные, причастные и субстантивированные. Таким образом, формируется семантическая сеть взаимосвязанных с другими словами и словосочетаниями терминов.

Новизна проекта обусловлена отсутствием программного комплекса по изучению немецких терминов с объяснением в области автоматизированных систем. Вместе с тем, имеются специализированные словари и базы данных, но к ним нет широкого доступа у потенциальных пользователей.

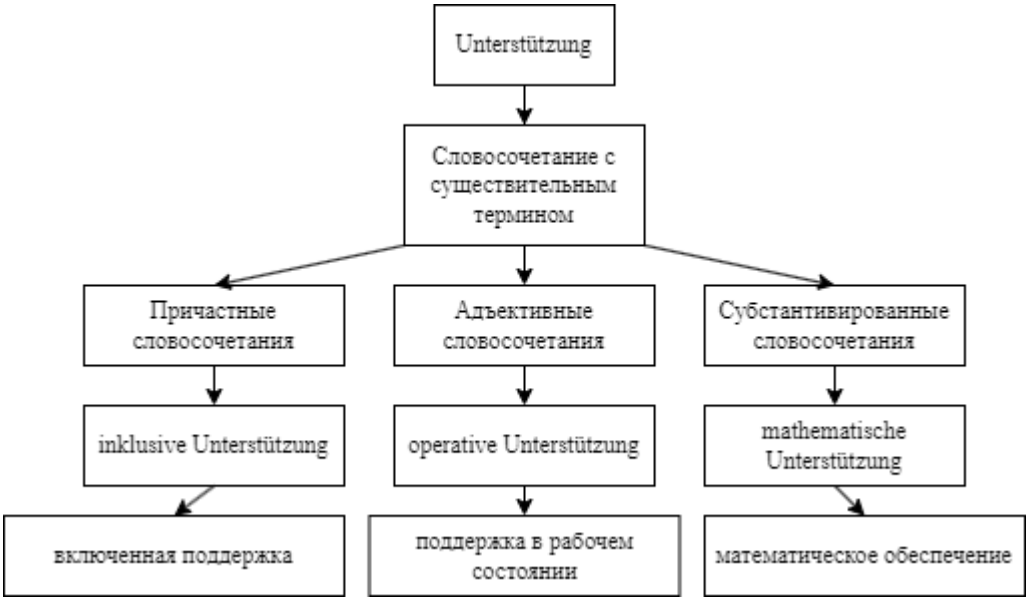


Рисунок — Пример семантической структуры термина «Unterstützung»

Литература:

1. Potapova R.K., Shigina E.V. New information technologies in foreign language learning today. Moscow, 2003.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО УЧЁТА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И УПРАВЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ

Гучанов Р.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматического проектирования и управления

e-mail: roma.guchanov@mail.ru, vplonskiy@gmail.com

AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR INTERREGIONAL RECORDING OF MEDICAL CARE AND MANAGEMENT OF SETTLEMENT OPERATIONS ON THE PLATFORM 1C: ENTERPRISE

Guchanov R.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях постоянного развития и совершенствования системы обязательного медицинского страхования (ОМС) актуальным вопросом становится автоматизация процедур учета оказания услуг и управления расчётными операциями. Внедрение автоматизированных информационных систем (АИС) в области здравоохранения способствует эффективному взаимодействию между медицинскими учреждениями, Фондом ОМС и другими участниками процесса, что обеспечивает повышение качества и доступности медицинской помощи, а также оптимизацию финансовых потоков [1].

Новизна разработанной системы заключается в её реализации на платформе 1С: Предприятие, универсальной по отношению к отраслевой специфике и видам учета на предприятии. Система использует клиент-серверной архитектуру, что облегчает её развертывание на АРМ пользователей и масштабирование.

АИС содержит подсистемы, отвечающие за ведение нормативно-справочной информации, аудит информации, формирования отчетности, обмен с медицинскими ИС, регистрацию и управление расчетными и другими финансово-хозяйственными операциями. Функциональная структура системы приведена на рисунке.

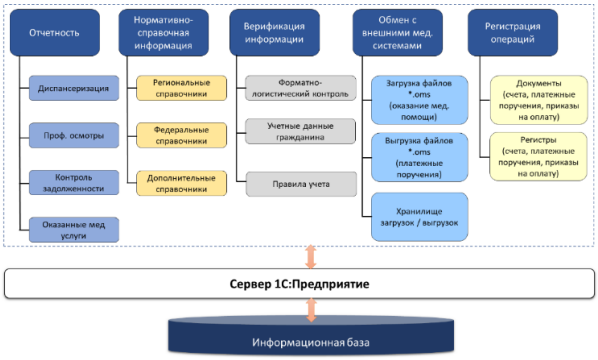


Рисунок – Функциональная структура

Тестирование системы проводилось на примере фонда обязательного медицинского страхования Костромской области. Внедрение позволило повысить взаимодействие между медицинскими учреждениями, фондами и страховыми компаниями, за счёт уменьшения затраченного времени сотрудников на обработку данных и возникновения человеческих факторов при ведении межрегионального учета и управления расчетными операциями.

Литература:

1. Д.В. Белышев, Е.В. Кочуров. «Анализ методов хранения данных в медицинских информационных системах с адаптивной архитектурой», Программные системы: теория и приложения, 7:2 (2016), с. 85–103.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫМИ МЕДИЦИНСКИМИ РАСЧЕТНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

Гучанов Р.В.*, *Плонский В.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматического проектирования и управления
e-mail: roma.guchanov@mail.ru, vplonskiy@gmail.com

BUSINESS PROCESS AUTOMATION MANAGEMENT OF INTERREGIONAL MEDICAL PAYMENT OPERATIONS ON THE 1C: ENTERPRISE PLATFORM

Guchanov R.V.*, *Plonsky V.Y.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Автоматизация бизнес-процессов управления межрегиональными медицинскими расчётами на платформе 1С: Предприятие способствует оптимизации работы медицинских учреждений и повышению эффективности системы обязательного медицинского страхования [1]. Новизна разработанной системы заключается в реализации её на платформе 1С: Предприятие.

Для автоматизации процесса в системе были созданы следующие документы:

1. Входящий реестр. Основная задача документа в процессе управления расчетными операциями – накапливание, хранение выставленных сумм из других субъектов Российской Федерации.

2. Приказ на оплату. Документ формирует комплект входящих реестров для согласования и одобрения сумм, выставляемых страховым компаниям.

3. Счет на оплату. Документ предназначен для формирования платежных поручений на основании приказов на оплату.

4. Сторно. Основной задачей документа является решение проблемы взаимного урегулирования сумм оплаты между субъектами.

5. Уведомление. Документ предназначен для входящих реестров, не прошедших согласование. Формирует печатную форму отказа в оплате входящего реестра.

Пример карты бизнес-процесса расчета по услугам ОМС показан на рисунке.

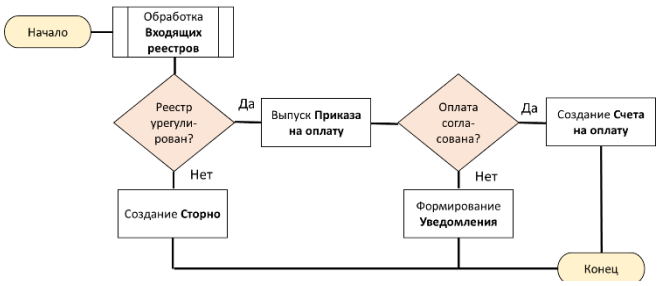


Рисунок – Карта бизнес-процесса управления расчетами

На основе разработанной карты бизнес-процесса была создана система для автоматизации бизнес-процесса управления межрегиональными медицинскими расчётами. Работа системы была протестирована на фонде обязательного медицинского страхования Костромской области, что позволило повысить эффективность работы персонала и уменьшить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Литература:

1. Гулиев Я.И., Белышев Д.В., Михеев А.Е. Моделирование бизнес-процессов медицинской организации: классификация процессов. // Врач и информационные технологии, № 4, 2015, с. 6-12.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ, ПРОТЕКАЮЩЕЙ В МИКРОРЕАКТОРАХ

Ершов Д.К.*, *Боровинская Е.С.

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

e-mail: daniilershov2015@gmail.com, Ekaterina.Borovinskaya@daad-alumni.de

ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR MODELING THE TRANSESTERIFICATION REACTION OCCURRING IN MICROREACTORS

Ershov D.K.*, *Borovinskaya E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Микрореакторы обладают рядом преимуществ по сравнению с классическими реакторами, особенно для многофазных реакций, в которых ключевую роль играет площадь границы раздела фаз [1]. Благодаря сложной геометрической форме микрореакторы позволяют значительно увеличить площадь границы раздела фаз, что способствует интенсификации процессов массопереноса. Для поиска оптимальных условий проведения реакции и оптимальной геометрической формы микрорканала необходимо решать уравнение конвекции-диффузии-реакции, которое учитывает пространственное и кинетическое изменение во времени концентраций веществ, участвующих в реакции [2]. Численное решение данного уравнения, с учетом химической реакции на границе раздела фаз, требует составления специальной математической модели и тщательного выбора технических решений (библиотек, программных пакетов) для программной реализации. В связи с этим было проведено сравнение различных программных пакетов и библиотек (см. таблицу), подходящих для численного решения задачи. В качестве примера рассматривается реакция переэтерификации для получения биодизельного топлива.

Таблица – Сравнение технических решений по различным критериям

Критерий / Техническое решение	Открытость исходного кода	Расширяемость	Открытая лицензия	Подтвержденные экспериментом результаты моделирования	Техническая поддержка	Легкость интеграции со сторонним ПО
ANSYS	-	+	-	+	+	-
COMSOL	-	+	-	+	+	-
Openfoam	+	+	+	+	+	-
FeniCs	+	-	+	-	+	+
PyFluid	-	+	+	-	+	+
FiPy	+	+	+	+	+	+

Анализ таблицы показывает, что оптимальными выбором являются программная платформа OpenFOAM и библиотека FiPy. OpenFOAM накладывает ограничения на архитектуру программного комплекса и осложняет ее интеграцию из-за специфичиных требований к формату входных и выходных данных. FiPy является классической библиотекой языка программирования Python, что комплекса любой архитектуры. В итоге, для реализации численного решения уравнения конвекции-диффузии-реакции в программном комплексе MINM была выбрана библиотека FiPy.

Литература:

1. Боровинская, Е.С. Микроструктурные реакторы - концепции, развитие и применение / Е.С. Боровинская, В.П. Решетиловский // Химическая промышленность. – 2008. – Т. 85, № 5. – С. 1-31.

2. Oertel, H., Laurien, E., Numerische Strömungsmechanik. Vieweg-Verlag, 2003.

АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ВРЕМЕНОГО ШАГА КИНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

Жулин Н.А.

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

e-mail: sertur146@gmail.com

ADAPTIVE TIME CALCULATION APPROACH IN THE KINETIC MONTE CARLO METHOD

Zhulin N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Метод Монте-Карло является одним из наиболее широко применяемых стохастических методов моделирования в различных областях науки и техники. В частности, его кинетическая версия позволяет эффективно моделировать эволюцию динамических систем на микроуровне. Одной из ключевых сложностей, связанных с использованием кинетического метода Монте-Карло, является необходимость адекватного выбора временного шага, который напрямую влияет на точность и эффективность моделирования [1].

Традиционные методы пересчета времени часто не учитывают динамику системы, что приводит к длительным расчетам или снижению точности для быстро протекающих процессов. Адаптивный пересчет времени позволяет изменять шаг в зависимости от состояния системы, улучшая точность без значительного увеличения затрат. Алгоритм адаптивного пересчета времени:

1) Расчет концентраций с использованием текущего шага Δt (например, методом Рунге-Кутты 4-го порядка). Расчет концентрации на половинном шаге $\frac{\Delta t}{2}$, движение с шагом $\frac{\Delta t}{2}$ для достиажения Δt.

2) Вычисление разницы между концентрацией, полученной за шаг Δt, и концентрацией, рассчитанной через два шага $\frac{\Delta t}{2}$ для каждого компонента:

$$Ошибка_i = \left|C^i_{new,full} - C^i_{new,half}\right|$$

3) Определение максимальной ошибки среди всех компонентов:

$$Максимальная\ ошибка = \max_i(Ошибка_i)$$

4) Сравнение максимальной ошибки с допустимым значением:

$$Максимальная\ ошибка \leq \in_{rel} \cdot \max_i\left(\left|C^i_{new,full}\right|\right) + \in_{abs}$$

5) Если максимальная ошибка превышает допустимый предел, временной шаг уменьшается, после чего выполняется пересчет концентраций с новым шагом Δt_{new}:

$$\Delta t_{new} = \Delta t * \sqrt{\frac{\in_{rel} \cdot \max_i\left(\left|C^i_{new,full}\right|\right) + \in_{abs}}{Максимальная\ ошибка}}$$

6) Если ошибка в пределах нормы, текущий шаг остается без изменений, значения концентраций перерасчитываются.

Адаптивный пересчет временого шага повышает точность и скорость моделирования динамических систем. Это подход позволяет моделировать процессы, протекающие с разной скоростью, что делает перспективным его практическое применение.

Литература:

1. 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.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПО УПАКОВКЕ ШТУЧНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Ижболдин М.Ю.*, *Смирнов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: thomson7@ya.ru

SOFTWARE FOR ANALIZING PRODUCT FLOW INTERRUPTION IN FOOD INDUSTRY

Izhboldin M.Y.*, *Smirnov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Роботизированная автоматизация процессов, или использование технологических приложений для настройки или воспроизведения действий, связанных с взаимодействием между человеком и пользовательским интерфейсом компьютера, весьма востребована в настоящее время [1].

Для решения поставленной задачи разработана архитектура программного комплекса идентификации нештатных ситуаций при эксплуатации роботизированной линии (РТЛ), выявления причин возникновения нештатных ситуаций, формирования рекомендаций по их устранению, что позволяет существенно повысить эффективность управления процессом упаковки пищевой продукции (рисунок). Информационное обеспечение программного комплекса включает базу данных (БД) пользователей, хранящую логины, пароли и роли всех пользователей; БД оборудования и нештатных ситуаций; базу правил выдачи рекомендаций.

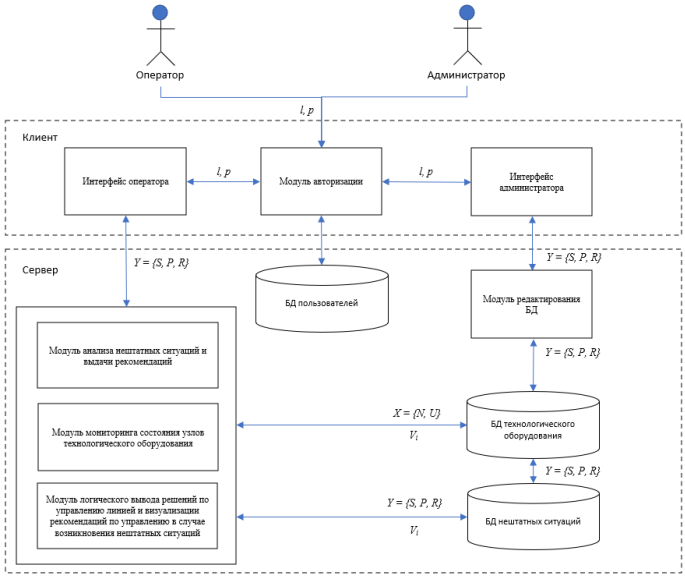


Рисунок – Архитектура программного комплекса

На основании входных данных от сигналов оптических датчиков технологических узлов РТЛ $X = \{B_i,\ i=1\ldots n\}$ необходимо идентифицировать нештатную ситуацию $Y = \{S\}$, определить причину возникновения и выдать оператору рекомендацию $Y = \{P, R\}$ по устранению выявленной нештатной ситуации РТЛ.

Литература:

1. Интеллектуальный программный комплекс моделирования процесс планирования многоассортиментных промышленных производств. Чистякова Т.Б., Шашихина О.Е. Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 5 (101). С. 41-50.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА 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.

THE STRUCTURE OF THE 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) состоят из множества отдельных информационных систем (подсистем), которые взаимодействуют между собой. Эти подсистемы могут быть классифицированы по различным критериям, таким как масштаб управленческой деятельности, тип участия в общем государственном пространстве, источники информации и поставщики данных [1]. Существующие решения взаимодействия имеют ряд недостатков, основным из которых является подключение администраторов к каждой подсистеме по отдельности, что повышает временные затраты на администрирование и мониторинг.

Для решения этой проблемы предлагается использовать централизованную систему, а именно программный комплекс мониторинга и администрирования ГИС, который имеет возможность подключения и одновременной работы с несколькими базами данных (БД), что позволяет ему собирать данные из множества подсистем ГИС в одной «точке», обеспечивая при этом безопасность и защиту данных своевременным реагированием на инциденты, а также уменьшая время, затрачиваемое на администрирование ГИС.

Функциональная структура программного комплекса включает в себя следующие модули: модуль авторизации пользователей; модуль панели администрирования; модуль создания новых ролей пользователей; модуль настройки получения отчетов (логов); модуль управления учётных записей для администрирования; модуль управления учётных записей пользователей ГИС; БД администраторов; БД ГИС. Точкой входа является web-интерфейс, в котором будет предложено пройти авторизацию и аутентификацию. Опция самостоятельной регистрации отсутствует в целях обеспечения безопасности [2], создавать новые учётные записи для входа в систему может только «привилегированный администратор» (ПА). При успешной аутентификации совершается переход в панель администрирования, к которой подключены базы данных используемых ГИС. В панели администрирования имеется возможность управления учетными записями пользователей ГИС, а именно выдача (отзыв) дополнительных прав и мониторинг уже имеющихся прав доступ. Создание или блокировка учётной записи, удаление учетной записи, функционал управления учетными записями самой панели администрирования и функционал создания новых ролей пользователей ГИС, а также настройка отчётов (логов) о действиях пользователей в ГИС может осуществлять только ПА.

Литература:

1. Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность и защита информации / В.Ф. Шаньгин. − М.: ДМК, 2017. − 702 с.

2. Васильков, А.В. Безопасность и управление доступом в информационных системах / А.В. Васильков, И.А. Васильков. − М.: Форум, 2018. − 368 с.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЁРЫ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА КАЛЬЦИЯ В SCADA TRACE MODE

Карабанова Д.Р.*, *Ершова О.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: kardashka5@gmail.com

COMPUTER SIMULATORS FOR TRAINING OPERATORS OF ELECTROTECHNOLOGICAL INSTALLATION FOR CALCIUM CARBIDE PRODUCTION IN THE TRACE MODE SCADA

Karabanova D.R.*, *Ershova O.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство карбида кальция является сложным технологическим процессом, который требует высокой квалификации и внимательности от операторов, управляющих электротехнологической установкой (ЭТУ). Одной из главных задач управления ЭТУ является обеспечение стабильного и безопасного её функционирования, контроль технологических параметров. Для эффективного выполнения этих задач операторы должны обладать глубокими знаниями и практическими навыками, которые можно развить и отточить с помощью специализированных компьютерных тренажёров (КТ) [1].

Создание и внедрение КТ для обучения операторов ЭТУ на основе SCADA TRACE MODE позволяет значительно повысить уровень подготовки персонала, обеспечивая виртуальное моделирование всех процессов производства в реальном времени [2]. Тренажёры позволяют изучить работу технологического оборудования, взаимодействие с интерфейсом системы управления и отработать навыки принятия решений в различных производственных ситуациях. Преимуществом таких тренажёров являются снижение рисков производственных ошибок, повышение безопасности и производительности труда, а также сокращение времени на обучение.

Задача обучения заключается в том, чтобы для заданного сценария обучения варьированием управляющих воздействий в регламентных диапазонах найти по математической модели такие значения управляющих воздействий, при которых обеспечивается заданная производительность ЭТУ и обеспечение требуемого качества выпускаемого карбида кальция.

Функциональная структура включает: базы данных характеристик ЭТУ, сырья, учётных записей пользователей; интерфейсы инструктора и обучаемого (оператора); модули настройки тренажёра, варьирования управляющих воздействий (корректировка расходов сырья и положение электрода); модули для обучения и сценарии обучения.

Новизна работы определяется тем, что разработанные модули реализуются на платформе отечественной SCADA в рамках программы импортозамещения. Тестирование КТ планируется провести для карбидной ЭТУ мощностью 40 МВА для подтверждения работоспособности и возможности их дальнейшего использования.

Литература:

1. Ершова, О.В. Компьютерные тренажеры для обучения персонала управлению электротехнологическими установками потенциально опасных производств / Ершова О.В., Полякова А.М., Чистякова Т.Б. // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 7. – С. 62–64.

2. Артемьев, В.С. Применение интегрированной среды разработки SCADA Trace Mode, для моделирования систем управления технологическим процессом / Артемьев В.С., Максимов А.С. // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств: сборник научных докладов научно-практической конференции (Москва, 11 октября 2023 года). – 2023. – С. 8–14.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Караджаев М.М.*, *Мусаев А.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: makskaradzhaev@gmail.com

FORECASTING MULTI-DIMENSIONAL NON-STATIONARY PROCESSES BASED ON CASE-BASED DATA ANALYSIS AND MACHINE LEARNING METHODS

Karadzhaev M.M.*, *Musaev A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Рассмотрим задачу прецедентного прогнозирования нестационарных процессов на основе метрических алгоритмов машинного обучения и технологии прецедентного анализа данных [1]. Аналогом наиболее распространенной квадратичной метрики в этом случае выступает расстояние Махаланобиса между матрицей текущего состояния

$$Y_c(k) = \{y_{ij}, \quad i = k, k-1, ..., k-L, \; j = 1, ..., m), \quad k = L+1, ..., n$$

и матрицей окна сканирования базы данных обучающих данных

$$Y_s(k,l) = \{y_{ij}, \quad i = l, l-1, ..., l-L, \; j = 1, ..., m), \quad l = L+1, ..., k-L,$$

которое определяется соотношением:

$$d_{cs}^{M}(k,l) = (\sqrt{(Y_c - E_c)^T P_{cs} (Y_s - E_s)})_{l,s},$$

где $E_c = \bar{Y}_c(k)$, $E_s = \bar{Y}_s(k,l)$ - вектора средних для матриц Y_c, Y_s, $P_{cs} = P_{cs}(l,k) = \mathrm{cov}(Y_c, Y_s)_{l,k}$ – ковариационная матрица между Y_c, Y_s.

В многомерном анализе любой гипотезе может соответствовать большой набор возможных альтернатив, что приводит к отсутствию критериев, обладающих свойствами оптимальности. Вследствие этого, в качестве аналогов F-статистики Фишера используют различные числовые характеристики матриц

$$U = S_1 S_2^{-1} \text{ или } V = S_1 (S_1 + S_2)^{-1},$$

где S_1, S_2 – выборочные ковариационные матрицы рассматриваемых выборок.

Пусть собственные числа матрицы U есть $\lambda_1, \ldots, \lambda_m$, матрицы V – $\mu_1, \ldots, \mu_m$. Наибольший интерес для построения многомерного прогноза коррелированных данных на основе информационных метрик представляют такие статистики, как след Хотеллинга (или Лоули-Хотеллинга) и след Пиллаи

$$T_0^2 = trace(U) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \quad trace(V) = \sum_{i=1}^{m} \mu_i,$$

наибольший (наименьший) характеристический корень Роя $\lambda_{\max}(U)$, $\lambda_{\min}(U)$, $\lambda_{\max}(V)$, $\lambda_{\min}(V)$ и статистика Уилкса

$$W = \det(U) = \prod_{i=1}^{m} \lambda_i = \det(S_1) / \det(S_2).$$

Все приведенные статистики можно интерпретировать как меры близости и использовать для поиска аналогов текущих ситуаций в задаче прогнозирования нестационарных процессов. Последействия аналогов используются в качестве искомых прогнозов.

Литература:

1. Musaev, A.A., Makshanov A.A., Grigoriev D.A. Forecasting Multivariate Chaotic Processes with Precedent Analysis. Computation 2021, 9, 110.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Коваленко Н.Ю.

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

e-mail: nikitos.coval@yandex.ru

SOFTWARE MODULE FOR CALCULATING EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES INTO THE ATMOSPHERE FROM LANDFILLS OF SOLID HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL WASTE

Kovalenko N.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Программный модуль разработан для расчёта выбросов биогаза в атмосферу, образующегося в процессе биотермического аэробного разложения органической составляющей твердых бытовых и промышленных отходов на полигонах. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью контроля и минимизации выбросов вредных веществ, что способствует улучшению экологической обстановки и снижению негативного воздействия на здоровье населения.

Расчёт массовых выбросов биогаза осуществляется по методике [1] и необходим для проведения инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, а также для контроля за соблюдением установленных нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ). Программный модуль позволяет вводить информацию о полигоне, данные анализов проб отходов и биогаза с него, а также производить расчёты с отображением результирующих значений массовых выбросов биогаза в отдельной вкладке, с возможностью сохранения расчётов в текстовый документ.

Реализация программы была выполнена на языке программирования Java в среде разработки IntelliJ IDEA и имеет интерфейс, показанный на рисунке. Программный модуль был протестирован и полностью функционирует.

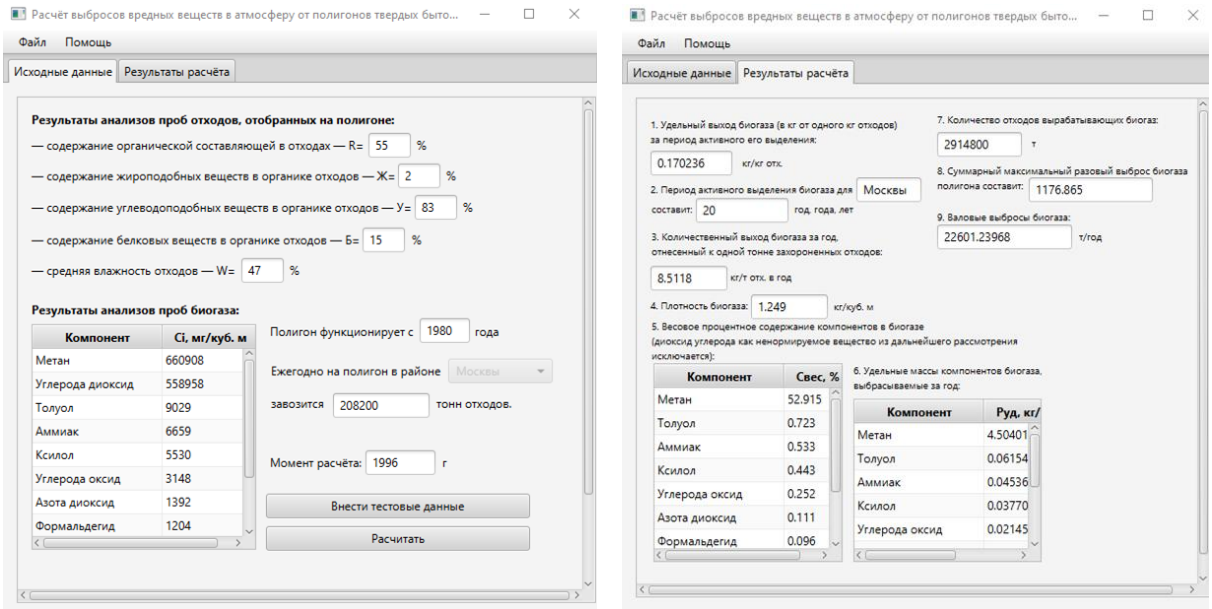


Рисунок – Пример интерфейса программы

Литература:

1. Методика расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. / Москва: НИИ Атмосфера, 2004 – 20 с.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЕЙВЛЕТ-СПЕКТРОВ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Колосов М.А.*, *Мусаев А.А.

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

e-mail: maxim-saint@mail.ru

CORRELATION ANALYSIS OF THE WAVELET SPECTRA OF VIDEO IMAGES IN AGRICULTURAL LAND MONITORING SYSTEMS

Kolosov M.A.*, *Musaev A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современные системы управления агропромышленными комплексами основаны на использовании результатов глобального и непрерывного мониторинга состояния полей и других сельскохозяйственных угодий.

Предлагается распознавание текущего состояния поля на основе корреляционного анализа вейвлет спектров результатов видеосъемок, полученных с использованием дронов с видеокамерами в красном и ближнем ИК диапазонах. С этой целью используется известная зависимость [1, 2] между корреляционными функциями и спектрами сигналов, аналогичная преобразованию Фурье.

Результаты вейвлет-анализа, несущие в себе полезную информацию, представим в виде многомерных матриц вейвлет-коэффициентов. Для сравнения с информацией, хранящейся в базе знаний полигона данных, используется анализ корреляций вейвлет-спектров $W(a, b)$:

$$B_{W(a,b)}(\tau_a, \tau_b) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} W(a,b)W(a \pm \tau_a, b \pm \tau_b)dbda$$

Значение этой функции определяет степень подобия имеющегося кадра с размеченным шаблоном $W(a \pm \tau_a, b \pm \tau_b)$, отвечающим экспертной оценке состояния поля и причинами его возможного отклонения от планируемого этапа развития растений. Здесь τ – произвольная временная задержка шаблона.

Данная технология позволяет классифицировать текущее состояние поля путем сопоставления вейвлет-спектров. Для оценки степени связи между вейвлет-спектрами текущего видеоизображения и данными из базы знаний используется взаимная корреляционная функция вида

$$B_{W1,2(a,b)}(\tau_a, \tau_b) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} W_1(a,b)W_2(a-\tau_a, b-\tau_b)dbda = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} W_1(a+\tau_a, b+\tau_b)W_2(a,b)dbda$$

Сильная взаимная корреляция позволяет идентифицировать текущее состояния поля с размеченным шаблоном, и предоставить агроному рекомендации эксперта по корректирующему воздействию (например, внесение удобрение). Очевидно, что представленную технологию можно использовать как элемент мультиэкспертной системы.

Литература:

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения. – Успехи физических наук, 1996, т.166, № 11, стр. 1145-1170.

2. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002, 608 с

ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Куляев Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: evg23kull@gmail.com

REVIEW OF CHARACTERISTICS FOR ANALYZING INDUSTRIAL COMPUTER NETWORKS USING FUZZY LOGIC

Kulyaev E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Применение вычислительных сетей (ВС) является ключевым этапом для обеспечения эффективного обмена информацией, обработки данных и обеспечения доступности ресурсов в современных информационных системах, что способствует оптимизации процессов на различных предприятиях и промышленных объектах.

Анализ ВС представляет собой сложный процесс, включающий учет разнообразных устройств, протоколов и технологий, требующий глубокого понимания архитектуры сети. Не все современные программные решения имеют возможность учета всех особенностей ВС. Таким образом, становиться актуальной задача разработки интеллектуальной системы с использованием нечеткой логики.

Применение интеллектуальной системы с нечеткой логикой для анализа ВС позволит учитывать множество факторов, сократить время на обнаружение нештатных ситуаций.

Прежде чем приступить к формированию математических моделей с использованием нечёткой логики, необходимо провести обзор основных критериев, характеризующих ВС [1].

Пропускная способность, определяющая количество передаваемых данных в единицу времени, и задержка, представляющая собой время передачи данных между отправителем и получателем, являются основными параметрами производительности. Надежность сети оценивается ее способностью сохранять работоспособность в условиях сбоев. Безопасность сети включает в себя аспекты защиты от несанкционированного доступа и обеспечения конфиденциальности данных [1]. Нечеткие модели, как инструмент обработки неопределенности и нечеткости в данных, предоставляют возможности для анализа этих критериев. Их применение в анализе пропускной способности, задержек и надежности сети учитывает различные условия, что является полезным в контексте анализа ВС. Также нечеткие модели предоставляют инструментарий для управления безопасностью сети, включая анализ потенциальных угроз.

Использование интеллектуальной системы с нечёткими моделями в анализе ВС позволяет учитывать различные факторы, сокращает время и затраты на обнаружение нештатных ситуаций, а также адаптирует сети к различным технологическим условиям. Обзор основных критериев ВС, таких как пропускная способность, задержка, надежность и безопасность, является важным этапом перед формированием математических моделей с использованием нечёткой логики. Таким образом, использование нечётких моделей в анализе характеристик вычислительных сетей способствует принятию обоснованных решений администраторами сетей и повышению эффективности и надежности инфраструктуры.

Литература:

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Н. Фимстер, Д. Уэзеролл; пер. с англ. А.А. Гребеньков. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2023

РАЗРАБОТКА ЛАБОРОТОРНОГО ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛАБОСТРУКТУРИРОВННЫХ СИСТЕМАХ

Лавренова А.В., Халимон В.И., Простителко О.В.

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

e-mail: sas-lavrenova@yandex.ru

DEVELOPMENT OF LABORATORY PROGRAM-ALGORITHMIC COMPLEX FOR DECISION MAKING IN WEAKLY STRUCTURED SYSTEMS

Lavrenova A.V., Halimon V.I., Prostitenco O.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Каждое лицо принимающее решение (ЛПР) в процессе свой работы сталкивается с ситуацией, когда выбрать нужно из множества альтернативных вариантов решения возникшей проблемы, из-за чего большинство организаций не могут позволить себе принимать решения без использования возможностей компьютеризированного анализа.

Система поддержки принятия решений — компьютерная система, целью которой является помощь ЛПР в осуществлении полного и объективного анализа предметной области. С помощью таких систем ЛПР получают рекомендации по решению следующих классов проблем: хорошо-структурированных, слабоструктурированных и неструктурированных [1,2].

Слабоструктурированными (смешанными) являются проблемы, отличающиеся в первую очередь, качественными зависимостями, то есть зависимостями, не представленными в виде строгих математических выражений между элементами. При этом сами элементы могут быть как качественными, так и количественными.

При принятии решений в слабоструктурированных системах часто используются методы, в которых существенную роль играет мнение экспертов. Разрабатываемый программно-алгоритмический лабораторный комплекс ориентирован на изучение следующих методов принятия решений:

- метод взвешивания экспертных оценок;
- метод предпочтений;
- метод ранга;
- принцип Кондорсе.

Процесс принятия решений заключается в генерации возможных вариантов решения – альтернатив – и последующем выборе наилучшей. В процессе выбора возникает множество противоречивых требований, вследствие чего требуется оценить альтернативы по множеству критериев.

Процесс принятия решений может осложнятся следующими факторами: неоднозначные оценки ситуаций, неправильный выбор приоритетов, противоречивость требований к решению проблемы. Из-за этого формализация методов принятия решения, а также их оценка и согласование – сложная задача.

Так как ЛПР физически не может в сжатые сроки обрабатывать огромные массивы данных, в сфере управления применяются системы поддержки принятия решений, позволяющие специалистам среднего и высшего звена принимать взвешенные обоснованные решения.

Литература:

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2000. — 296 с.
2. Кулагин О.А. Принятие решений в организациях. — СПб.: Сентябрь, 2001. — 148 с.

ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Лазарев А.Р., Макарук Р.В.

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

e-mail: artem@reveriegate.com

INCREASING THE FAILURE TOLERANCE OF A COMPUTER NETWORK OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE USING A NETWORK INFRASTRUCTURE MANAGEMENT SOFTWARE COMPLEX

Lazarev A.R., Makaruk R.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наличие в инфраструктуре предприятия большого количества сетевого оборудования, которое управляется в ручном режиме потенциально приводит к ошибкам конфигурации, большому количеству задействованного персонала. Для повышения производительности труда и уменьшения влияния человеческих факторов необходимо использовать автоматизированные системы управления. Сетевое оборудование от различных производителей имеет собственное проприетарное программное обеспечение, с различными системами команд и управления, а существующие системы управления имеют привязку к производителю оборудования [1]. Таким образом, становиться актуальной задача разработки программного комплекса управления сетевой инфраструктурой, который позволит повысить отказоустойчивости вычислительной сети промышленного предприятия [2].

Разработанный программный комплекс позволяет учитывать особенности сетевого оборудования разных производителей и моделей. Комплекс выносит понятие оборудования на другой уровень абстракции, а пользователи системы уже оперируют требуемыми конфигурациями, получают отчеты о состоянии и ведут учет оборудования в программном комплексе.

Программный комплекс имеет несколько основных модулей для управления вычислительной сетью предприятия: модуль управление конфигурациями, модуль учета аппаратного обеспечения, модуль отчетов, подсистема взаимодействия с оборудованием (драйвер), а также модуль взаимодействия с персоналом. Разработка позволяет централизованно управлять сетевым оборудованием предприятий и имеет набор модулей для взаимодействия с различными производителями аппаратного обеспечения, позволяет работать с различными системами команд и версиями программного обеспечения на сетевом оборудовании.

Тестирование программного комплекса управления сетевой инфраструктурой проводилось на примере предприятий ООО «НПФ Хеликс» и АО «ЯмалТрансСтрой» Внедрение позлило повысить отказоустойчивость вычислительной сети промышленного предприятий ООО «НПФ Хеликс» и АО «Ямалтрансстрой», за счёт уменьшения частотности ошибок и возникновения человеческих факторов при настройке сетевого оборудования.

Литература:

1. Система управления сетевой инфраструктурой Cisco Prime Infrastructure Интернет-портал. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cisco_Prime (дата обращения 08.10.2024)

2. Трифонов, Ю.А. Программный комплекс для проектирования промышленных вычислительных сетей // Ю.А. Трифонов, Р.В. Макарук // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф. / под общ. ред. А. А. Большакова. - СПб.: Изд-во Политехн. Ун-таю – 2023. – №8 – С. 86-90

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И НАСТРОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Лазарев А.Р.

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

e-mail: artem@reveriegate.com

ARCHITECTURE OF SOFTWARE COMPLEX FOR MONITORING AND CONFIGURING COMPUTER NETWORK EQUIPMENT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Lazarev A.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время не существует единого подхода по автоматизации при работе с сетевым оборудованием, это связано с использованием различного проприетарного программно-аппаратного обеспечения. Отсутствует достаточное количество литературы на русском языке, описывающей методы и способы внедрения автоматизации в сетевую инфраструктуру предприятий. Предлагаемая архитектура программного комплекса учитывает типичные запросы предприятий и является универсальной для применения.

Архитектура программного комплекса для мониторинга и настройки оборудования вычислительной сети промышленного предприятия должна учитывать многие факторы для внедрения на предприятиях, такие как существующие и общепринятые системы учета, мониторинга и управления, системы доступа и аутентификации пользователей, а также иметь модули взаимодействия с разным сетевым оборудованием, различных производителей, моделей и версий программного обеспечения. Разработанная функциональная структура представлена на рисунке.

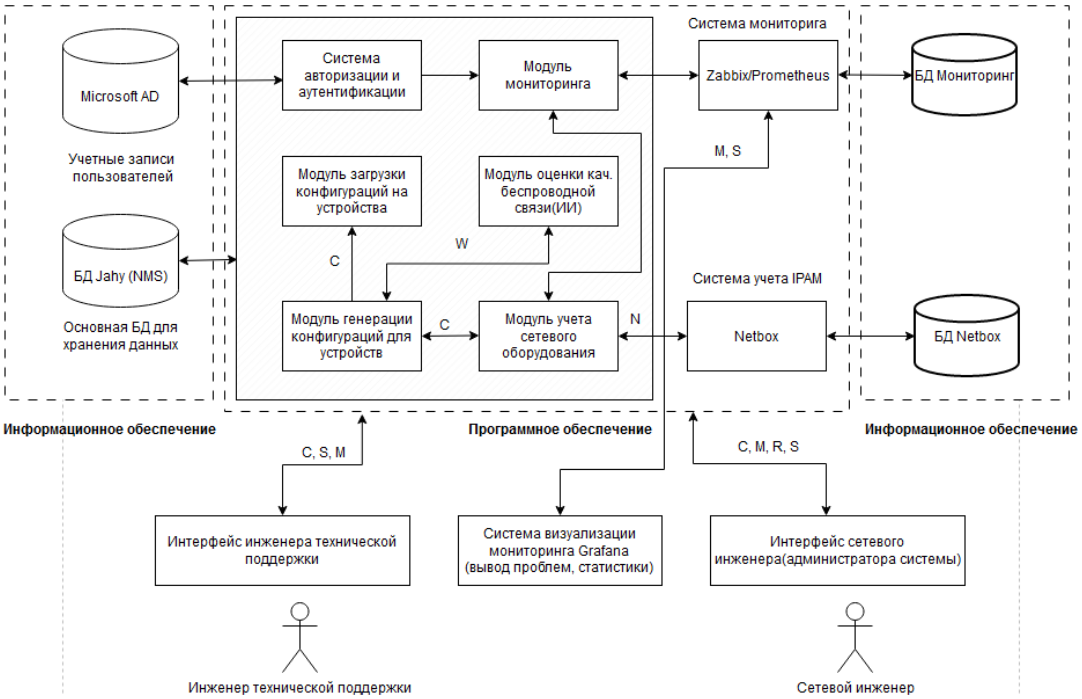


Рисунок – Функциональная схема комплекса

На основе разработанной архитектуры был создан программный комплекс для мониторинга и настройки оборудования вычислительной сети промышленного предприятия. Его работа была протестирована на двух предприятиях ООО «НПФ Хеликс» и ОА «ЯмалТрансСтрой», что позволило повысить эффективность работы персонала и уменьшить количество аварий на вычислительной сети предприятия.

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Лекомцев Р.О., Полякова А.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: ruslan11999933@gmail.com

ARCHITECTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX FOR TRAINING OPERATORS TO CONTROL THE ELECTROTECHNOLOGICAL INSTALLATION OF THE ALUMINUM PRODUCTION PROCESS

Lekomtsev R.O., Polyakova A.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Актуальность реализации программного комплекса (ПК) для электротехнологической установки (ЭТУ) получения алюминия обусловлена необходимостью внедрения новых качественных разработок на базе отечественного программного обеспечения (ПО). Поэтому в качестве среды разработки выбрана российская SCADA-система Trase Mode, обеспечивающая надёжность, простоту интеграции, гибкость, а также работающая без иностранных посредников .NET, WINE и т. д. Применение данной SCADA позволяет в ограниченные сроки разработать ПК: интерфейсы пользователей, базу данных (БД) технологического процесса (ТП) и программно реализовать математическую модель (ММ), тестирование которой будет проведено на примере промышленного электролизера с предварительно обожжёнными анодами при силе тока 150 кА [1,2].

Архитектура ПК включает интерфейсы обучаемого (оператора) и инструктора, модуль настройки комплекса, модуль ММ для расчета основных показателей процесса, модуль проверки ограничений и отслеживания нештатных ситуаций, БД учетных записей, БД характеристик ЭТУ, сырья, требований к качеству продукции, базу знаний (БЗ) по управлению в нештатных ситуациях. ПО комплекса предназначено для двух категорий пользователей – оператора и инструктора. На графическом интерфейсе ПК оператору ЭТУ получения алюминия предоставляется возможность обучения по ММ: вносить изменения и анализировать дальнейшее поведение объекта, а также учиться перенастраивать ММ на различное оборудование для проведения расчетов теплового, материального балансов и электрических характеристик. Инструктор может вносить возмущения и смотреть на поведение обучаемого, а также осуществлять контроль знаний. Вся информация о ТП хранится в реляционной БД параметров ТП: текущее значение, единицы измерения, эксплуатационные пороги, тип данных. БД содержит системные параметры ПК, параметры ТП и доп. параметры, участвующие в расчетах и настройках ММ. БЗ по управлению в нештатных ситуациях содержит сведения о причинах их возникновения и рекомендациях по устранению, представляет собой набор продукционных правил, реализованных встроенными скриптами среды разработки.

Литература:

1. Ершова, О.В. Компьютерные тренажеры для обучения персонала управлению электротехнологическими установками потенциально опасных производств / Ершова О.В., Полякова А.М., Чистякова Т.Б. // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 7. – С. 62–64.

2. Артемьев, В.С. Применение интегрированной среды разработки SCADA Trace Mode, для моделирования систем управления технологическим процессом / Артемьев В.С., Максимов А.С. // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств: сборник научных докладов – Москва: ЗАО «Университетская книга» – 2023. – С. 8–14.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СИНТЕЗА ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИЕНОВЫХ МАКРОЛИДНЫХ АНТИБИОТИКОВ

Любимова А.Е.*, *Смирнов И.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: nastya.lyubimova.2003@bk.ru

FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX FOR THE RATIONAL SELECTION OF PARAMETERS FOR THE SYNTHESIS OF POLYENIC MACROLIDE ANTIBIOTICS DERIVATIVES

Lyubimova A.E.*, *Smirnov I.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Химическая модификация полиеновых макролидных антибиотиков позволяет получать менее токсичные производные различной структуры с улучшенными медицинскими и биологическими характеристиками, демонстрирующие значительную антифунгальную активность. В связи с проблемой высокой стоимости и большой потерей времени в процессе получения новых лекарственных средств активно ведется разработка программных комплексов, позволяющих сократить затраты на исследования противогрибковых антибиотиков путём выбора производных существующих антибиотиков со сниженной токсичностью при сохранении других свойств [1]. Создание программного комплекса для рационального выбора параметров лабораторного синтеза позволит повысить эффективность исследования методик получения новых противогрибковых средств за счет снижения временных затрат на этапе лабораторного синтеза. Научная новизна предлагаемой разработки заключается в отсутствии решения подобной задачи в рассмотренных существующих систем аналогов.

Функциональная структура программного комплекса включает базу данных сырья, характеристик процесса синтеза производных полиеновых макролидных антибиотиков (ППМА), технологических параметров, учетных записей пользователей, модуль формирования входных данных, модуль выходных параметров целевого компонента, модуль вывода рациональных значений параметров синтеза, модуль редактирования базы данных, интерфейса исследователя и администратора.

Выполнение задачи расчета и выбора рациональных параметров синтеза ППМА делится на несколько этапов: определение стадий синтеза в соответствии с технологическим регламентом, выбор сырья, определение механизма химической реакции, проведение поверочных расчетов.

Результатом работы программного комплекса являются рекомендации по выбору параметров синтеза, при которых будет достигаться необходимое значение выходных параметров целевого компонента.

Тестирование программного комплекса осуществлялось на примере лабораторного синтеза гидрофосфорильного производного пимарицина. В результате была получена зависимость выходных параметров от управляющих воздействий (начальных концентраций компонентов, температуры и времени химической реакции) и определены рациональные условия проведения синтеза.

Литература:

1. Мусаев, Э. Э. Программный комплекс для прогнозирования и исследования характеристик противогрибковых антибиотиков / Э. Э. Мусаев, Т. Б. Чистякова, В. В. Белахов // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2021. – № 57. – С. 68–74.

АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Малькова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: malkovaevv@mail.ru

ARCHITECTURE OF AUTOMATED TRAINING SYSTEM FOR DESIGN AND MANUFACTURING OF POLYMER PRODUCTS BASED ON ADDITIVE TECHNOLOGIES

Malkova E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Автоматизированная обучающая система (АОС) по проектированию и изготовлению полимерных изделий на базе аддитивных технологий является актуальной и востребованной разработкой на современном этапе развития производственных технологий. Аддитивные технологии, включая 3D печать, находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности, что обуславливает необходимость подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно работать с новыми производственными технологиями [1]. Поэтому разработка АОС, позволяющей на основе базы данных учебно-методических материалов, тестовых заданий, модуля выполнения практических заданий, а также базы правил оценки результатов осуществлять обучение проектированию и изготовлению трехмерных полимерных изделий, является практически значимой задачей. Отличительной особенностью АОС является приобретение пользователем не только теоретических знаний посредством изучения учебно-методических материалов, но и освоение практических умений и навыков посредством выполнения заданий по проектированию технических полимерных изделий, выбору материалов и настройке 3D принтера для печати изделия, оценке качества напечатанного полимерного изделия.

Архитектура АОС построена по модульному принципу и включает базу данных теоретических материалов, тестовых заданий, обучающихся, базу правил оценки результатов обучения, модуль формирования сценариев обучения, модуль изучения учебно-методических материалов по проектированию и изготовлению полимерных изделий на базе аддитивных технологий, модуль тестирования знаний обучающихся, модуль выполнения практических заданий, подсистему оценки знаний обучающихся, модуль формирования протокола обучения, интерфейс обучаемого, интерфейс инструктора (эксперта в области аддитивных технологий).

АОС является адаптируемой для пользователей с различным уровнем подготовки, а также позволяет осуществлять поддержку обучаемых через профессиональное сообщество посредством форумов и программных платформ для обмена знаниями.

Программная реализация АОС выполнена с использованием инструментальной среды разработки Eclipse на языке программирования Java, СУБД MySQL и среды трехмерного инженерного моделирования АСКОН Компас 3D.

Функциональное тестирование АОС на примере практико-ориентированного обучения обучающихся ГБПОУ СПбТК проектированию и изготовлению сложных полимерных технических изделий различной конфигурации на базе аддитивных технологий подтвердило её работоспособность.

Литература:

1. Полимерная 3D-печать: история, классификация и современные тенденции развития (обзор) / А.А. Муравский, М.Б. Аликин, И.М. Дворко, Н.А. Лавров // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2023. – № 64(90). – С. 58-66. – DOI 10.36807/1998-9849-2023-64-90-58-66.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБОРОТА МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Марков В.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: mxrkov.vlxdimir@yandex.ru

USE OF COLORED PETRI NETS TO DESCRIBE THE SYSTEM OF MOBILE EQUIPMENT TURNOVER CONTROL

Markov V.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эффективное управление ресурсами является ключевым аспектом деятельности любой компании. Одним из видов ресурсов является мобильное оборудование, которое играет важную роль в обслуживании пассажирских рейсов. Управление и контроль оборота такого оборудования представляют собой сложную задачу, требующую использования эффективных методов моделирования.

Основная цель исследования заключается в описании системы контроля оборота мобильного оборудования на базе раскрашенных сетей Петри. Использование этого инструмента позволит гибко моделировать процессы доставки, погрузки, обслуживания и ремонта, обеспечивая возможность анализа и оптимизации операций на каждом этапе.

Среди различных подходов к моделированию сложных динамических систем можно выделить распространённые методы, такие как UML-диаграммы, BPMN-схемы, дискретные симуляторы и даже языки программирования. Но эти методы не всегда способны адекватно отобразить сложные взаимосвязи, когда речь идет о параллельных процессах, синхронизации и конфликтах. В этом контексте, раскрашенные сети Петри позволяют создать более точную и наглядную модель системы, учитывающую параллельные материальные и информационные потоки данных.

Для моделирования и анализа систем сети Петри предоставляют широкий набор инструментов для визуализации и симуляции параллельных процессов [1]. Преимущество заключается в возможности детально описывать множественные процессы и их взаимодействие благодаря различным токенам. Такая модель позволяет эффективно анализировать ключевые процессы и выявлять места, требующие оптимизации, при этом сохраняя высокую гибкость в настройке параметров системы, что позволяет адаптировать её под различные сценарии.

Применение раскрашенных сетей Петри для моделирования сложных динамических систем, вроде системы контроля оборота мобильного оборудования, позволяет описать и проанализировать процессы с высокой степенью точности и учетом множества мелких параметров [2]. Созданная таким образом модель позволяет не только снизить риски потерь и поломок оборудования, но и оптимизировать эксплуатацию и техническое обслуживание.

Литература:

1. Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. — Л.: Наука, 1989. — 133 с.

2. Орлов С. П., Сусарев С. В. Имитированные модели на сетях Петри для анализа процессов обслуживания и ремонта сложных технических систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 30, № 4. – DOI: 10.14498/tech.2022.4.4.

ОБНАРУЖЕНИЕ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ЗМЕЕВИКОВ РАДИАНТНО-КОНВЕКЦИОННОЙ ПЕЧИ

Михайлова Ю.С.*, *Воробьев Н.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: julia.mikhailova2002@gmail.com

DETECTION OF DEPRESSURIZATION OF A RADIANT CONVECTION OVEN COILS

Mikhailova Iu.S., Vorobev N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Радиантно-конвекционная печь является одним из основных объектов технологии нефтепереработки. Рециркуляция технологических потоков по параллельно идущим змеевикам с температурой в радиантной секции, достигающей 850 °С, имеет высокий риск прогара, и, как следствие, попадание продуктов реакции в зону открытого пламени. Аварийность печных агрегатов уже на протяжении ряда лет стабильно составляет примерно 11 % от общего числа аварий на НПЗ [1]. При этом высок риск развития аварии техногенного характера. Это актуализирует задачу своевременного выявления нарушения целостности змеевиков и прогноза развития каждой нештатной ситуации [2].

Отсутствие перманентного контроля состояния целостности трубопровода оставляет для решения этой задачи только использование косвенных оценок. Задача осложняется тем, что с течением времени динамические характеристики печи меняются в связи с коксованием, накапливанием отложений. В связи с этим в качестве модели штатного режима работы печи предлагается использовать нейросетевую структуру, которая позволяет проводить периодическую подстройку коэффициентов под изменяющиеся свойства объекта. Период подстроки коэффициентов модели определяется опытом эксплуатации контурного печного агрегата. Так как каждое состояние печи определяется не только текущими значениями основных технологических параметров, но и трендами их изменения, топология нейросетевой модели штатного режима – это рекуррентная сеть с тремя шагами исторического тренда по каждой входной и выходной переменным. Для формирования информационной схемы этой модели бала проведена процедура сбора знаний на основе экспертного опроса и результатов HAZOP-анализа. Это позволило сформировать деревья отказов в том числе и по отказу «прогар змеевика». В ходе мониторинга состояния змеевиков сопоставляются результаты измерения выбранных технологических параметров (диагностических показателей) и их значений, полученных по нейросетевой диагностической модели. Результаты сравнения – формирование обобщенного критерия расстояния, стабильное возрастание которого в определенном интервале времени указывает на возможное появление разгерметизации. Чтобы избежать ошибок ложного обнаружения разгерметизации результат подтверждают проверкой модели нижнего уровня, содержащей совокупность продукционных правил.

Отсутствие промежуточных точек контроля давления и температуры в змеевиках печи не позволяет провести точную локализацию места разгерметизации. Если входной поток при подаче в печь разделяется на 2 и более линий, то при существенных утечках можно выявить только конкретную линию.

Литература

1. Аксенов С.Г., Яппаров Р.М., Кулешова Е.Ю. Пожарная безопасность каталитического риформинга // Техносферная безопасность. – 22. – № 2(35). – С. 75-79.

2. Кузнецов Д.Л., Хафизов А.М., Малышева О.С. Экономическое обоснование разработки программы диагностирования змеевиков трубчатых печей // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2016. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2016. – С. 342-344.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ШАХТНОГО ТИПА

Новая Д.А.*, *Кузнецова Г.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: dnovyya@mail.ru

SOFTWARE PACKAGE FOR ASSESSING THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS AT MINE-TYPE FACILITIES

Novaia D.A.*, *Kuznetsova G.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Аварии на объектах шахтного типа могут нанести значительный ущерб производству. Причинами возникновения нештатных ситуаций (НС) могут быть: несоблюдения правил безопасности, некомпетентность сотрудников, повреждение или отказ оборудования, физико-механические свойства горных пород. Избежать таких ситуаций полностью нельзя, но возможно их предусмотреть и снизить масштабность, заранее оценивания и прогнозируя последствия НС на объектах [1]. Прогнозирование аварийных ситуаций необходимо для определения финансовых затрат на защиту сооружений и сотрудников, определение безопасной зоны в случае чрезвычайной ситуации и постановки систем предупреждения, контроля и реагирования. Система с моделированием НС помогает определить вероятность аварии, зоны разрушения, движение взрывной волны, степень повреждения строений.

Определение последствий происходит на основе данных об объекте, веществе и данных окружающей среды. На масштабность поражающих факторов при аварии влияют геометрические характеристики пространства (объекта) в соответствии с его загромождённостью, характеристики вещества (например, метана), агрегатное состояние облака топливно-воздушной смеси, концентрация вещества, его масса и климатические параметры (влажность, температура, расстояние от поверхности). На основании характеристик конкретного объекта производится анализ вероятности детонации и, в случае подтверждения, возможности НС, используя характеристики окружающего пространства, подсчитывается количественная оценка параметров воздушных ударных волн и степень потенциального ущерба [2].



Рисунок – Схема работы программного комплекса

Функциональная структура программного комплекса включает (см. рисунок): информационное обеспечение, расчетные модели, блок анализа вероятности возникновения аварии и расчёта последствий нештатной ситуации, интерфейсы пользователей (инженера по техносферной безопасности и администратора БД).

Программный комплекс может использоваться для прогнозирования последствий событий, анализа рисков и проектирования систем безопасности.

Литература:

1. Программный комплекс для визуализации и оценки рисков безопасности объектов нефтехранения / А.В.Щеголькова, Г.В.Кузнецова // Научный журнал «Математические методы в технологиях и технике» №12, часть 2 - СПБ: 2022.- с.216-218

2. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». Серия 27. Выпуск 15/ 2015. – 44 с.

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА БРАКА ПРИ СОРТИРОВКЕ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Осипенко А.А., Романов А.П., Рудакова И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: gudron91@mail.ru

A SYSTEM FOR DETECTING THE TYPE OF DEFECT IN REFRACTORY PRODUCTS SORTING

Osipenko A.A., Romanov A.P., Rudakova I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современные производства огнеупоров имеют большую номенклатуру изделий, в которой формованная продукция занимает лидирующие позиции. Производственный процесс огнеупоров – многостадийный, включает приготовление нескольких промежуточных компонентов. Выгрузка огнеупорных изделий из печных вагонеток туннельных печей и сортировка осуществляется под руководством оператора, который работает в условиях нагревающего микроклимата. Внедрение систем механизации позволяет оснастить операцию выгрузки и сортировки робототехническим комплексом (РТК), часто включающим один или два манипулятора для съема изделий и их укладки на поддон. Современные РТК включают систему управления роботом с возможностью выбора ручного и автоматического режима работы. С целью правильного позиционирования захвата робот оснащается камерой машинного зрения, имеющей встроенные алгоритмы счетчика пикселей, бинаризации, сегментации, измерения параметром объекта. Обзор литературных источников [1], а также анализ результатов экспертного опроса на действующем предприятии показали, что качество выпускаемой продукции во многом определяется правильными и своевременными действиями оперативного персонала. Даже при конечном контроле качества продукции, осуществляемом в лаборатории, наблюдаются расхождения в результатах оценок, данных разными лаборантами [2]. Поэтому актуализируется задача снижения влияния человеческого фактора на качество выпускаемой продукции и предлагается система обнаружения и идентификации вида брака огнеупоров.

При наличии встроенной базы программ в камере машинного зрения алгоритмы обнаружения брака можно строить в координатах RGB-изображения. Выявление дефекта на изображении группы изделий осуществляется после выделения контуров одного изделия, например, методом кластеризации k-средних с обнаружением дефекта детектором Моравеца [3]. Однако, для полноценного принятия решения о причинах появления в одной партии изделий дефектов одного типа необходима идентификация дефекта. Для решения этой задачи формируется база типовых изображений дефектов в рабочих условия РТК, на основе который предлагается применить нейросетевой классификатор. Алгоритмизация базы знаний, которыми пользуются операторы при ликвидации технологических сбоев [1,2], позволит выявить такой сбой на ранней стадии и внести оперативное решение по управлению.

Литература:

1. Ермакова, Ю.С. Методы и средства управления качеством при производстве кирпича керамического / Ю.С. Ермакова, И.А. Серебряная, А.А. Матросов, Д.С. Серебряная / Издательство «Мир науки». – 2018. – Т. 10. - №6. – С.1-10

2. Звягин, К.В. Автоматизация контроля качества тиксотропных смесей / К.В. Звягин, В.И. Золотухин / Известия ТулГУ. Технические науки. - 2012. - Вып.2. - С.43-45.

3. Катаев, М.Ю. Программная система обнаружения дефектов кирпичей на основе методов компьютерного зрения / М.Ю. Катаев, Р.К. Карпов, К.А. Ламинский / Доклады ТУСУР. – 2021. - Т.24.- №1– С.62-67.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Пелешенко А.С.*, *Большаков А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: anastasiakadastr2022@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN SOFTWARE PACKAGE FOR CADASTRAL WORKS

Peleshenko A.S.*, *Bolshakov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кадастровая деятельность выполняется в отношении объектов недвижимого имущества для постановки их на государственный кадастровый учёт. Для проведения данного мероприятия требуется определенные сведения, которые содержатся в Едином Государственном Реестре Недвижимости. Доступ к этой информации предоставляется как кадастровым инженерам, так и физическим лицам [1].

В настоящее время, чтобы повысить оперативность проведения кадастровых работ, инженеры пользуются разными ресурсами, такими как «Публичная кадастровая карта», в котором содержится графическая информация, на основе которой можно узнать границы, в которых расположен объект недвижимости. На информационном портале содержится актуальная информация об объектах недвижимости, что позволяет безошибочно произвести кадастровые работы [2].

Разрабатываемый программный комплекс создается для увеличения производительности работ и качественном анализе объекта недвижимости. На информационном портале создана интерактивная кадастровая карта, по которой можно определить границы объектов недвижимости и запросить сведения, которые содержатся в Едином государственном реестре недвижимости. Инновацией в проекте является наличие сведений о содержании актуальных и архивных объектах, что позволяет получать информацию о ранее проводимых кадастровых работах на заданной территории с определенным объектом недвижимости, что повышает эффективность функционирования этой эргатической системы [3].

Доступ к разрабатываемому информационному ресурсу осуществляется выходом в сеть Интернет. Сайт оптимизирован для компьютера и для мобильных устройств, что позволяет им пользоваться, если имеется доступ к сети Интернет. В ранее разработанных программных средствах отсутствует оптимизация для доступа к информации с использованием мобильных устройств, что значительно замедляет работу инженеров.

Зарегистрированные пользователи создаваемого программного средства имеют доступ к определенным XML-данным, а также могут получать дополнительные сведения, содержащие информацию о проектах планировки территории, межевания территории и правилах землепользования и застройки территории.

Разрабатываемое программное средство значительно сократит время для поиска информации, что повысит производительность работ, проводимых инженерами.

Литература:

1. Федеральный закон о 24.07.2007 № 221-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «О кадастровой деятельности». − https:// legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-24072007-n-221-fzo/

2. Сайт Роскадастра. Veshneva I., Singatulin R., Bolshakov A., Chistyakova T., Melnikov L. https://kadastr.ru/magazine/news/chem-mozhet-byt-polezna-publichnaya-kadastrovaya-karta/

3. Veshneva I., Singatulin R., Bolshakov A., Chistyakova T., Melnikov L. Model of formation of the feedback channel within ergatic systems for monitoring of quality of processes of formation of personnel competences // International Journal for Quality Research. 2015. Т. 9. № 3, pp. 495-512.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАТ-БОТА С ГЕНЕРАТИВНЫМ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И АНАЛИЗА УРОВНЯ ШУМА В ПРОИЗВОДСВТЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Пилецки А.Б.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: takingss71@gmail.com

USING A CHAT BOT WITH GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN A WEB APPLICATION TO DETERMINE AND ANALYZE NOISE LEVELS IN INDUSTRIAL PREMISES

Piletski A.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Контроль уровня шума на производстве критически важен для обеспечения безопасных условий труда и соблюдения норм. В России шумовые нагрузки на рабочих местах регулируются ГОСТом [1], который устанавливает требования по оценке и контролю уровней шума, а также меры по предотвращению их негативного воздействия на работников.

Веб-приложение для вычисления и анализа уровней шума в производственных помещениях интегрируется с искусственным интеллектом (ИИ) на базе чат-бота ChatGPT 4.0, который взаимодействует с веб-приложением с использованием API. При этом чат-бот генерирует подробные отчеты на основе результатов измерений, с использованием терминологии предметной области промышленных шумовых воздействий. Чат-бот предоставляет специализированные рекомендации и анализ, соответствующие условиям конкретного предприятия.

Основные аспекты интеграции ИИ на основе чат-бота ChatGPT описаны ниже.

Автоматическая генерация отчетов. Формируются отчеты с результатами анализа превышений уровня шума и их возможных последствий для здоровья сотрудников, таких как потеря слуха и снижение работоспособности.

Предустановленные ограничения. Осуществляется работа в рамках заданных параметров, чтобы гарантировать, что отчеты строго соответствуют тематике уровня шума и содержат только актуальные данные и рекомендации.

Контекстные рекомендации. Система предоставляет индивидуальные предложения по снижению шума, учитывая условия на конкретном объекте, например, установку шумоизоляции или модернизацию оборудования.

Соответствие нормативам. Отчеты соответствуют действующим стандартам, таким как ГОСТ [1], обеспечивая полное соответствие нормам безопасности и промышленной охраны труда.

На основе интеграции с ChatGPT 4.0 веб-приложение становится гибким и точным инструментом для управления уровнем шума в производственных помещениях. В отличие от шаблонных отчетов использование чат-бота ChatGPT предоставляет динамические и индивидуальные рекомендации, адаптированные к условиям конкретного предприятия. Это позволяет обеспечить более точный контроль акустической среды и соблюдение норм, значительно упрощая процесс управления шумом на производстве.

Литература:

1. ГОСТ Р 12.1.003-83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности". – URL: https://docs.cntd.ru/document/5200291 (дата обращения: 08.10.2024).

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГЛАМЕНТАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Речкина П.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления
e-mail: leiman_polina00@mail.ru, vplonskiy@gmail.com

A PROBLEM-ORIENTED SOFTWARE PACKAGE FOR REGULATING BUSINESS PROCESSES OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Rechkina P.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процессная модель управления организацией, основанная на четкой регламентации бизнес-процессов (БП), в современных условиях становится ключевым элементом эффективного управления на промышленных предприятиях.

Регламентация бизнес-процессов подразумевает формализацию и документирование каждого этапа деятельности предприятия, что позволяет стандартизировать процессы, улучшить контроль исполнения и упростить обучение новых сотрудников, а также снизить затраты на администрирование, уменьшить число ошибок и повысить прозрачность процедур [1]. С увеличением сложности производственных и управленческих структур, потребность в автоматизации процедур регламентации приобретает критическое значение для обеспечения конкурентоспособности.

Анализ наиболее известного и применяемого российского и зарубежного программного обеспечения для моделирования бизнес-процессов, позволяет сделать вывод о потребности в разработке программного комплекса для регламентации бизнес-процессов, учитывающего особенности российских промышленных предприятий, повышающего оперативность процедур регламентации за счет автоматизации сбора данных и устранения функциональной избыточности.

Разрабатываемый программный комплекс на основе введенных данных о бизнес-процессе предприятия позволит: сформировать регламент процесса по различным шаблонам, выбираемым и редактируемым пользователями; осуществить расчет ключевых показателей бизнес-процесса для периодического контроля эффективности и результативности выполнения процессов исполнителями; подготовить документацию по бизнес-процессам как для проверки и своевременной коррекции деятельности действующих сотрудников и систем, так и для также обучения новых сотрудников.

Функциональная структура программного комплекса поддерживает несколько вариантов интерфейса: Администратор, Владелец процесса, Пользователь (ответственный за регламентацию).

Функциональная структура включает базу данных с информацией по бизнес-процессам и разделена на модули:

- ввода данных бизнес-процесса,
- выполнения расчета показателей,
- формирования печатных форм,
- составления схем БП,
- администрирования учетных записей пользователей,
- конфигурирования шаблонов.

Литература:

1. В. Г. Елиферов «Бизнес-процессы: регламентация и управление»: учебник для программы MBA / В. Г. Елиферов, В. В. Репин - ИНФРА-М, 2023 г., 319 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИИ

Речкин М.М., Корниенко И.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: maxim41200@mail.ru, naiv_89@mail.ru

SOFTWARE PACKAGE FOR DEVELOPING INDIVIDUAL DEVELOPMENT PLANS FOR EMPLOYEES OF IT COMPANIES

Rechkin M.M., KornienkoI.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Развитие персонала в современных условиях становится ключевым элементом успешного функционирования организаций. Эффективное управление карьерой сотрудников требует наличия системы, способной объединять различные аспекты профессионального развития, включая управление компетенциями, стандартизацию профессий и формирование индивидуальных планов развития. Однако во многих случаях информация об этих аспектах остается фрагментированной и не объединяется в единую систему. Это приводит к сложностям в восприятии и интерпретации данных о развитии сотрудников [1].

Предлагаемая система управления развитием персонала включает несколько взаимосвязанных модулей, которые обеспечивают целостный подход к управлению развитием сотрудников. Ключевые компоненты функциональной структуры системы включают:

- Модуль управления пользователями - позволяет эффективно администрировать доступ к системе и настраивать профили пользователей.
- Модуль формирования профессиональных стандартов - обеспечивает создание и обновление профессиональных стандартов в соответствии с актуальными требованиями рынка труда.
- Модуль формирования образовательных программ - обеспечивает подбор и разработку образовательных мероприятий, соответствующих потребностям компетенций сотрудников.
- Модуль формирования индивидуальных планов развития (ИПР) - позволяет создавать персонализированные планы на основе оценки текущих навыков и целевых компетенций.
- Модуль управления планами развития - позволяет отслеживать выполнение ИПР и оценивать результаты, полученные в ходе обучения.

Интеграция данных модулей в единую систему позволяет обеспечить целостность данных и их взаимосвязь, что значительно упрощает процесс планирования и реализации мероприятий по развитию персонала. Модуль управления планами развития предоставляет информацию о состоянии выполнения планов развития и индивидуальном прогрессе каждого сотрудника, что способствует более информированным решениям со стороны руководства.

Научная новизна данной системы заключается в комплексном подходе к управлению развитием сотрудников, а также в возможности автоматизации процессов формирования ИПР и подбора образовательных программ, что значительно снижает затраты времени и ресурсов на управление развитием персонала [1].

Литература:

1. Краснов, С.В. Управление эффективностью работы высококвалифицированных специалистов [Электронный ресурс] / С.В. Краснов, Н.О. Куралесова, К.В. Садова // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2015. – №1 (23). – С. 31–36.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ, СПОСОБСТВУЮЩИХ РАЗВИТИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИЙ

Речкин М.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: maxim41200@mail.ru, naiv_89@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR FORMING AN OPTIMAL SET OF EDUCATIONAL PROGRAMS CONTRIBUTING TO THE DEVELOPMENT OF COMPETENCIES FOR EMPLOYEES OF IT COMPANIES

Rechkin M.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Персонализированный план профессионального развития позволяет направить обучение сотрудника на покрытие наиболее важных для компании компетенций.

Одним из эффективных методов реализации такого подхода является использование автоматизированных систем подбора образовательных программ. Данный процесс может базироваться на выявлении дефицитов в компетенциях и выборе соответствующих образовательных курсов, которые покрывают эти пробелы. Подходы к подобным системам разрабатываются в рамках теорий управления результативностью [1].

На входе системы используются два основных набора данных:

1. Перечень компетенций $C=\{c_1,c_2,\ldots,c_n\}$, которые необходимо улучшить сотруднику для выполнении плана развития.
2. Перечень образовательных программ $P=\{p_1,p_2,\ldots,p_m\}$, где для каждой программы p_j известен набор компетенций, которые она покрывает.

Алгоритм работы системы можно описать следующим образом:

1. Матрица покрытия: Создается бинарная матрица M, где M[i,j]=1, если программа p_j покрывает компетенцию c_i , и M[i,j]=0, если не покрывает.
2. Взвешивание компетенций: Каждая компетенция c_i имеет вес w_i, отражающий её значимость для компании.
3. Расчет покрытия программ: для каждой образовательной программы p_j рассчитывается степень её полезности в покрытии компетенций сотрудника. Формула для расчета:

$$S(p_j) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot M[i,j]$$

,

где w_i — вес компетенции c_i, а M[i,j]— элемент матрицы покрытия.

4. Приоритизация программ: Все программы ранжируются на основе рассчитанной оценки $S(p_j)$.

Предложенный алгоритм позволяет автоматизировать подбор образовательных программ для сотрудников, что способствует персонализированному подходу в обучении и максимальной эффективности развития компетенций. Такие системы могут значительно улучшить качество профессионального развития, что подчеркивается в ряде исследований по управлению результативностью [1].

Литература:

1. Армстронг, М. Система оценки результатов в действии / М. Армстронг, А. Бэрон; науч. ред. С. Турко; ред. М. Брандес; пер. с англ. С. Новицкой, Н. Кияченко. – Москва: Альпина Паблишер, 2014. – 248 с.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРУ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ЗАМЕРАМ

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 CALCULATION OF EMISSIONS OF GASEOUS PARTICLES IN ATMOSPHERE USING INSTRUMENTAL MEASUREMENTS

Rogov A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тезисы посвящены программному модулю, который разработан для расчёта выбросов газообразных частиц, определяемых по данным инструментальных замеров. Выбросы таких частиц могут оказывать негативные воздействия на окружающий воздух, приводя к ухудшению здоровья людей [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 помимо количества выбросов может рассчитывать такие промежуточные значения, как массовая концентрация загрязняющего вещества, объём сухих дымовых газов и расход топлива.

Программный модуль реализован на языке программирования C в среде разработки Microsoft Visual Studio и имеет интерфейс, показанный на рисунке.

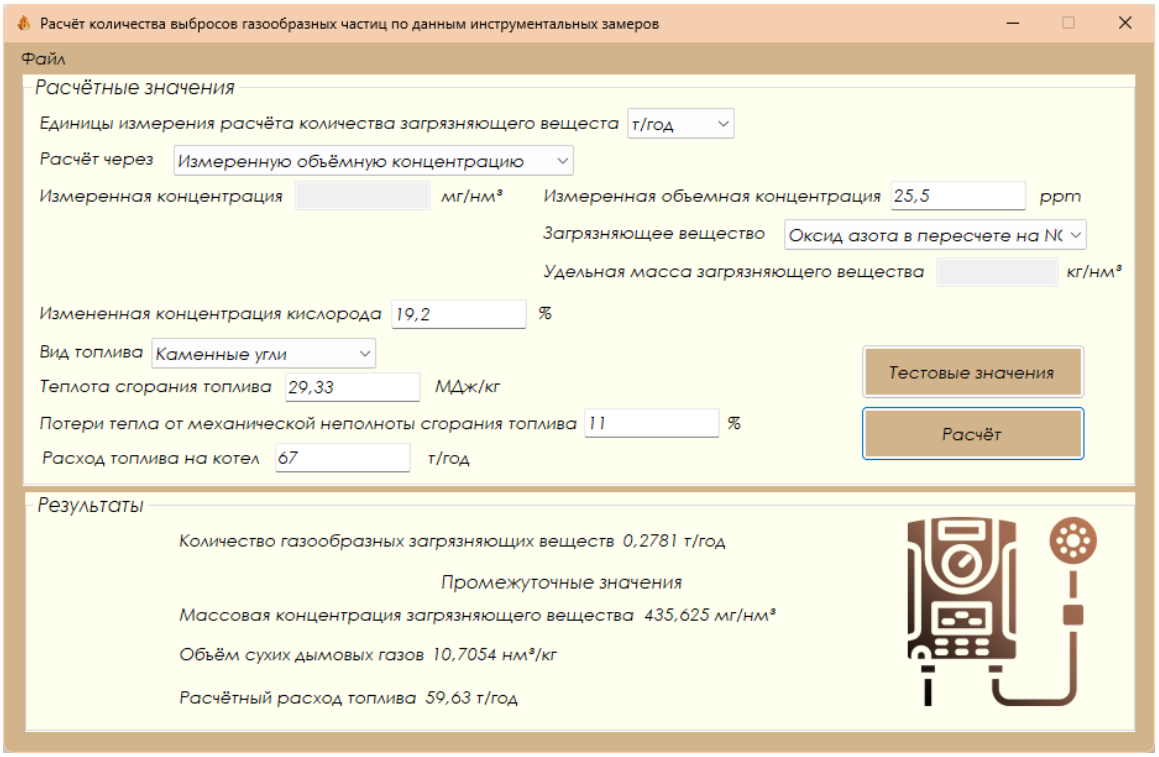


Рисунок – Пример интерфейса программы

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 валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. / Москва: АООТ «ВТИ», 1998.- 36 с.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫМИ ПЛАНАМИ И ЗАДАЧАМИ

Рогов А.Ю.

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

e-mail: alex.rogov.spb@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A WEB-APPLICATION FOR MANAGING BY PERSONAL PLANS AND TASKS

Rogov A.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В тезисах рассматривается разработка веб-приложения для эффективного управления персональными планами и задачами. Оно предоставляет пользователям возможность структурировать свои задачи, устанавливать приоритеты и сроки выполнения, а также отслеживать прогресс в режиме реального времени [1]. Доступ к веб-приложению обеспечивается с различных устройств и в любое время.

Интерфейс веб-страницы для планирования событий по дням, часам и категориям представлен на рисунке. Раздел планирования позволяет маркетологу структурировать свой день и распределить задачи по часам с учётом различных категорий. В процессе выполнения задач маркетолог может отмечать степень их выполнения и просматривать статистику выполненных задач.

При создании веб-приложения использовался Фреймворк Django [2], который предоставляет широкий набор инструментов для быстрой и удобной разработки, а также обладает высокой степенью защиты и надежности (рисунок). При создании базы данных использовалась СУБД MySQL.

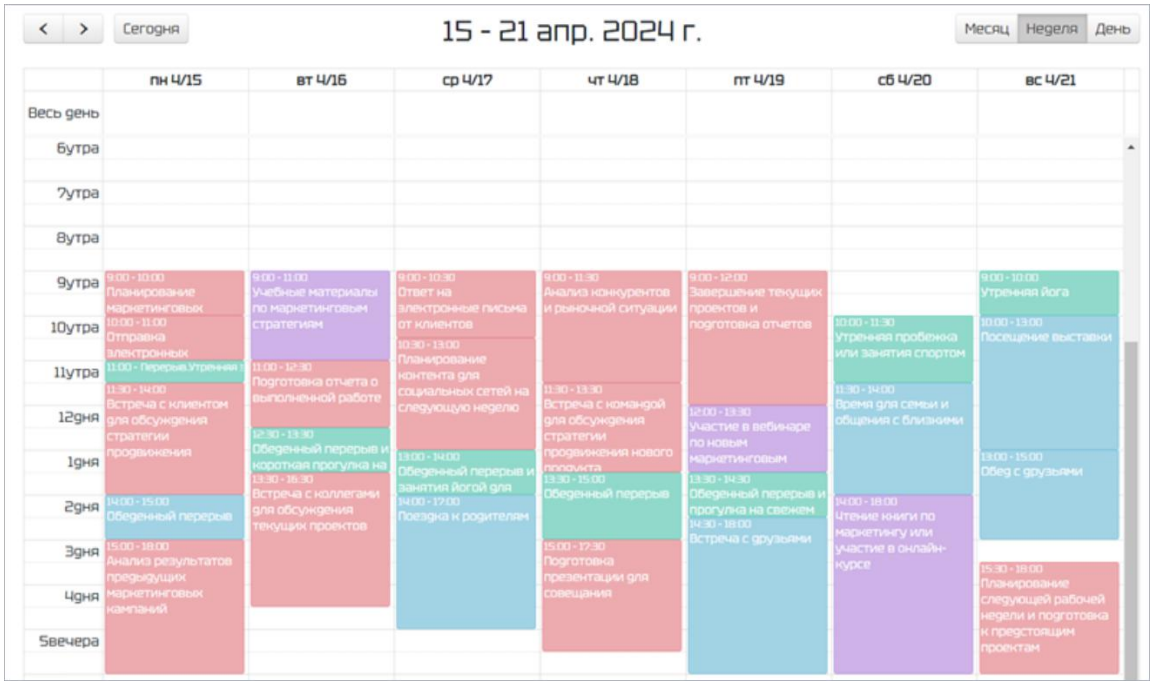


Рисунок – Пример интерфейса программы

Литература:

1. Архангельский Г.А. Время. Большая книга тайм-менеджмента / М.: АСТ, 2019.- 416 с.

2. Дронов В. А. Django 4. Практика создания веб-сайтов на Python / СПб.: БХВ, 2023.- 800 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ДЛЯ УЧЕТА И АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АЭРОПОРТА

Русин А.С., Макарук Р.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: shpion39rus@gmail.com

APPLICATION OF AN INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR ACCOUNTING AND ANALYSIS OF AIRPORT FACILITIES

Rusin A.S., Makaruk R.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Учет и обслуживание технических средств в крупных инфраструктурах, таких как аэропорты, требует применения автоматизированных технологий для повышения эффективности и снижения издержек. В условиях высокой нагрузки и необходимости постоянного контроля за состоянием оборудования традиционные методы учета и мониторинга становятся неэффективными и трудоемкими. Существующие на рынке системы фокусируются на статическом мониторинге оборудования [1]. Таким образом, становится актуальной задача разработки интеллектуальной подсистемы учета и анализа технических средств аэропорта.

Современные системы должны обладать возможностью не только статического мониторинга оборудования, но и обладать возможностью прогнозирования неисправностей и автоматизации управления заявками и расходными материалами. Разработанная интеллектуальная подсистема, основанная на нейронных сетях (НС), автоматизирует процессы анализа и учета технических средств. Ее интеллектуальность заключается в способности выявлять закономерности на основе исторических данных и предсказывать возможные поломки, что выгодно отличает ее от существующих решений. Например, анализ частоты ремонтов оборудования позволяет прогнозировать проблемы и оптимизировать графики технического обслуживания, что снижает простои и предотвращает сбои [2].

Разработанная система автоматически отслеживает расходные материалы, такие как картриджи и комплектующие, и предсказывает, когда потребуется их замена. Это позволяет автоматически генерировать заявки на закупку, поддерживая оптимальный уровень запасов и снижая затраты.

Тестирование системы на примере технического отдела аэропорта продемонстрировало её эффективность: удалось минимизировать простои оборудования на 25 % и значительно повысить точность прогнозов поломок по сравнению с существующими системами, основанными на регламентном обслуживании. Нейронные сети позволили идентифицировать уязвимые компоненты оборудования и автоматизировать распределение задач среди специалистов, что повысило эффективность обслуживания.

Таким образом, интеллектуальная подсистема учета и анализа технических средств аэропорта не только автоматизирует рутинные процессы, но и обеспечивает адаптивное управление на основе анализа данных. В дальнейшем планируется интеграция с различными устройствами и сервисами для повышения надежности и производительности инфраструктуры.

Литература:

1. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. — СПб.: Лань, 2016. — 323 с.

2. Гудфеллоу И., Бенжио Й., Курвилль А. Глубокое обучение. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 732 с.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ АДМИНИСТРАТОРА 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

STRUCTURE OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM OF THE ADMINISTRATOR OF A COMPUTING NETWORK OF A MEDICAL INSTITUTION

Savenkov O.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цифровизация оказала огромное влияние на большинство видов человеческой деятельности, и медицинская сфера не является исключением: в настоящее время практически все учреждения здравоохранения используют в своей работе медицинские информационные системы (МИС), а рабочее место персонала предусматривает обязательное наличие персонального компьютера, оснащенного необходимым аппаратным и программным обеспечением. Современные общественно-экономические реалии требуют качественно нового подхода к работе, предполагающего использование, прежде всего, отечественных программных продуктов, что напрямую закреплено в действующем законодательстве [1].

Переход на отечественные Unix-подобные операционные системы, как, например, Astra Linux и ALT Linux, требует наличия соответствующей квалификации системных администраторов, а присутствующие на рынке программные продукты для мониторинга цифровой инфраструктуры не учитывают особенностей медицинских учреждений и не являются ответственными. Таким образом, становится актуальной задача разработки системы поддержки принятия решений (СППР) администратора вычислительной сети [2].

Для разработки СППР необходимо сформировать его структуру. Проанализировав имеющиеся требования и отечественное программное обеспечение, была выбрана следующая структура: СППР функционирует под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition 1.7, релиз «Воронеж». В качестве языка программирования используется Python, интерпретатор которого входит по умолчанию в дистрибутив Astra Linux. В качестве интегрированной среды разработки выбрана PyCharm, имеющая открытый исходный код. Для хранения данных используется отечественная система управления базами данных (СУБД) Postgres Pro.

С учетом созданной структуры СППР был разработан программный комплекс, который позволяет на основе настраиваемой информационной модели осуществлять мониторинг вычислительной сети медицинского учреждения и выдавать рекомендации по устранению неисправностей в случае их возникновения. Данная разработка была протестирована в СПб ГБУЗ «Родильный дом № 6 им. проф. В.Ф. Снегирева», где в настоящее время осуществляется плановый переход на использование отечественных операционных систем и программных продуктов. Разработанная СППР позволила повысить эффективность работы администраторов вычислительной сети.

Литература:

1. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 30 марта 2022 г. № 166.

2. Система мониторинга сетевой информационной инфраструктуры медицинского учреждения / Ю. И. Синицын, Д. А. Кунавин // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2018. – № 17. – С. 45-51.

АРХИТЕКТУРА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦВЕТОМ ЭКСТРУДАТА В МНОГОАССОРТИМЕНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛЕНОК

Полосин А.Н., Седлецкий Г.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: polosin-1976@mail.ru

ARCHITECTURE OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR EXTRUDATE COLOR CONTROL IN MULTI-ASSORTMENT FILM PRODUCTION

Polosin A.N., Sedletskiy G.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наиболее критичными для потребителей и часто возникающими в производстве полимерных пленок (ПП) дефектами являются коричневые полосы и черные точки на ПП. Они связаны с термодеструкцией (ТД) полимера в экструдере, сопровождающейся изменением его цвета из-за образования двойных связей (CH=CH). Так, ПВХ начинает желтеть. При переходе на новый тип ПП оператор задает управляющие воздействия (УВ), оценивая цвет экструдата (ЦЭ). В условиях многоассортиментного производства (более 30 типов ПП) и частых перенастроек (до нескольких раз в смену) операторам не хватает знаний и опыта для принятия верных решений по управлению ЦЭ. В результате увеличиваются отходы производства, падает выход ПП. Опыт подготовки операторов показывает, что более эффективно обучение с применением VR-тренажеров (ВТр) [1]. Программные комплексы в области экструзии предназначены для моделирования и проектирования экструдеров (Ludovic), обработки и визуализации производственных данных (Digi.Master), изучения дефектов изделий (GETU). Поэтому актуально создание ВТр, отличающегося учетом аппаратной гибкости экструзии, формированием числовой оценки ЦЭ по степени ТД, вычисляемой по математической модели (ММ) экструзии, и позволяющего вырабатывать навыки управления ЦЭ при переходах на новые типы ПП.

ВТр позволяет решить следующую задачу обучения: для заданного сценария S_{TR} = = $\{T_F, M_{Ext}, C_{Ext}, C, G_0, \tau_{TR}\}$ варьированием УВ на экструдер марки M_{Ext} и конфигурации C_{Ext} в регламентных диапазонах $U \subset [U^{\min}; U^{\max}]$ найти (в течение времени τ_{TR}) значения УВ, обеспечивающие эталонный (для ПП типа T_F) ЦЭ $\Delta E \le \Delta E^{\max}$ при выполнении требования к производительности экструдера $G \ge G_0$. Здесь C – начальный ЦЭ, ΔE – отклонение текущих цветовых координат (ТЦК) экструдата L, a, b от координат цвета эталона L^*, a^*, b^*, $\Delta E^{\max}$ – предельное отклонение, зависящее от типа ПП T_F. ВТр включает модули построения сценариев (Сц) и протоколов обучения, библиотеку ММ экструзии в агрегатах различных типов, базу данных (БД) характеристик экструзии для настройки ВТр на различные Сц, базу правил сопоставления степени ТД и ЦЭ, модули расчета индекса ТД, цветовых координат, отклонения ЦЭ, интерактивную виртуальную модель пульта управления, интерфейсы инструктора и обучаемого (оператора). Для оценки ТЦК L, a, b реализован двухэтапный алгоритм: вычисление индекса ТД I_d [2], определение по его значению ТЦК в соответствии с продукционными правилами типа «ЕСЛИ $I_{d\,i}{}^{\min} \le I_d \le I_{d\,i}{}^{\max}$, ТО ЦЭ = «Цвет C_i» $\wedge$ $L = L_i$, $a = a_i$, $b = b_i$. Координаты цвета L^*, a^*, b^*, L_i, a_i, b_i, $i = 1, \ldots, m$ вычисляются в результате обработки фотоизображений эталонных и дефектных (с различной степенью ТД) образцов экструдата, загружаемых инструктором. Обучаемый, варьируя УВ U и анализируя тренд цветового отклонения экструдата $\Delta E = f(U)$, обеспечивает изменение ЦЭ от начального до эталонного. Тестирование ВТр по данным процесса получения ПВХ-пленок на исследовательской линии, оснащенной двухшнековым экструдером, подтвердило его работоспособность.

Литература:

1. Дозорцев В.М. // Автоматизация в промышленности. 2018. № 6. С. 42-50.

2. Чистякова Т.Б., Полосин А.Н. // Вестник ЮУрГУ. ММиПр. 2019. № 4. С. 5-28.

ИНСТРУМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ: ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ

Сенин Е.Л., Корниенко И.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, e-mail: picselmeister@gmail.com

TOOLS FOR AUTOMATING TESTING OF VIRTUAL SIMULATOR INTERFACES: SOFTWARE SUITE AND TRAINING METHODS

Senin E.L., Kornienko I.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработка программного комплекса для автоматизированного тестирования пользовательских интерфейсов VR-тренажеров является важным шагом в обеспечении высокого качества виртуальных систем, активно применяемых в обучении, медицине и промышленности. Виртуальные тренажеры требуют интуитивно понятного и функционального пользовательского интерфейса (UI), однако его тестирование может быть трудоемким и сложным процессом, особенно в условиях разнообразных сценариев использования. Автоматизация этого процесса позволяет существенно повысить эффективность и снизить количество ошибок. Научная новизна заключается в создании программного комплекса для автоматизированного тестирования UI VR-тренажеров, объединяющего уникальные методы анализа пользовательского опыта и функциональных ошибок. Впервые интегрированы инструменты тестирования и обучающие модули для повышения эффективности работы специалистов.

Основой разработанного программного комплекса является интеграция инструментов автоматизированного тестирования, которые позволяют моделировать взаимодействие пользователя с VR-системой и автоматически выявлять потенциальные проблемы с интерфейсом. Ключевым компонентом системы является модуль тестирования UI, включающий алгоритмы анализа пользовательского опыта и функциональных ошибок интерфейса, что позволяет проводить более точные проверки качества взаимодействия пользователя с тренажером [1].

Программный комплекс разработан с использованием современных технологий, таких как фреймворк Unity для моделирования VR-сред и библиотек для автоматизации тестирования, таких как Selenium и Appium, адаптированных для работы с виртуальной реальностью. База данных результатов тестирования интегрирована в систему управления базами данных MySQL, что обеспечивает надежное хранение и доступ к данным. Дополнительно в комплекс включены обучающие модули, которые помогают специалистам в области тестирования и разработчикам VR-тренажеров осваивать методики автоматизации и эффективно применять их в своей работе.

Таким образом, разработка программного комплекса для автоматизированного тестирования пользовательских интерфейсов VR-тренажеров представляет собой важный шаг в повышении качества виртуальных систем и их адаптации под требования современных пользователей.

Литература:

1. Асланов Р.Э., Большаков А.А. Использование симуляторов виртуальной реальности для подготовки операторов токарной и фрезерной обработок в подсистемах подготовки персонала АСУП. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2024. 265 с.

МИГРАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПЛК: ОСОБЕННОСТИ И СЛОЖНОСТИ

Ананченко И.В., Силантьев В.В.

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

e-mail: anantchenko@yandex.ru

SOFTWARE MIGRATION BETWEEN DIFFERENT TYPES OF PLCS: FEATURES AND COMPLEXITIES

Ananchenko I.V., Silantyev V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Перенос программы с одной модели программируемого логического контроллера (ПЛК) на другую может быть вызван рядом причин, например, стремлением использовать более дешевую модель ПЛК или более высокой надежностью нового устройства, на которое выполняется переход. Рассматривался процесс переноса программного обеспечения с «Агава» ПЛК-40 на ПЛК «СТАБУР» от компании «PSV Electric» в среде разработки CODESYS [1]. Для ПЛК «Агава» используется функция IntIoModulesList из «Agava SDK», позволяющая получить список установленных модулей и проверить их наличие путём сравнения элементов списка с числовыми значениями. В случае ПЛК «СТАБУР» используется добавление устройства «Modules Backet» в проект, указание определённых модулей в устройство и привязка их состояния к логическим переменным.

Код для ПЛК-40 «Агава»:

IntIoModulesList(list:=arrListModules);

IF arrListModules[1]=5 THEN… END_IF

Код для ПЛК «СТАБУР»:

IF NOT blSlot31Status THEN … END_IF // … – фрагмент, реализующий проверку наличия некоторого модуля.

При переводе программы «Вычислитель эффективности горения» [2] был выявлен ряд особенностей, которые надо учитывать при переносе программы с одной модели ПЛК на другую. Программное обеспечение «Вычислитель эффективности горения» предназначено для использования в области сжигания топлива, в частности для котельных установок, работающих на газообразном и/или жидком топливе, для оценки эффективности его горения [3]. Данное программное обеспечение первоначально было разработано для выполнения на ПЛК производства ООО «Конструкторское бюро АГАВА» серии 40 с целью контроля эффективности и качества промышленного сжигания топлива [4], затем появилась потребность перенести разработанную программу на ПЛК «СТАБУР».

Литература:

1. Ананченко, И. В. Перенос программного обеспечения с «Агава» ПЛК-40 на «PSV Electirc» ПЛК «СТАБУР» / И. В. Ананченко, В. В. Силантьев // World of science : Сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 сентября 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 32-36. – EDN MFHRNY

2. Программа «Вычислитель эффективности горения» вер. 1.0. http://doi.org/10.12731/ofernio.2022.25038 (дата обращения: 05.10.2024).

3. Программа «Вычислитель эффективности горения» РТО: http://ofernio.ru/rto_files_ofernio/25038.doc (дата обращения: 29.09.2024)

4. Контроль эффективности и качества промышленного сжигания топлива. Новиков О., Ананченко И., Минчев Н. Энергетическая политика. 2024. № 3 (194). С. 54-65.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ

Синило Д.А., Фоминых П.А., Захарова Н.В.

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

e-mail: sinilodanil.1@mail.ru

CONTROL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING THIN FILMS BY THE ALD METHOD

Sinilo D.A., Fominykh P.A., Zakharova N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Нанотехнологические процессы имеют большое значение при разработке новых функциональных материалов и покрытий, гетерогенных катализаторов, компонентов водородной энергетики, микро- и наноэлектронных устройств, а также в области газочувствительной техники при создании химических резистивных датчиков и других подобных изделий. Одной из активно развивающихся технологий в этой сфере является метод молекулярного наслаивания (МН), известный за рубежом как атомно-слоевое осаждение (АСО) или Atomic Layer Deposition (ALD) [1].

Автоматизация технологии МН позволяет добиться большей точности и стабильности процесса, что приводит к улучшению качества получаемых материалов и увеличению производительности. Современные языки программирования, такие как C++, Python, Java и специализированные библиотеки, а также инструменты для обработки данных и визуализации результатов предоставляют богатые возможности для создания эффективных и надежных систем управления технологическим процессом, позволяющие разрабатывать сложные алгоритмы контроля и регулирования параметров.

В рамках данной работы для автоматического управления процессами молекулярного наслаивания при синтезе двухкомпонентных титан-, ванадийоксидных покрытий на поверхности керамических элементов газовых сенсоров был разработан алгоритм, реализованный с помощью аппаратно-программного средства системы автоматики на языке C++ подобном и отраженным интерфейсом на языке C#.

Эта программа дает возможность управлять электромагнитными клапанами, которые поочередно открываются и закрываются, производя напуск в реактор паров низкомолекулярных реагентов $TiCl_4$, $VOCl_3$ и H_2O в нужной последовательности на определенное время и заданное количество раз. В коде программе также определяются переменные (время подачи реагентов и время откачки) с помощью функции unsigned long для каждого реагента, а также выбираются цифровые пины (входы) на плате. Далее для обмена данными применяется функция digitalWrite, а для напуска и откачки реагентов на установленное время используется функция delay. Все эти операции повторяются до тех пор, пока не будет достигнуто условие заданного количества циклов МН.

Таким образом, автоматизация технологии МН на современных языках программирования способствует повышению конкурентоспособности предприятий, снижению затрат и улучшению качества продукции, что делает ее неотъемлемой частью современного производства. Это позволяет ускорить внедрение инноваций и улучшить контроль над сложными технологическими процессами.

Литература:

1. Захарова Н.В., Кусов В.Е., Малыгин А.А. Синтез и свойства ванадийоксидных нанопокрытий на поверхности поликристаллического α-Al_2O_3 // Журн. прикл. химии.- 2023.- Т.96, № 5.- С.502-511.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНОВОГО КОАГУЛЯНТА

Скорлупкина П.Д.*, *Куркина В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: pskorlupkina@gmail.com

DEVELOPMENT OF EMERGENCY PROTECTION SYSTEM FOR RECTIFICATION PROCESS OF TITANIUM COAGULANT PRODUCTION

Skorlupkina P.D.*, *Kurkina V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процесс производства титанового коагулянта относится к этапам нефтепереработки и представляет собой пожаро- и взрывоопасный процесс. Опасность процессов ректификации определяется режимом работы ректификационной колонны (температура, давление) и пожаро- и взрывоопасными свойствами веществ, такими как концентрационные пределы воспламенения, энергия зажигания, температура горения и т.д. Пожар на ректификационной колонне может быстро принять крупные масштабы, т.к. в результате аварии возможен выход наружу большого количества горючей жидкости и ее паров. Пары горючей жидкости, выходящие наружу, могут привести к образованию взрывоопасных концентраций в объеме помещений или на территории открытых площадок. Распространению пожара способствуют системы производственной вентиляции и канализации.

Противоаварийная автоматическая защита (ПАЗ) – это комплекс автоматических устройств, предназначенных для ограничения развития и прекращения аварийных режимов в энергосистеме. Основной целью систем ПАЗ является предупреждение возникновения аварий при выходе параметров технологического процесса за пределы допустимых значений.

Колонна ректификации в производстве титанового коагулянта должна быть оснащена комплексом ПАЗ, который включает средства сигнализации и блокировки. В случае опасных отклонений значений параметров (в том числе перепада давления между нижней и верхней частями колонны или уровня жидкости в кубовой части колонны), определяющих взрывобезопасность процесса, сигнализация будет в установленном порядке уведомлять об этом. В таких случаях используются световые или звуковые средства сигнализации. При выходе отслеживаемых параметров за допустимые пределы срабатывает блокировка, то есть остановка процесса, например, прекращение подачи питания в колонну посредством полного закрытия клапана на линии подачи нефтяного экстракта в колонну или прекращение подачи рециркулирующего растворителя под верхнюю тарелку колонны подобным образом.

Для обеспечения нормальной работы опасного объекта производства титанового коагулянта было разработано алгоритмическое обеспечение системы защиты и блокировок процесса ректификации экстракта. Методически разработка включала следующие этапы:

-подробный анализ возможных нештатных ситуаций процесса и определение информационных параметров, определяющих эти нештатные ситуации;

-определение допусков срабатывания систем сигнализации или блокировочных действий для информационных параметров;

-алгоритмическое описание нештатных ситуаций и последовательности действий системы ПАЗ в секвенциальной форме;

-разработка логических схем для процесса ректификации;

-разработанное алгоритмическое обеспечение системы ПАЗ далее программируется, например, в контроллере на языке FBD - графическом языке программирования стандарта МЭК 61131-3.

ЭЖЕКТОРНЫЕ ПИТАТЕЛИ ДЛЯ ЗЕРНИСТЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Пешехонов А.А., Сомов А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: aphp@lti-gti.ru

GRANULAR BULK MATERIALS EJECTING FEEDERS

Peshekhonov A.A., Somov A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эжекторные (струйные) насосы получили широкое применение в различных отраслях промышленности (нефтегазовой, теплоэнергетической, строительных материалов и др.) для отбора и подачи жидкости, пара, газа и сыпучих веществ в технологические аппараты, в пневматическом транспорте для перемещения сыпучих материалов на небольшие расстояния, для удаления из производственных помещений воздуха, содержащего взрывоопасные или агрессивные пыли, пары и газы. Принцип действия насоса основан на эффекте эжекции, который исходя из закона Бернулли может быть описан так: чем выше скорость жидкости в трубопроводе, тем меньше в нём давление. При выходе воздуха (рабочей среды) из сопла с высокой скоростью, давление в смесительной камере падает, и в неё затягивается субстанция, расход которой является целевым параметром системы управления, например, сыпучее вещество. В смесительной камере образуется двухфазная смесь, которая через диффузор выносится в выпускной ствол или транспортный трубопровод.

Эжекторный питатель, безусловно, можно рассматривать как элемент серии многофункциональных пневматических преобразователей (МФПП) для сыпучих материалов [1], основным назначением которых является реализация функции исполнительного устройства (ИУ) АСР. Такой питатель герметичен, приводится в действие потоком сжатого воздуха и конструктивно представляет собой ёмкость, к которой подключены три трубопровода: воздуховод, материалопровод и выпускной ствол. В качестве управляющего воздействия можно рассматривать изменение расхода несущего воздуха дроссельным или объёмным методами.

Преимуществом эжекторных питателей является отсутствие в их конструкции подвижных элементов, вследствие чего они обладают высокой надёжностью и быстродействием, практически не выделяют тепло, требуют минимум затрат на установку и обслуживание. Вместе с тем, учитывая специфику работы ИУ АСР, есть вопросы к эффективности применения эжекторных питателей в этом качестве. Например, отмечается низкий уровень к.п.д. эжекторных насосов, небольшой диапазон изменения расхода выносимого материала, наличие существенных возмущающих факторов, влияющих на величину регулируемого расхода. Например, известно, что на производительность эжекторных насосов оказывает влияние количество (высота столба) материала в загрузочном материалопроводе и в расходном бункере. Эти и ряд других факторов требуют тщательного анализа их влияния на статические и динамические характеристики эжекторных питателей для уверенного и обоснованного их включения в контур АСР.

Литература:

1. Пешехонов А.А., Митрошин Д.Г., Чернуха М. Многофункциональные системы автоматической регламентации количества и расхода гранулированных материалов / сб. докладов Молодежной школы по проблемкам управления в технических системах им. А.А. Вавилова, 1.11.2019, Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019, - с. 51-53.

СИНТЕЗ КРОССПОЛЯРИЗАЦИОННО ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИМПЕДАНСНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ С РЕБРАМИ

Соппа М.С.

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

e-mail: soppa@ngs.ru

SYNTHESIS OF CROSSPOLARIZATION EQUIVALENT COATINGS ON IMPEDANCE SURFACES WITH RIBS

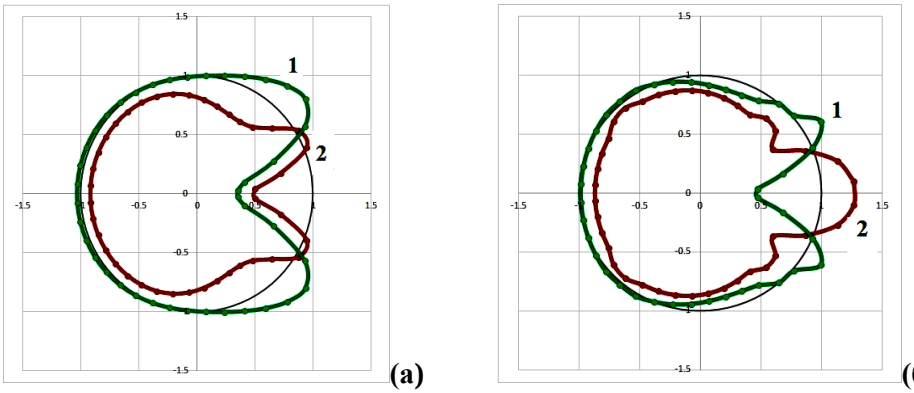
Soppa M.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Рассматривается обратная задача восстановления импедансного покрытия при заданных характеристиках электромагнитного рассеяния цилиндрического объекта. Математическая модель рассеяния плоской монохроматической волны включает в себя двумерное уравнение Гельмгольца, для замыкания используются результаты измерения электромагнитного поля в некотором наборе точек [1].

Используя функциональные соотношения подобия, получаем возможность построения решения, которое дает одинаковую диаграмму рассеяния как для *E*-, так и для *H*- поляризации. В данной работе проводится исследование задачи синтеза покрытия на цилиндрическом рассеивателе с ребрами. Его основой является требование конечности потока энергии электромагнитного поля, проходящего через любую охватывающую поверхность в окрестности ребра.

Проведены расчеты для обратной задачи дифракции электромагнитных волн на цилиндре с круговым поперечным сечением и на цилиндре с квадратным сечением (угол раствора эквивалентного клина на ребре 90 градусов). Поверхностное импедансное покрытие *W* синтезировалось в классе комплекснозначных функций. На рисунке представлены графики нормированных компонент: Re *W* и Im *W*.



(а) **(б)**

Рисунок – Распределение импеданса. (а) – цилиндр с круговым сечением; (б) – цилиндр с квадратным сечением. 1 – Re *W*; 2 – Im *W*.

Расчеты показали, что в случае дифракции на цилиндре с квадратным сечением графики компонент Re*W* и Im*W* имеют дополнительные неоднородности в окрестностях ребер поперечного сечения.

Литература:

1. Соппа М.С. Численное решение задач маскировки и эквивалентности рассеивателей с учетом смены поляризации зондирующего сигнала / М.С. Соппа // Доклады Академии наук высшей школы РФ. – 2019. – № 3 (44). – С. 7–17. DOI: 10.17212/1727-2769-2019-3-7-17.

НЕЧЁТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Трифонов Ю.Я.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: 231262@mso365.technolog.edu.ru

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR EVALUATING INDUSTRIAL COMPUTER NETWORKS

Trifonov I.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В процессе проектирования сложных систем всегда присутствует вероятность возникновения ошибки вследствие человеческого фактора, которую необходимо учитывать и стремиться минимизировать. Одним из механизмов снижения вероятности человеческой ошибки является подключение автоматизированной экспертной системы или системы поддержки принятия решений. В реализации математических моделей подобных систем часто присутствуют элементы «чёткой» математической логики, которых, зачастую, недостаточно для полноценного описания сложных объектов и процессов, происходящих в них. Таким образом, актуальной становится задача реализации экспертной системы на основе нечётких математических моделей.

Классическая «чёткая» логика базируется на связи «условия» с таким «заключением», для которого существует только два возможных значения: истина (1) и ложь (0). В свою очередь, продукционная модель нечёткой логики подразумевает возможность выполнения условия с определённой степенью уверенности, которая может принимать значения в диапазоне [0;1]. Заключение, продуцируемое из такого условия, может иметь относительную степень уверенности и формулируется в виде выходной лингвистической переменной (ЛП) [1]. В состав такой переменной, помимо однозначных значений «истина» и «ложь», входят такие вероятностные дополнения как «возможно», «иногда», «немного», «очень» и др.

Модель нечёткой логики была использована для построения экспертной системы для оценки характеристик промышленных вычислительных сетей. Модель представляет из себя набор входных ЛП, одну выходную ЛП и базу правил. Входные ЛП формируются из множеств значений параметров вычислительной сети, нечётких подмножеств данных множеств и семантических правил, которые связывают нечёткие подмножества с лингвистическими значениями. База правил была сформирована в диалоге с экспертом предметной области и представляет из себя набор правил вида «Если… То…» и их весов. Выходная ЛП получается в результате обобщенной нечёткой оценки входных ЛП на основе правил и представляется в виде составного лингвистического терма. Созданная нечёткая экспертная система используется для оказания поддержки инженеру при балансировке параметров сети и выборе её лучшей конфигурации.

Тестирование описанной нечёткой экспертной системы было проведено на примере построения топологии сети предприятия «Клёкнер Пентапласт Рус». Получаемые в процессе проектирования вычислительной сети результаты отражают свойства моделируемого объекта и могут быть использованы для оказания поддержки при принятии проектных решений инженером-проектировщиком.

Литература:

1. Ярцев, Алексей Геннадьевич. Математическое моделирование и исследование распределённых объектов на основе нечётко-окрестностных моделей с переменными коэффициентами и ограничениями на параметры: диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.18 / Ярцев Алексей Геннадьевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»]. – Липецк, 2020. – 146 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ НЕСТАБИЛЬНОГО ГИДРОГЕНЕЗАТА

***Трясцын А.Ю.*[1,2], *Ремизова О.А.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности,*
[2]*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*
e-mail: tryastsyn.andrej@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AN ADVANCED CONTROL SYSTEM FOR THE STABILIZATION PROCESS OF UNSTABLE HYDROGENESATE

***Triastsyn A.Yu.*[1,2], *Remizova O.A.*[1]**

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

В последнее время при разработке систем управления большое значение уделяют задачам ресурсосбережения. Для улучшения показателей качества переходного процесса зачастую используют субоптимальную систему управления на базе ПИД-регуляторов. Использование ПИД-регуляторов для управления нелинейными, многосвязными объектами с большим временем запаздывания может привести к нестабильным характеристикам управления, накоплению ошибок и, в конечном итоге, к снижению качества производимой продукции. Принципы автоматической настройки или самонастройки таких регуляторов не устраняют описанные недостатки.

В качестве решения данной задачи видится внедрение системы усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП). Данный подход требует внедрение в систему управления многопараметрического контроллера, основной функцией которого является расчёт оптимальных установок регуляторам [2].

В качестве примера рассмотрен процесс стабилизации гидрогенезата. Целью создания системы усовершенствованного управления для данного процесса является увеличение расхода выходного продукта из колонны стабилизации. Однако с экономической точки зрения не менее важным параметром является температура, с которой стабильный гидрогенезат возвращается в колонну от печи. Печь нагревает стабильный гидрогенезат с помощью топливного газа, а следовательно уменьшение температуры потока приведет к уменьшению расхода топливного газа, требуемого на нагрев и как следствие приведет к улучшению экономических показателей процесса. Важным условием является то, чтобы изменение температуры не повлияло на качество выходного сырья, а значит, оно должно лежать в пределах допустимых значений.

Для разработки СУУ ТП необходима статистическая модель системы. Предполагается для ее расчета использовать взвешенный метод наименьших квадратов. А в качестве основной стратегии при моделировании СУУ ТП использовать MPC стратегию управления.

Внедрение СУУ ТП в технологический процесс предположительно должно способствовать стабилизации и уменьшению числа нарушений технологического режима, снижению степени колебательности процессов регулирования, увеличение прибыли, снижение энергозатрат, увеличение выхода более ценных продуктов.

Литература:

1. Надеждин И.С., Горюнов А.Г., Маненти Ф. Системы управления нестационарным объектом на основе MPC-регулятора и ПИД-регулятора с нечеткой логикой // Управление большими системы: сборник трудов. - 2018. - №75. - С. 50-75.

2. Камкин О.Ю., Мусаев А.А., Ремизова О.А, Сыроквашин В.В., Фокин А.Л. Оперативное управление технологическим процессом по статистическим моделям// Известия СПбГТИ(ТУ) - 2013. - №19 (45). - С. 106-111.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЮ СТЕПЕНЬЮ УСАДКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Фомичева П.Ю., Разыграев А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: polinafom6@gmail.com

INFORMATION SUPPORT OF AN INTELLIGENT TRAINING SYSTEM FOR MANAGING THE DEGREE OF SHRINKAGE OF POLYMER FILMS

Fomicheva P.Y., Razygraev A.S.

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 интеллектуальной системы, предназначенной для обучения управлению степенью усадки полимерных пленок, является актуальной, так как позволяет сформировать у обучающихся необходимые умения и навыки.

Информационное обеспечение состоит из базы данных учетных записей пользователей, базы данных характеристик стадии вытяжки и охлаждения и требований к качеству полимерных пленок, базы правил выбора математической модели. Реляционная база данных содержит 20 связанных таблиц: стадия, математическая модель, значения коэффициентов математической модели, коэффициенты математической модели, единица измерения, сценарий обучения, протокол обучения, пользователь, пленка, значения параметров процесса, параметры процесса, полимер, значения параметров полимера, параметры полимера, конфигурация производственной линии, производственная линия, состав, оборудование, значения параметров оборудования, параметры оборудования. Для работы с базой данных используется система управления базами данных PostgreSQL.

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». Разработанное информационное обеспечение интеллектуальной системы является гибким и перенастраиваемым за счет возможности внесения в базы данных различных параметров материала, оборудования и технологических регламентов.

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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ НА ГРАФАХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОГНИТИВНЫХ КАРТ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Халимон В.И.*, *Проститенко О.В.

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

e-mail: vihalimon@gmail.com

USING OPERATIONS ON GRAPHS TO IMPLEMENT COGNITIVE MAPS OF STUDY OBJECTS

Khalimon V.I.*, *Prostitenko O.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Предметом системного анализа являются слабо структурированные проблемы. Методом, позволяющим не только структурировать факторы проблемной ситуации, но и моделировать ее развитие во времени (получать сценарии) под влиянием данных факторов, является *когнитивное моделирование.*

Когнитивный подход к исследованию слабоструктурированных ситуаций был предложен Ф. Робертсом из-за ограниченности применимости точных моделей для построения моделей таких систем и исследования ситуаций, возникающих при функционировании и развитии этих систем [1].

В качестве такой модели обычно используется так называемая «когнитивная карта» ситуации, которая представляет известные эксперту основные закономерности наблюдаемой ситуации в виде ориентированного знакового или взвешенного графа, в котором вершины графа – это ключевые элементы ситуации, а дуги между ними – причинно-следственные связи. В когнитивных картах представляет интерес, прежде всего, анализ контуров. Контур характеризует некоторый процесс и взаимодействие факторов. Контуры в когнитивной карте соответствуют контурам обратной связи. Контур, усиливающий отклонение, является контуром положительной обратной связи, а контур, противодействующий отклонению - контуром отрицательной обратной связи. Знак контура определяется произведением знаков входящих в него дуг. Это позволяет анализировать устойчивость процессов развития систем. Отрицательные контуры способствуют сохранению устойчивости, положительные - наоборот.

Когнитивный метод позволяет проанализировать рассматриваемое явление (систему, ситуацию) в двух аспектах: с точки зрения ее *структуры* (*статики*) и с точки зрения ее *динамики*. Кроме того, при исследовании сложных систем с помощью когнитивного моделирования используются такие графовые операции, как поиск путей в модели, достижимость вершин графа, анализ полустепеней вершин графа, представляющего когнитивную карту, что характеризует взаимовлияние ключевых объектов системы. При этом необходимо учитывать, что более эффективным является моделирование с использованием нечетких когнитивных карт, что серьёзно усложняет процесс моделирования систем в динамике Импульсное изменение весов вершин графа, реализующего когнитивную карту моделируемой системы, позволяет изучать поведение системы в динамике. Такой анализ может быть проведен в программной системе «GRAF TOOLBOX», которая ориентирована на изучение и анализ абстрактных графов и графовых моделей различного назначения [2].

Литература:

1. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным и биологическим задачам // М.: Наука, 1986. – 496 с.

2. Халимон В.И., Рогов А.Ю., Проститенко О.В. Программный комплекс «GRAF TOOLBOX» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ) / Рос. агентство по патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». Рег. №2002611910. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12 ноября 2002г.

ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Шабанов К.О.*, *Юленец Ю.П.

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

e-mail: kosh0311@mail.ru, yyp2807@mail.ru

BATCH REACTOR TRANSFER FUNCTIONS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS

Shabanov K.O.*, *Yulenets Yu.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Автоматическое управление объектами периодического действия заключается в реализации программы изменения во времени выходной величины объекта (программное регулирование). Динамика периодических реакторов с неподвижным слоем – объектов с распределенными параметрами – мало изучена.

В работе [1] на примере блочной полимеризации изопрена исследована динамика периодического химического реактора с распределенными параметрами. Передаточные функции объекта по каналу управления (температура верха слоя – температура хладоагента в рубашке реактора) и по каналу основного возмущения (температура верха слоя – начальная температура реакционной смеси) получены в виде:

$$W_1(p)=\frac{t_{\text{T}}}{t_{\text{R}}}=\frac{2}{\exp(\mu x_0)+\exp(-\mu x_0)}=\frac{1}{\operatorname{ch}(\mu x_0)}, \qquad 1)$$

$$W_2(p)=\frac{u_{\text{ср}}}{t_{\text{R}}}=\frac{b_{\text{t}}}{p-b_{\text{u}}}\cdot\frac{1}{\mu x_0}\cdot\frac{\exp(\mu x_0)-\exp(-\mu x_0)}{\exp(\mu x_0)+\exp(-\mu x_0)}, \qquad 2)$$

$$\mu_{1,2}=\mu(p)=\sqrt{\frac{1}{a}}\sqrt{p-a_{\text{t}}-a_{\text{u}}\frac{b_{\text{t}}}{p-b_{\text{u}}}}. \qquad 3)$$

В уравнениях (1) – (3): p – оператор Лапласа; a, a_{u}, a_{t}, b_{u}, b_{t} – коэффициенты; в изображении по Лапласу: t_{R} – температура хладоагента, t_{T} – температура верха слоя, $t_{\text{н}}$ – начальная температура реакционной смеси; x_0 – высота слоя в реакторе.

В результате аппроксимации вместо (1) получено табличное выражение

$$\overline{W}_1=\frac{C_1\exp(-\tau_0 p)}{p+C_2}, \qquad 4)$$

где τ_0 – время «чистого» запаздывания.

Применение к (3) обратного преобразования Лапласа приводит к решению

$$\Delta T_{\text{T}}=\begin{cases}0, \text{ если } \tau\le\tau_0,\\ C_1\Delta T_{\text{R}}\exp\left[C_2(\tau-\tau_0)\right], \text{ если } \tau>\tau_0.\end{cases} \qquad 5)$$

Здесь ΔT_{T} отклонение температуры верха слоя от программного режима; τ – время переходного процесса.

Литература:

1. Шабанов, К.О. Идентификация переменных параметров динамики химического реактора для блочной полимеризации изопрена / К.О. Шабанов, А.В. Марков, Ю.П. Юленец // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2024. №70(96), С. 85-90.

ОПТИМАЛЬНОЕ СИНТЕЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Шаляпина О.В.*, *Гизлер Н.Н.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра математики
e-mail: olgasha58@gmail.com

OPTIMAL SYNTHESIZED CONTROL DELAYED SYSTEMS

Shaliapina O.V.*, *Gizler N.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Математической моделью объекта, скорость которого зависит от состояния системы в прошлом на целом промежутке времени, является следующая система дифференциальных уравнений [1] вида:

$$\boldsymbol{x'(t) = A(t)x(t) + \int_0^{\tau(t)} B(t,y)x(t-y)dy + C(t)u(t) + \int_0^{\mu(t)} R(t,y)u(t-y)dy + f(t)} \qquad (1)$$

с начальными условиями

$$x_0(\cdot) = \{x(t) = \varphi(t), \quad t \in [-\tau(0); 0), \quad x(0) = x_0\}$$
$$u_0(\cdot) = \{u(t) = \psi(t), t \in [-\mu(0); 0]\}.$$

При выполнении условий [1]:

$$\begin{cases} det\ K(\bar{t}, T) \neq 0 \\ det\ L(T, 0) \neq 0 \\ rang\ D(\bar{t}, t-\gamma(t)) = n, \text{ при } t \in [\bar{t}, T] \end{cases}$$

где K($\bar{t}$, t), D($\bar{t}$, t), P(t,y) выражены через фундаментальную матрицу L(t,y) системы (1) и B(t,y), C(t), построено управление вида:

$$\boldsymbol{U = \begin{cases} M(t)\,x(t-\gamma(t)) + N(t), & t \geq \bar{t} \\ 0, & t < \bar{t} \end{cases}}$$

которое не только осуществляет транспортировку траекторий системы (1) из любой начальной точки $x(0)=x_0$ в точку $x(T)=0$, но и доставляет при этом наименьшее возможное значение функционалу [2].

$$\mathbf{J} = \int_0^T \boldsymbol{f_0(t,x,u)dt},$$

где $\boldsymbol{f_0(t,x,u)dt} = \mathbf{A_1^T}(t)x(t) + \mathbf{C_1^T}(t)u(t) + \mathbf{u^T}(t)u(t)$,

$A_1(t) = \{n \times 1\}$, $C_1(t) = \{r \times 1\}$ – вещественные непрерывные функции, заданные при $t \geq 0$.

Построенное управление может иметь приложении в оптимальном управлении производственных процессов, описываемых дифференциальными уравнениями с запаздыванием [3].

Литература:

1. Шаляпина О.В., Баскакова П.Е. Материалы научной конференции, посвящённой 193-й годовщине образования СПбГТИ(ТУ). СПб, 2021, с. 242

2. Зубов В.И. Лекции по теории управления. М. 1975. -496с.

3. Габасов Р.Ф., Кириллова Ф.М. Оптимизация линейных систем. Минск. 1973. -248с.

КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР: НОВАЯ ЭРА ВЫЧИСЛЕНИЙ

Шевцова А.А.

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

e-mail: shevtsovaalexandra666@gmail.com

QUANTUM COMPUTER: THE NEW ERA OF COMPUTING

Shevtsova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Квантовый компьютер – это вычислительное устройство, которое использует явления квантовой механики для передачи и обработки данных. В основе работы современных компьютеров лежит двоичная система счисления, а единицей информации является бит, принимающий значения 0 и 1. В квантовых компьютерах вместо привычных битов – кубиты, которые, в отличие от бита, могут находиться не только в состоянии 0 или 1, но и принимать любые значения между ними. Это позволяет работать с большими числами в виде показательной функции и значительно увеличить скорость обработки информации [1].

Полноценный универсальный квантовый компьютер является пока гипотетическим устройством, так как требуются глубокие понимания квантовой физики, инженерных навыков и инновационных решений, но такие машины уже разрабатываются многими компаниями и научно-исследовательскими институтами, в том числе и российскими. Как и у обычных компьютеров, область применения квантового компьютера может быть крайне широка и касается, в том числе информационной безопасности.

В условиях стремительного роста киберугроз защита конфиденциальности данных стала критически важной. Эффективность этой защиты напрямую зависит от применяемых методов шифрования. Современная криптография основана на ключах, представляющих собой длинные последовательности случайных символов. Генерация этих ключей – сложный математический процесс, который практически невозможно взломать с помощью существующих вычислительных машин. Однако, квантовые компьютеры, способные за счёт суперпозиции кубитов выполнять вычисления с невиданной скоростью, представляют угрозу для современной криптографии, делая уязвимыми современные алгоритмы шифрования. Иначе говоря, для защиты информации в эру квантовых компьютеров требуются новые алгоритмы шифрования. Квантовые коммуникации могут обеспечить высокий уровень защиты от перехвата и подделки данных, но также могут создать проблемы для контроля и регулирования информационных потоков. Несмотря на то, что квантовые компьютеры пока несовершенны, компания Quantinuum уже демонстрирует впечатляющие результаты, заявляя о многократном превосходстве скорости «квантовых» вычислений над классическими компьютерами.

Литература:

1. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В.А. Тупик – Санкт-Петербург: Лань, 2022. –464 с. – ISBN 978-5-8114-1318-8.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ТИПА «УМНЫЙ ДОМ» НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРА SAMKOON

Шишкин Р.Н.*, *Ремизова О.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности
e-mail: shishkin_r_n1@mail.ru

DESIGNING A LABORATORY INSTALLATION OF THE «SMART HOME» TYPE BASED ON THE SAMKOON CONTROLLER

Shishkin R.N.*, *Remizova O.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В обиход современного мира постепенно входит такое понятие как домашняя автоматизация. Домашняя автоматизация или умный дом — это система, которая объединяет различные устройства и технологии для автоматизации повседневных задач и повышения комфорта проживания. Она позволяет контролировать освещение, отопление, безопасность, мультимедиа и другие аспекты жизни в доме с помощью смартфона, планшета или голосовых команд. Системы умного дома могут включать в себя самые различные устройства – от бытовых приборов, которыми можно управлять со смартфона до систем климат-контроля, защиты от протечек и так далее. Главными достоинствами умного дома являются экономия энергоресурсов и повышенная безопасность, а также возможность управления различными устройствами и климатическими параметрами дистанционно. В основе управления умным домом, всегда лежит контроллер, в простых умных домах эту роль выполняет смартфон, а в сложных – домашний сервер или программируемый логический контроллер.

В нашей работе использован контроллер FAs-32MT-AC фирмы Samkoon. К преимуществам данного контроллера можно отнести высокую производительность, сравнительно низкую цену для такого класса устройств, наличие программного обеспечения SamSoar2022 для работы с данным контроллером. Для создания интерфейса управления умным домом используется сенсорный дисплей AK-50BE. В качестве программного обеспечения (ПО) для моделирования объекта с использованием искусственных интеллектуальных технологий используется Matlab. Данное ПО предоставляет инструменты для работы с матрицами и векторами, что делает его полезным для анализа данных и моделирования. В качестве языка программирования написания программ использован язык Instruction List – это низкоуровневый язык программирования с высокой скоростью выполнения команд, в котором каждая инструкция описывает действие, которое должно быть выполнено, например, перемещение данных, выполнение математических операций или управление потоком выполнения программы [1,2].

В работе будет разработана система управления основными климатическими параметрами, например: поддержание температуры и влажности в помещение; система освещенности; защита от протечек; сигнализация нарушений (например, о задымлении). Будет проведено моделирование системы. разработаны интерфейс для сенсорного экрана, с помощью которого можно будет управлять описанными ранее параметрами и программное обеспечение для реализации вышеописанных функций.

Общим итогом будут являться практикум для демонстрации и изучения обучающимися возможностями домашней автоматизации.

Литература:

1. Официальный сайт Samkoon [Электронный ресурс] // URL: https://www.samkoon.store/

2. Instruction Manual of Samkoon PLC [Электронный ресурс] // URL: https://www.samkoon.store/wp-content/uploads/2024/01/Samkoon-PLC-Manual.pdf

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Якомазов П.С.*, *Рудакова И.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

e-mail: yakomazov.pavel@yandex.ru

NEURAL NETWORK DIAGNOSTIC MODEL OF A CATALYTIC CRACKING RAW MATERIAL HYDROTREATING UNIT

Yakomazov P.S.*, *Rudakova I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Процессы переработки нефти, куда входит установка каталитического крекинга, характеризуются высокой тоннажностью, потенциальной опасностью с большим риском развития аварий техногенного характера. Поэтому при проектировании и модернизации их автоматизированных систем управления (АСУ) делается упор на своевременность и правильность принятия управленческих решений. В эпоху индустрии 3.0 на пунктах диспетчеризации собираются большие объемы оперативно обновляемых данных. Анализ их трендов возлагается на операторов. Как показывает статистика именно человек, как элемента системы, часто становится причиной несвоевременно выявления нештатных режимов и развития предаварийных ситуаций [1].

С целью повышения безотказности АСУ и надежности работы оперативного персонала внедряются системы мониторинга и диагностики комплекса технических средств АСУ и состояния технологического процесса. Достижению заданной глубины диагностики технических средств автоматизации способствует внедрение интеллектуальных измерительных преобразователей, интеллектуальных позиционеров. Для выявления развивающегося технологического нарушения формируются узкоспециализированные когнитивные диагностические модели.

Установка каталитического крекинга является одним из «узких» мест в цепи объектов установки гидроочистки. Формирование деревьев отказов и изучение способов внесения оперативных воздействий [2], обработка результатов HAZOP-анализа и экспертного опроса позволило выделить пять территориально обособленных объектов и формализовать знания по развитию нарушений. Учитывая нестабильность характеристик объекта для решения задачи обнаружения возникновения нарушения выбрана нейросетевая диагностическая модель. На уровне идентификации причины модель должна быть расширяемой с возможностью учета неопределенности значений порогов срабатывания. Первая реализация модели была на базе нечетких продукционных правил, однако схожесть списков определяющих отклонение параметров усложняло процедуру разрешения конфликтов, поэтому предлагается на нижнем уровня также использовать нечеткие нейросетевые модели, описывающие нарушения с близким набором диагностических показателей. Многоуровневая структура нейросетевой модели позволит при дополнении знаний заменять отдельные блоки в общей структуре, а рекуррентные модели дадут оперативные решения для ликвидации нештатных ситуаций с учетов статистического анализа данные.

Литература:

1. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. – Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, изд. 2 - Т.2. - 2018. – 484 с

2. Шуваева, В.Р. Безопасная эксплуатация и предотвращение аварий на установках каталитического крекинга / В.Р. Шуваева, В.Б. Барахнина // сборник трудов «Роль науки и высоких технологий в обеспечении социально-экономического развития государства», 2021 Белгород: ООО АПНИ, 2021. С. 15-18.

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Ящук М.О.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: heiio122472@mail.ru

REVIEW OF FUZZY INFERENCE ALGORITHMS FOR DESIGNING INDUSTRIAL COMPUTING NETWORKS

Yashchuk M.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Применение вычислительных сетей (ВС) важно для эффективного обмена информацией и обработки данных в современных информационных системах, что способствует оптимизации процессов на предприятиях и промышленных объектах.

Прежде чем приступить к разработке архитектуры программного комплекса, необходимо провести исследование существующих алгоритмов нечеткого вывода [1], на основе одного из которых будет спроектирован алгоритм для программного комплекса, предназначенного для проектирования промышленных вычислительных сетей.

Требования к выбору алгоритма нечеткого вывода включают способность обрабатывать слабо структурированные задачи с преимущественно качественными критериями оценки, поддержку иерархической структуры критериев и гибкость в отношении изменяющегося числа характеристик вычислительных сетей. Для применения программного комплекса на различных промышленных объектах необходимо обеспечить адаптивность нечёткой модели, включая возможность изменения состава и структуры критериев.

Алгоритм Мамдани использует нечёткие правила и множества для вывода, который затем дефаззифицируется для получения точного значения. Этот метод подходит для задач, где требуется интуитивно понятное представление правил и результатов.

Алгоритм Такаги-Сугено использует линейные функции для вывода, что делает его более подходящим для задач, требующих точных числовых результатов. Этот метод эффективен для задач оптимизации и управления, где требуется высокая точность.

Алгоритм Ларсена использует алгебраическое произведение для агрегации правил, что делает его более гибким в некоторых приложениях. Этот метод подходит для задач, где требуется гибкость и адаптивность в управлении неопределенностью.

Алгоритм Цукамото использует минимальное значение для агрегации правил, что делает его простым и быстрым в вычислениях. Этот метод подходит для задач, где требуется быстрая обработка данных и простота реализации.

Таким образом, выбор алгоритма нечеткого вывода для проектирования промышленных вычислительных сетей требует проведения подробного анализа, чтобы нечеткий метод соответствовал конкретной специфике промышленного объекта, для которого будет проектироваться сеть. Это включает в себя теоретический анализ, сравнительные исследования и оценку возможности практического применения в программном комплексе.

Литература:

1. Abaei G., Selamat A., Al Dallal J. // Journal of King Saud University Computer and Information Sciences. 2020. No. 32(6). P. 684–699.

СЕКЦИЯ 13.
ЦИФРОВОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ 3D-ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР С ГЕОМЕТРИЕЙ ТРИЖДЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ

Ахматнабиев М.Ф.

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

e-mail: marsel.akhmatnabiev@mail.ru

STUDYING OF THE DEPENDENCE OF DIELECTRIC PERMITTIVITY OF 3D-PRINTED STRUCTURES WITH TPMS GEOMETRY ON THE SPACE FILLING

Akhmatnabiev M.F.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В радиокомплексах различного назначения используются антенны, построенные на основе диэлектрических линз, в частности так называемых линз Люнеберга (ЛЛ). Классическая линза Люнеберга [1] представляет собой шар из диэлектрика, относительная диэлектрическая проницаемость (ε) которого изменяется по радиусу от 2,0 в центре до 1,0 на поверхности. Такая линза позволяет сформировать плоскую электромагнитную волну в направлении диаметра, проходящего через источник, расположенный на поверхности линзы. Традиционно линзы Люнеберга собираются из сферических слоев, различающихся диэлектрической проницаемостью.

Изготовление подобной линзы возможно различными методами, в частности, одним из самых перспективных методов является 3D-печать. 3D-дает возможность создавать объект сложной формы, например благодаря аддитивным технологиям в создании ЛЛ возможно использование градиентных ячеистых структур с трижды периодической поверхностью минимальной энергии (ТППМЭ). Применение таких структур позволит непрерывно менять диэлектрическую проницаемость вдоль радиуса сферы, максимально приближаясь к закону изменения коэффициента диэлектрической проницаемости в сферическом теле, выведенному Люнебергом благодаря возможности создания градиента свойств в таких структурах, а также получить хорошие физико-механические характеристики. При создании прототипа линзы Люнеберга описанным способом необходимо знать зависимость диэлектрической проницаемости от степени заполнения структур ТППМЭ для того, чтобы получить печатные слои с нужным ε для реализации необходимого преломления лучей в линзе.

Для исследования зависимости диэлектрической проницаемости от степени заполнения было выбрано 5 геометрий ТППМЭ, которые были смоделированы в программном обеспечении «MS Lattice», а затем напечатаны на 3D принтере. Образцы представляли собой параллелепипеды размером 23×10×10 мм. Отобранные ТППМЭ были напечатаны из ABS-пластика с различным содержанием TiO_2. При этом варьировалась степень заполнения пространства для получения различных значений ε.

В результате для печатных материалов получена зависимость между степенью заполнения структуры и диэлектрической проницаемости, что позволяет прогнозировать значения диэлектрической проницаемости слоев линзы Люнеберга с геометрией ТППМЭ, полученной методом 3D-печатью.

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

Литература:

1. Luneburg, R.K. The mathematical theory of optics / R.K. Luneburg. — Los Angeles: University of California Press, 1944. - 401 p.

ИЗУЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ГИБСОНА-ЭШБИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР

Ахматнабиев М.Ф.

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

e-mail: marsel.akhmatnabiev@mail.ru

STUDY OF THE FULFILMENT OF THE GIBSON-ASHBY EQUATION AT DIFFERENT RELATIVE DENSITY OF CELLULAR STRUCTURES

Akhmatnabiev M.F.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Механическое поведение ячеистых материалов при квазистатических нагрузках зависит от следующих факторов: от свойств исходного материала, геометрии ячейки и степени заполнения пространства. В работах Гибсона и Эшби на основе большого количества эмпирических данных [1] показано, что механические свойства ячеистых материалов подчиняются уравнению:

$$M = C \cdot (\frac{p}{p_s})^n,$$

где M – нормированное механическое свойство (например, относительный модуль упругости E/E_s), p – плотность ячеистого материала, p_s – плотность полнотелого материала; C (геометрический параметр) и n (степенной коэффициент) зависят от приложенной нагрузки, морфологии, граничных условий и производственных дефектов

На основании работы Гибсона и Эшби известно, что представленное уравнение адекватно описывает поведение ячеистых материалов при степени заполнения (обратная величина пористости) (φ) < 60 %. Однако, поведение ячеистых материалов, а в особенности ячеистых материалов с геометрией трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) при высоких степенях заполнениях изучено недостаточно.

В ходе данного исследования было изучено выполнение уравнения Гибсона-Эшби образцов с геометриями ТППМЭ «Primitive», «Gyroid» и «Diamond», изготовленных из полилактида (PLA) при 15 % < φ < 100 %. На основании полученных результатов были построены зависимости для относительного модуля упругости (E/E_s) и относительной прочности (σ/σ_s) от относительной плотности (p/p_s). Из экспериментальных данных следует, что все структуры адекватно описываются уравнением Гибсона-Эшби (таблица).

Таблица – Коэффициенты уравнения Гибсона-Эшби для различных геометрий ТППМЭ

№	Геометрия ТППМЭ	Коэффициенты уравнения для E/E_s	Коэффициенты уравнения для σ/σ_s
1	Primitive	C= 1,26; n= 1,82	C= 0,95; n= 2,10
2	Gyroid	C= 1,00 ; n=1,35	C= 0,85; n= 1,78
3	Diamond	C= 1,10; n=1,39	C= 0,85; n =1,75

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

Литература:

1. Gibson, L.J., Ashby. M.F. The Mechanics of Three-Dimensional Cellular Materials. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, V. 382, № 1782, The Royal Society, 1982, P. 43–59.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ МАКРОПОРИСТЫХ СТРУКТУР С ГЕОМЕТРИЕЙ «НЕОВИУС»

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

[1]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

e-mail: yilittit@gmail.com

STUDYING THE INFLUENCE OF LOADING RATE ON THE STRENGTH OF MACROPOROUS STRUCTURES WITH «NEOVIUS» GEOMETRY

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

[1]*Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute» Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,*

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

Известно, что основные физико-механические характеристики полимерных материалов зависят от скорости нагружения, но свойства ячеистых полимерных материалов при различной скорости нагружения изучены крайне мало. Поэтому важно разрабатывать новые методы и подходы для прогнозирования физико-механических свойств ячеистых материалов и изделий. Широкое распространение такие материалы получили для изготовления энергопоглотителей механической энергии, защищающие от воздействия удара и взрывов. В данной работе для исследования влияния скорости нагружения на механические характеристики ячеистых материалов были спроектированы и изготовлены образцы с геометрией трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) «Неовиус». Все образцы имели форму куба со стороной 30 мм, печать проводилась на принтере Artillery Sidewinder X1 из PLA пластика производства компании «SEM». Затем образцы испытывались на сжатие согласно ГОСТ 4651 2014 [1], для исследования был выбран следующий ряд рекомендованных скоростей 1,2,5,10,20 мм/мин. По результатам проведеннных испытаний построены деформационные кривые (рисунок а).

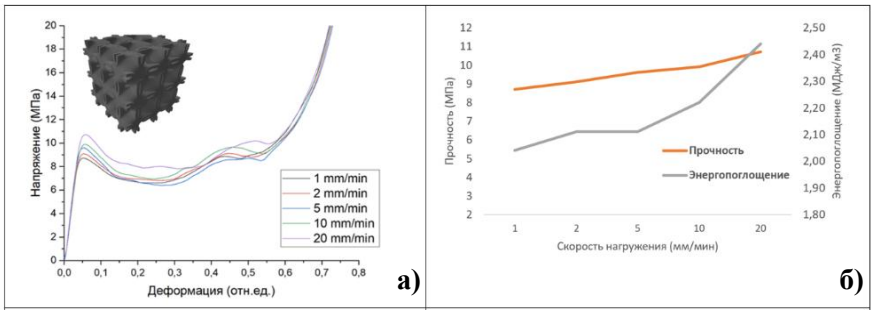


Рисунок: а) деформационные кривые в зависимости от скорости испытания, б) Зависимость прочности и энергопоглощения A_{30} от скорости сжатия

По результатам испытаний определена прочность и удельное энергопоглощение A_{30} при 30 % деформации ячеистых материалов с геометрией ТППМЭ («Неовиус») в зависимости от скорости нагружения (рисунок б). Результаты показали, что прочность и энергопоглощение структуры увеличивается с увеличением скорости деформации (Рис.1б), максимально достигнутое энергопоглощение составило 2,44 МДж/м^3, а прочность - 10,7 МПа.

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

Литература:

1. Гост 4651-2014 Пластмассы. Методы испытания на сжатие

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МАЛОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА В ОТНОШЕНИИ МОДЕЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Богачёва Е.А.

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

e-mail: elizabethclifford.410@yandex.ru

SORPTION PROPERTIES OF MAGNETICALLY SENSITIVE COMPOSITE BASED ON FEW-LAYER GRAPHENE WITH RESPECT TO MODEL DYES

Bogacheva E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Графеновые производные проявляют отличные адсорбционные свойства в отношении органических красителей, выбрасываемых предприятиями в сточные воды. В связи с проблемой сепарации частиц графена из раствора адсорбата, многие исследователи задались вопросом разделения частиц адсорбента из раствора загрязнителя с целью улучшения эффективности процесса адсорбции и очистки воды [1-2]. В данной работе представлен простой подход к синтезу магнитного композита на основе железа и малослойного графена, полученного в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза из целлюлозы [3].

Целью данной работы является модифицирование поверхности малослойного графена магнитными частицами методом химической конденсации Элмора.

Получение образца проводилось в водной среде с помощью верхнеприводной мешалки ULAB, при температуре 70 °C сначала растворили 2 г. хлорида железа (III) 6-водного, затем при интенсивном перемешивании добавили 1 г. сульфата железа (II) 7-водного и 1 г. малослойного графена. Образование магнитного композита осуществлялось в среде аммиака (5 мл.), где катионы металла (оболочка) электростатически взаимодействуют с малослойным графеном (ядро), агломерируя частицы.

Адсорбционная емкость магнитного композита по отношению к органическому красителю (метиленовый синий, индигокармин и др.) оценивалась в зависимости от трех условий: массы адсорбента, времени и температуры сорбции. Равновесную, в результате адсорбции, концентрацию раствора красителя определяли по оптической плотности при максимальной длине волны поглощения с помощью спектрофотометра УФ-1800 ECOVIEW.

В результате эксперимента была разработана оптимальная методика получения магнитного композита состава малослойный графен-Fe_3O_4 (1:1), преимуществом которой является возможность быстрого удаления из раствора вместе с сорбируемыми веществами под действием магнитного поля. ИК спектроскопия показала наличие на поверхности магнитного композита колебаний Fe-O в структуре Fe_3O_4, что подтверждает отсутствие механической смеси.

Работа поддержана грантом РНФ №24-49-10014.

Литература:

1.Брусенцов Н. А., Сергеев А. В. // Хим.-фарм. журн., 2000, Т. 34, № 4, С. 38 – 44.

2. Padmanabhan R., Corsico C., Yolter W., Howard T., Howard B. // J. Immunogenet., 1989, V.16, № 2, P. 91 – 102.

3. Voznyakovskii, A. New Way of Synthesis of Few-Layer Graphene Nanosheets by the Self Propagating High-Temperature Synthesis Method from Biopolymers/ Voznyakovskii A., Vozniakovskii A., Kidalov S.- DOI 10.3390/nano12040657 // Nanomaterials. – 2022. – Vol. 12, No 4. – P. 657-672.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА НА СВОЙСТВА КАРБИДОСТАЛЕЙ

Богданов С.П.[1], 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: BogdanovSP@mail.ru

EFFECT OF TUNGSTEN CARBIDE CONTENT ON THE PROPERTIES OF CARBIDE STEEL

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

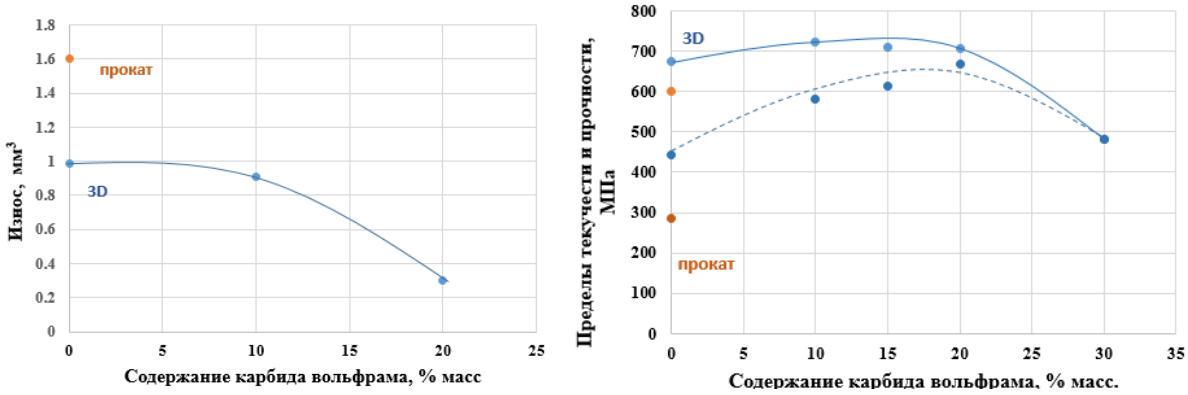
[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

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

Изучены свойства сплавов, получаемых методом SLM, из порошка стали 12Х18Н10Т с добавками карбида вольфрама. Порошок карбида вольфрама (размером 10 мкм) был предварительно плакирован никелем методом газового транспорта [1], при температуре 800 °С и представлял собой материал типа «ядро-оболочка». Содержание никеля в материале 10 %.

Образцы печатали на 3D-принтере марки EOSint M270. Использовали смеси стали с 10, 20 и 30 % масс. порошка WC/10Ni.

У изготовленных образцов изучали структуру, твердость, плотность, предел текучести, предел прочности и износостойкость.



а **б**

Рисунок – Зависимость износа образцов (а), пределов прочности и текучести (б) от содержания WC/10Ni в шихте

Максимальная прочность достигается в диапазоне 10-20 % WC, а максимальная твердость и износостойкость при 20 % WC. Для образца из проката стали 12Х18Н10Т твёрдость HV_{30} = 140, а для 3D-12Х18Н10Т-20(WC/10Ni) HV_{30} = 441. Таким образом, сплав с 20 % карбида вольфрама является оптимальным по совокупности механических свойств и технологических возможностей печати (см. рисунок).

Сплав 3D-12Х18Н10Т-20(WC/10Ni) приобретает в два раза большую твёрдость и в три раза большую износостойкость по сравнению с 3D-12Х18Н10Т. Износостойкость по сравнению с прокатом увеличивается в 5,3 раза.

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.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ЦИАНЭТИЛОВОГО ЭФИРА ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ТИТАНАТА БАРИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОТРУБКАМИ И МАГНИТНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Боридько Л.Ш.*, *Мякин С.В.*, *Гуань С.*, *Чекуряев А.Г.

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

e-mail: svmjakin@technolog.edu.ru

DIELECTRIC COMPOSITES ON THE BASIS OF CYANOETHYL ESTER OF POLYVINYL ALCOHOL AND BARIUM TITANATE MODIFIED WITH NANOTUBES AND MAGNETIC NANOPARTICLES

Boridko L.Sh.*, *Mjakin S.V.*, *Guanxingyu*, *Chekuryaev A.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Разработка композитов на полимерной основе, обладающих высокой диэлектрической проницаемостью (ε) в сочетании с низкими диэлектрическими потерями, является важной задачей для современной электроники, в частности для изготовления защитных диэлектрических слоев в составе устройств гибкой и «носимой» электроники, устройств накопления и хранения энергии, в частности конденсаторов большой мощности. Перспективными материалами данного класса являются композиты на полимерной основе с сегнетоэлектрическими наполнителями, в частности содержащие цианэтиловый эфир поливинилового спирта (ЦЭПС) в качестве матрицы и титанат бария ($BaTiO_3$) в качестве наполнителя, обладающие одними из наиболее высоких значений ε соответственно среди полимеров и неорганических материалов. Вместе с тем диэлектрические свойства рассматриваемых композитов определяются не только их химическим составом, но и характером взаимного расположения компонентов. Для повышения диэлектрической проницаемости композитов необходимо обеспечить равномерное распределение частиц наполнителя в матрице, чему способствует усиление взаимодействия между ней и наполнителем. В данной работе было изучено влияние модифицирования субмикронных частиц $BaTiO_3$ осаждением различных видов нанотрубок (углеродных одностенных и многостенных, а также состоящих из полититаната калия $K_2Ti_6O_{13}$), а также магнитных наночастиц (магнетита Fe_3O_4 в сочетании с монтмориллонитом) на характеристики композитов, получаемых при его введении в состав ЦЭПС. Установлено, что введение всех используемых видов нанотрубок в относительно небольших количествах (до 0,1 об.%) приводит к росту диэлектрической проницаемости композитов за счет образования системы связей между нанотрубками, титанатом бария и полимерным связующим, приводящей к повышения структурной однородности материала. При введении углеродных нанотрубок в более высоких количествах происходит перколяция с резким ростом электропроводности за счет образования каналов проводимости в виде сетчатых структур, образуемых соприкасающимися нанотрубками, в то время как при введении непроводящих нанотрубок перколяции не наблюдается.

Показано, что диэлектрическая проницаемость композитов возрастает с увеличением фрактальной размерности и уменьшением лакунарности, что подтверждает повышение однородности распределения наполнителя в матрице.

Введение магнетита в сочетании с воздействием магнитного поля при сушке композитов также приводит к значительному (до 40-50 %) росту диэлектрической проницаемости композитов за счет ориентации частиц наполнителя с формированием упорядоченной структуры материала.

Расчет фрактальных характеристики микроструктуры композитов выполнен при поддержке Российского научного фонда, грант № 21-73-30019.

ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЕ КРИСТАЛЛОМОРФНЫМИ СТРУКТУРАМИ

***Грауле И.А.*[1,2], *Сысоев Е.И.*[1,2,3]**

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

e-mail: iagraule@stud.etu.ru

SOUND ABSORPTION BY CRYSTALLOMORPHIC STRUCTURES

***Graule I.A.*[1,2], *Sysoev E.I.*[1,2]**

[1]*Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»,*

[2]*Branch SRC «Kurchatov Institute» - PINP - Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov,*

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

Акустические метаматериалы всё чаще рассматриваются как перспективная технология для звукоизоляции. Кристалломорфные структуры представляют собой потенциально революционную архитектуру для акустических метаматериалов. В данной работе по результатам анализа было отобрано 9 различных кристаллических структур для генерации изоповерхностей и последующего моделирования пористого звукопоглощающего материала. Для изучения влияния геометрии на коэффициенты звукопоглощения и потерь при передаче из базы данных COD были выбраны три структуры разной кубической симметрии, из базы данных IZA были выбраны три структуры, имеющие крупную воздушную пору с множеством мелких каналов, из базы данных Tobacco были выбраны три структуры, подобные балочным конструкциям.

Для проведения численного исследования был выбран гибридный подход с использованием модели Джонсона-Шампу-Алларда-Лафаржа-Прайда (JCALP). Для предсказания характеристического импеданса и комплексного волнового числа периодической элементарной ячейки пористой среды используются восемь параметров модели JCALP. Эти параметры управляют рассеиванием звуковой энергии в пористой среде на низких и высоких частотах, включая вязкую и тепловую энергию.

В ходе исследования были изучены влияния параметров *isosurface level*, размера элементарной ячейки, толщины акустического материала на акустические параметры и исследуемые коэффициенты, а также изучена акустическая изотропия.

По результатам исследования были сгенерированы изоэлектронные поверхности с разными значениями *isosurface level,* по полученным зависимостям исследуемых коэффициентов от размера элементарной ячейки и толщины акустического слоя были определены оптимальные размеры, при которых геометрия структуры вносит значительный вклад в акустическое поведение. Были также изучены механические свойства исследуемых образцов, а именно вычислены компоненты матрицы жесткости, необходимых для анализа упруго-анизотропного поведения материала.

В результате проделанной работы были разработаны новые ячеистые материалы, обладающие высокими акустическими и механическими характеристиками.

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

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРУНДОВЫХ ПАСТ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ОКСИДОМ АЛЮМИНИЯ

***Жученко А.С.*[1], *Солдатов А.А.*[1,2]**

[1]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

MANUFACTURE OF CORUNDUM PASTES FOR 3D PRINTING FROM ALUMINUM OXIDE

***Zuchenko A.S.*[1], *Soldatov A.A.*[1,2]**

[1]*Branch SRC «Kurchatov Institute» - PINP - Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov,*

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

Технологии трёхмерной печати активно развиваются, открывая новые возможности. Одно из перспективных направлений — использование керамики на основе оксида алюминия, обладающего высокой прочностью, термостойкостью и биосовместимостью. Аддитивные технологии позволяют создавать точные изделия со сложной геометрией, недоступные традиционным методам.

Для создания корундовых паст использовался основной компонент - мелкодисперсный порошок Al_2O_3 ГРТ, связка - восково-парафиновая смесь (ВПС) и олеиновая кислота в качестве поверхностно активного вещества.

Экспериментальные исследования показали, что минимальное содержание ВПС должно составлять 13 масс.%, так как более низкие концентрации приводят к высокой вязкости пасты. Допустимым диапазоном значений вязкости является 2,2-3,5 Па/с. Максимальное допустимое значение ВПС для печати по технологии EDM составляет 17 масс.%, поскольку при превышении этого значения возникают дефекты в образце, а так же дефекты при их постобработке.

Процесс изготовления пасты включал в себя гранулирование порошка ГРТ с помощью сита с ячейкой 200 мкм, сушка - для удаления влаги, с последующим смешиванием всех компонентов.

Для определения оптимального количества ВПС (13/15/17 масс.%) были исследованы реологические характеристики шликеров и механические свойства конечных изделий, результаты приведены в таблице.

Таблица – Реологические характеристики паст и механические свойства конечных изделий

№	доля в составе, масс.%		$\rho_к$, г/см^3	$П_{общ}$, %	$П_{откр}$, %	$V_{пр}$, м/с	E, ГПа	Твёрдость, HRC	Вязкость, Па/с	Предел прочности при изгибе, Н/мм^2
	Al_2O_3	ВПС								
1	87	13	3,55	11,06	1,62	8000	230	45	6,9	34,1
2	85	15	3,39	14,87	5,32	7500	195	21	3,1	26,7
3	83	17	3,29	17,53	8,61	7500	190	16	2,6	16,86

В результате, наиболее оптимальным по высоким механических свойств и реологическим характеристикам является образец с содержанием 15 масс.% ВПС в составе.

Исследование выполнено в рамках государственного задания 1023033000085-7-1.4.3.

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $xAg_2Se – (1-x)(0,27Sb_2Se_3-0,73GeSe_2)$

Томаев В.В., Зайцева С.А.

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

e-mail: tvaza@mail.ru

IONIC CONDUCTIVITY OF CHALCOGENIDE GLASSES OF THE SYSTEM $xAg_2Se – (1-x)(0,27Sb_2Se_3-0,73GeSe_2)$

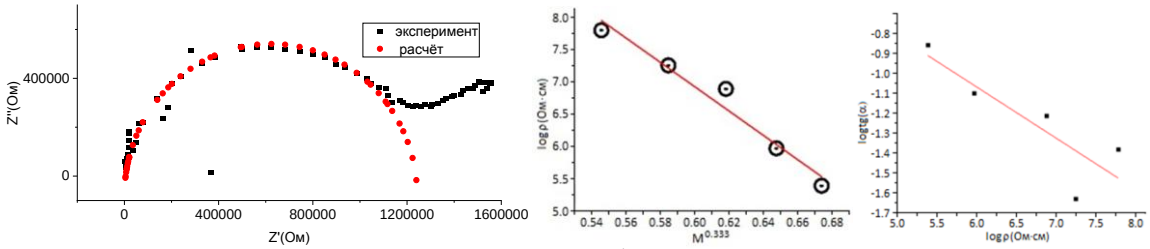
Tomaev V.V., Zaitseva S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology,

Халькогенидные стекла с высоким содержанием серебра демонстрируют не только повышенную пластичность по сравнению с остальными халькогенидными стеклами, но и обладают значительной ионной проводимостью по ионам серебра [1].

В данной работе исследовался механизм ионной проводимости в халькогенидных стеклах в зависимости от концентрации селенида серебра в стеклах системы $xAg_2Se – (1-x)(0,27Sb_2Se_3-0,73GeSe_2)$.

По результатам импедансной спектроскопии получены графики, представленные на рисунке.



а **б** **в**

Рисунок – Зависимости: мнимой части Z” импеданса от реальной Z’ (а); удельного сопротивления от содержания Ag_2Se в стекле (x) (б); логарифма tga, от логарифма удельного сопротивления (в)

Полученные зависимости имеют вид, характерный для твердого электролита, а рассчитанные экспериментальные значения удельного активного сопротивления можно отнести к ионной проводимости. При экстраполяции найденной зависимости к концентрации серебра, соответствующей составу Ag_2Se (б), было получено значение удельного сопротивления 54 Ом·см, которое является разумным для гипотетического стекла. При рассмотрении зависимости логарифма tga, от логарифма удельного сопротивления подтверждается, что рост удельного сопротивления стекол сопровождается снижением роли флуктуационного разброса характеристических времен годографов.

Работа поддержана РНФ, грант № 24-23-00140.

Литература:

1. Y.S. Tveryanovich, T.R. Fazletdinov, A.S. Tverjanovich, D.V. Pankin, E.V. Smirnov, O.V. Tolochko, M.S. Panov, M.F. Churbanov, I.V. Skripachev, M.M. Shevelko. Increasing the Plasticity of Chalcogenide Glasses in the System $Ag_2Se–Sb_2Se_3–GeSe_2$ // *Chem. Mater.* 2022, 34, 6, 2743–2751. https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.1c04312

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ТРИЖДЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Иванченко Н.Н. [1,2], ***Грауле И.А.*** [1,2]

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

e-mail: nnivanchenko@stud.etu.ru

STUDY OF ISOTROPY OF MECHANICAL PROPERTIES OF STRUCTURES BASED ON TPMS

Ivanchenko N.N. [1,2], ***Graule I.A.*** [1,2]

[1]*Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»,*

[2]*Branch SRC «Kurchatov Institute»-PINP-Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov,*

Во многих инженерных приложениях необходимо учитывать анизотропию конструкции и определять её наиболее уязвимые и прочные стороны. Это особенно важно в задачах, связанных с поглощением энергии и нагрузками: функционирование анизотропного материала может сильно различаться во всех ориентациях. Например, двумерные сотовые материалы имеют лишь одно прочное направление. С другой стороны, структуры на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) обладают трехмерной трансляционной симметрией, что должно положительно влиять на изотропность механических характеристик.

Для изучения изотропии механических свойств в работе проводились испытания на сжатие образцов (ГОСТ 4651-2014) с геометрией Gyroid и Diamond с разной ориентацией по направлению к нагрузке. Были сгенерированы 4 модели (на каждую геометрию) с габаритами 30x30x30 мм, повернутые на 0, 15, 30 и 45 градусов вдоль оси z. Образцы были изготовлены по технологии FDM из полилактида (PLA). Для усреднения результатов, все измерения производились на 3 аналогичных образцах.

По результатам исследования были получены нормированные значения модуля Юнга (E/E_s) и прочности (σ/σ_s) образцов. Из лепестковой диаграммы, представленной на рисунке ниже, видно, что зависимость нормированных значений от угла нагружения близка по форме к круговому виду, характерному для изотропных материалов. Представленные результаты демонстрируют изотропное преимущество структур на основе ТППМЭ по сравнению с двумерными сотовыми структурами (см. рисунок).

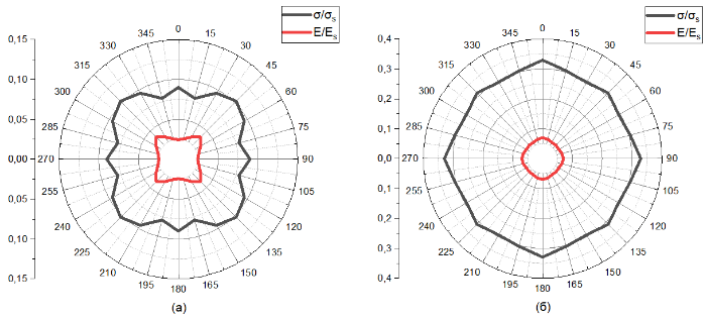


Рисунок – Относительный модуль Юнга и относительная прочность, в зависимости от угла поворота структуры с геометрией (а) Gyroid (б) Diamond

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВУМЕРНЫХ АУКСЕТИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Иванченко Н.Н.[1,2]***, Сысоев Е.И.***[1,2,3]

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

e-mail: nnivanchenko@stud.etu.ru

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF AUXETIC STRUCTURES

Ivanchenko N.N.[1,2]***, Sysoev E.I.***[1,2,3]

[1]*Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»,*

[2]*Branch SRC «Kurchatov Institute» - PINP - Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov,*

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

Ауксетические структуры характеризуются отрицательным коэффициентом Пуассона, что обуславливает их уникальные физико-механические свойства. Одной из главных особенностей ауксетиков является их способность к ортогональному сжатию при воздействии внешней силы, что приводит к значительному уплотнению материала. Эти свойства делают их перспективными для различных применений, таких как поглощение энергии ударов и взрывов. На основе обзора литературы были выделены 8 наиболее перспективных геометрий двумерных ауксетических структур. Для этих геометрий были созданы 3D-модели, определены размеры и выбран материал для 3D-печати. Для оценки их физико-механических характеристик были проведены механические испытания напечатанных образцов, включающие тестирование на прочность, упругость и способность поглощать энергию. Полученные результаты сравнивались с характеристиками других ячеистых материалов.

Были протестированы ауксетические структуры следующих типов: hexachiral, tetra-chiral, re-entrant Masters–Evans, lozenge, re-entrant sinusoidal, rototetrachiral, hourglass и chiral circular. Результаты сравнивались со свойствами структур с топологией трижды периодической минимальной поверхности primitive и diamond для оценки их эффективности и потенциальных преимуществ. Испытания образцов проводились на испытательной машине Метротест «РЭМ-50-А-1-1».

Анализ данных показал, что использование более эластичных материалов для печати образцов снижает их способность к поглощению энергии. Тем не менее, структуры с отрицательным коэффициентом Пуассона демонстрируют лучшие энергопоглощающие характеристики по сравнению с ячеистыми материалами. Структуры типа «hourglass» и «chiral circular» показали наилучшие механические свойства среди всех исследованных ауксетиков и структур ТППМЭ.

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

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОЕ НАПЛАВЛЕНИЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

Клименко Ф.Н.

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

e-mail: tniknko@gmail.com

FUSION OF THERMOPLASTIC POLYMERS WITH FUNCTIONAL GRADIENT PROPERTIES

Klimenko F.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современные методы изготовления изделий позволяют варьировать физико-механические свойства в рамках одного технологического процесса, что позволяет улучшить свойства конечного изделия, создавать объекты с прогнозируемыми анизотропными свойствами [1]. Варьирование физико-механических свойств возможно и в объеме полимерного изделия. Это достижимо благодаря двум принципиально разным методам:

- Изготовление объектов, заполненных анизотропными геометрическими структурами;
- Модификация материалов в процессе изготовления изделия.

Последний метод может быть реализован как дополнение к аддитивному технологическому процессу по методу послойного наплавления материала. В частности, данный способ был реализован на базе 3D-принтера, использующего гранулы в качестве сырья для построения модели. Функциональный градиент достигается при помощи контролируемого введения блок-сополимера стирол-бутадиен-стирола в полиэтилентерефталат-гликоль, что позволяет варьировать ударную вязкость композиции. В рамках проводимого исследования было опробовано две схемы введения дополнительного материала в шнековый экструдер:

1. В виде гранул вместе с основным материалом. Данный вариант показал высокий уровень смешения исходных материалов. Недостатком послужила сложность в контролировании соотношения материалов, что объясняется высокой инертностью системы (длительной задержкой от поступления материала в питательную зону шнека до выхода из сопла).

2. В виде филамента в зону смешения гранульного экструдера. Более высокий уровень контроля относительно вышеописанного метода позволил обеспечить точность дозирования. Недостаток способа - неравномерность распределения дополнительного материала в основном.

Результат указывает на необходимость дальнейшего практического исследования технологии с целью разработки групп полимерных материалов и технологического процесса. Для исследования способов получения изделий с градиентными свойствами в аддитивном технологическом процессе также необходима модернизация экспериментального оборудования и программного обеспечения [2].

Исследование выполнено за счет гранта Фонда содействия инновациям, проект 5095ГС1/89544

Литература:

1. Liu, P., Qin, H., & He, Y. (2020). Functionally Graded Additive Manufacturing of Polymers: A Review. *Additive Manufacturing*, 35, 101299.

2. Goh, G. D., Dikshit, V., Nagalingam, A. P., Goh, G. L., & Yeong, W. Y. (2019). Process-Structure-Properties in Polymer Additive Manufacturing via Material Extrusion: A Review. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 44(4), 318-347.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ МОНТМОРИЛЛОНИТА НА СВОЙСТВА КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ

Коваль А.Р.[1,2]

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур*

STUDY OF THE EFFECT OF MONTMORILLONITE ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF CORUNDUM CERAMICS

Koval A.R.[1,2]

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

[2]*Branch SRC «Kurchatov Institute» - PINP - Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov*

Прогресс в области промышленных технологий ведёт к непрерывному расширению областей применения природных глинистых минералов, таких как монтмориллонит. Целью работы является изучение влияния добавки монтмориллонита на свойства корундовой керамики и разработка твердых керамических материалов. В качестве основного компонента использовали глинозем реактивный тонкодисперсный ГРТ.

Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы корундовой керамики с 1, 3 и 5 масс.% монтмориллонита, спечённые при 1650, 1725 и 1800°С. Затем проведены исследования механических свойств, изучена структура и фазовый состав полученных материалов. С помощью программного обеспечения ImageJ по микрофотографиям были определены размеры зёрен и пористость изучаемых образцов (рисунок 1).

Анализ микроструктуры образцов показывает, что добавка монтмориллонита располагается на границах зёрен материала. В результате спекания формируется плотный материал с уменьшенным размером зёрен. При спекании на 1800 °С и содержании добавки монтмориллонита 1 масс. % удаётся достичь пористости изделий менее 23 % и твёрдостью 42,8 HRC, а при 5 масс.% добавки - пористость составляет 12 % с твёрдостью 51,2 HRC. После термообработки средний размер зёрен уменьшается в 1,7 раза (до 15 мкм).

Исследования показали, что увеличение добавки монтмориллонита в корундовых образцах приводит к замедлению роста зёрен при спекании корундовой керамики и как следствие к увеличению твердости конечного изделия (рисунок 2).

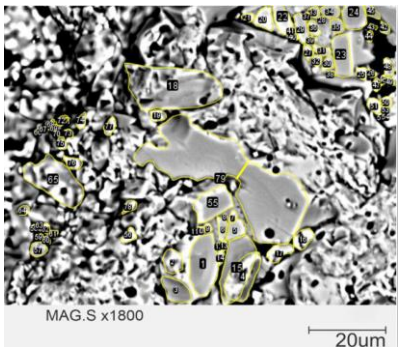


Рисунок 1 - Определение размеров зёрен образцов в программе ImageJ

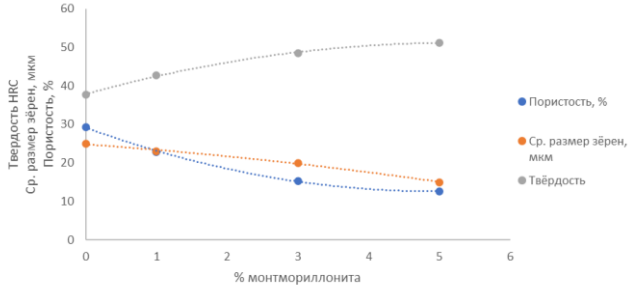


Рисунок 2 - Зависимость твёрдости пористости и размера зёрен корунда от содержания монтмориллонита в образцах

Исследование выполнено в рамках государственного задания 1023033000085-7-1.4.3

ИЗОТРОПНОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ГЕОМЕТРИЕЙ «НЕОВИУС»

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

[1]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

e-mail: yilittit@gmail.com

ISOTROPICITY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CELLULAR MATERIALS WITH «NEOVIUS» GEOMETRY

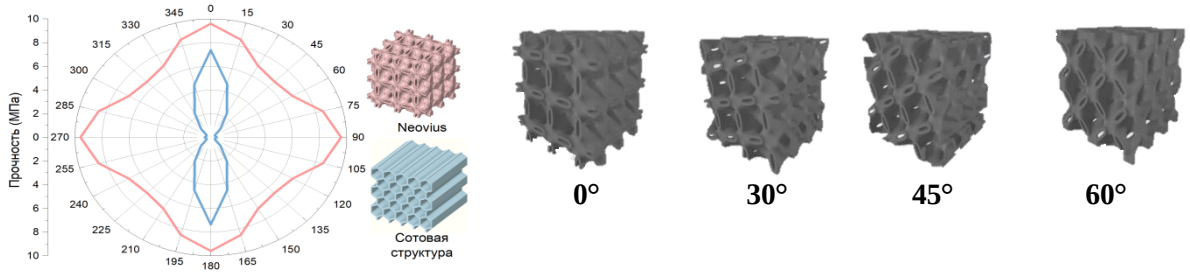
Kuropyatnik A.M.[1,2]***, Balabanov S.V.***[1]

[1]*Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute» Institute of Silicate Chemistry, Russian Academy of Sciences,*

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

Для исследования изотропности физико-механических свойств ячеистого материала с геометрией трижды периодических поверхностей минимальной энергии (ТППМЭ) были изготовлены две серии образцов: с геометрией ТППМЭ «Неовиус» и с «классической» гексагональной геометрией (сотовые структуры). Образцы изготовлены по технологии 3D-печати FDM из полилактида. В образцах варьировалась ориентация структуры в пространстве за счет вращения вокруг оси Y (рисунок а).

Далее ТППМЭ были проведены квазистатические испытания на сжатие согласно ГОСТ 4651-2014 при скорости испытания 5 мм/мин. По результатам испытаний были получены данные по влиянию угла нагружения на прочность ячеистых структур (рисунок б).



а) **б)**

Рисунок: а – Лепестковая диаграмма зависимости прочности от угла нагружения макропористых структур, б – рендеры образцов с геометрией «Неовиус»

Из лепестковой диаграммы (рисунок а) следует, что ячеистая структура с геометрией «Неовиус» обладает высокой изотропией прочностных свойств, по сравнению с гексогональной структурой, у которой наблюдается значительное снижение прочности, при изменении угла нагружения. Так при изменении угла нагружения для структуры с геометрией «Неовиус» максимальное снижение прочности составило 31 %, при максимальной прочности 9,6 МПа, в то же время для сотовой структуры максимальное снижение прочности составило 92 %, при максимальной прочности 6,2 МПа [1]. В работе показано, что использование аддитивных технологий позволяет изготовить макропористые материалы с высокой изотропностью физико-механических свойств, что значительно расширяет их область применения.

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

Литература:

1. Balabanov S.V., Sychov M.M. // Study of isotropy of mechanical properties of the TPMS-based cellular structures / E3S Webof Conferences. 2022

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ФАЗОВЫХ И ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ZnS РАДИОЛЮМИНОФОРОВ

Снятков И.В.*, *Чуркина А.В.*, *Зеленина Е.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения
e-mail: ilicosnyatkov@gmail.com

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PHASE AND ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS OF ZnS RADIOPHOSPHORS

Snyatkov I.V.*, *Churkina A.V.*, *Zelenina E.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Цинкосульфидные радиолюминофоры – это перспективные светоизлучающие материалы, повышение их яркости является актуальной задачей для технологии твердотельных радиолюминесцентных источников света. Ранее было обнаружено на нескольких независимо синтезированных сериях люминофоров ZnS:Cu,Br, что относительная интенсивность зеленой полосы в спектре радиолюминесценции коррелирует с содержанием вюрцитной фазы в двухфазном вюрцитно-сфалеритном образце [1], и резко возрастает при определенном содержании вюрцита (см. рисунок). В связи с этим интересно исследовать динамику изменения интенсивности радиолюминесценции во всем диапазоне соотношений фаз вюрцита и сфалерита в люминофорах ZnS:Cu,Br.

В результате для двух независимых серий были получены кривые изменения относительной интенсивности зеленой полосы в спектре радиолюминесценции люминофоров различного фазового состава.

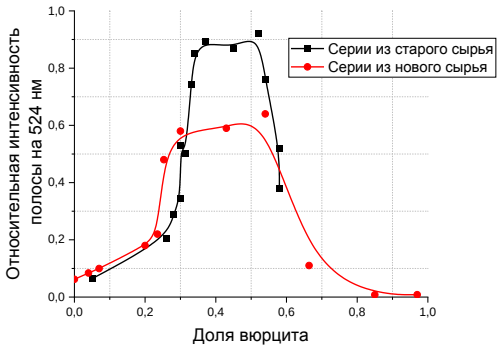


Рисунок – Корреляция между интенсивностью зеленой полосы и долей вюрцита.

Динамика изменения интенсивности воспроизводится для обеих серий образцов синтезированных из сырья различного происхождения. Результат говорит в пользу целесообразности применения методов теории перколяции для описания данных зависимостей [2]. Вид полученных зависимостей свидетельствует о существовании оптимального фазового состава ZnS-радиолюминофоров, при котором достигается максимальная интенсивность зеленой полосы в спектре радиолюминесценции.

Литература:

1. Зеленина Е.В. Разработка твердотельных радолюминесцентных источников света повышенной яркости. Дисс. канд. тех. наук. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), 2022. 145 с.

2. Снятков И.В., Чуркина А.В. (науч. рук. Зеленина Е.В.) Анализ влияния фазового состава на спектрально-яркостные характеристики цинкосульфидных радиолюминофоров // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2024].

РАЗРАБОТКА ПРИНТЕРА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

***Солдатов А.А.*[1,2], *Жученко А.С.*[1]**

[1]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, лаборатория исследования наноструктур,*

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

DEVELOPMENT OF A 3D PRINTER FOR THE MANUFACTURE OF COMPLEX SHAPED CERAMIC PRODUCTS

***Soldatov A.A.*[1,2], *Zuchenko A.S.*[1]**

[1]*Branch SRC «Kurchatov Institute» - PINP - Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Grebenshchikov,*

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

На сегодняшний день изготовление керамических изделий со сложной геометрией является крайне дорогостоящей и нетривиальной задачей. Применение аддитивных технологий, как альтернативного метода формообразования керамических изделий, перспективно для быстрого прототипирования, сокращения цикла подготовки производства изделий и изготовления полноценных конструкционных деталей и элементов.

В качестве основы для экспериментального 3D-принтера (рисунок 1) была выбрана EDM (Extruded deposition modeling) технология печати, принцип работы которой заключался в послойном равномерном нанесение воско-парафинового керамического шликера методом экструзии с механическим шнековым дозированием в точке формирования изделия. Загруженный в резервуар воско-парафиновый керамический шликер нагревается до температуры плавления, после чего под давлением подаётся в дозирующий шнековый модуль, равномерно поступая в область формирования изделия.

Особенность воско-парафиновых шликеров заключается в их возможности сохранять форму при комнатной температуре, и плавиться при достижении относительно небольших температур (около 60 °C). Это позволяет сформировать геометрию изделия методом 3D-печати, получив сырец (рисунок 2), при этом достигнув конечных механических характеристик при помощи традиционных методов постобработки – сушки, спекания.

Точность и скорость печати регулируется посредством изменения: диаметра сопла, величины давления и скорости вращения дозирующего шнека.

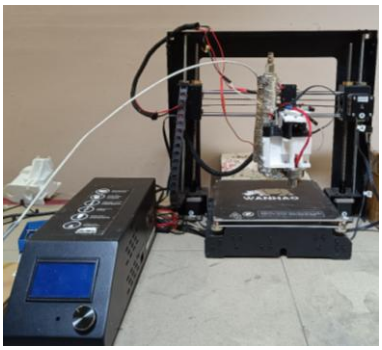


Рисунок 1 - Модель керамического 3D-принтер



Рисунок 2 - Экспериментальный образец печати (сырец)

Исследование выполнено в рамках государственного задания 1023033000085-7-1.4.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦИОННО-СПЕЧЕННОГО SiC ПРИ КОМПАКТИРОВАННИИ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

***Чекуряев А.Г.*[1,2], *Марков М.А.*[1,2], *Сычев М.М.*[1], *Бритов В.П.*[1]**

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

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

e-mail: achekuryaev@bk.ru

STUDY OF STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF REACTION-SINTERED SiC BY COMPACTING BY DIFFERENT METHODS

***Chekuryaev A.G.*[1,2], *Markov M.A.*[1,2], *Sychev M.M.*[1], *Britov V.P.*[1]**

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

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

Свойства композиционных керамических материалов зависят от их микроструктуры. Анализ взаимосвязей состав-технология-структура-свойства для таких материалов требует использования численных инструментов, основанных на статистической обработке большого массива данных для характеристики их структуры, включая взаиморасположение фаз.

В качестве критерия структурного анализа выбрана характеристика лакунарности или однородности распределения объектов (частиц) в пространстве, описанная в [1]. Сопоставление характеристики однородности структуры материала с прочностью на изгиб представлено на рисунке.

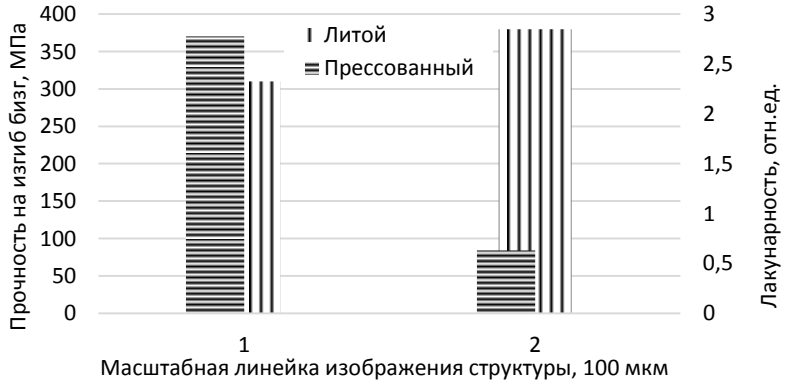


Рисунок – Сопоставление прочности на изгиб с однородностью распределения зерен в образцах, компактированных разными методами

Установлено, что материал компактированный методом горячего шликерного литья обладает сниженными механическими свойствами, при этом распределение зерен первичного карбида кремния характеризуется повышенной лакунарностью, то есть более неоднородно. В тоже время прессование обеспечивает более плотную и однородную упаковку зерен, что обеспечивает более высокие прочностные характеристики. Однако стоит отметить, что прессование ограничено простой формой изделия, тогда как шликерное литье позволяет получать изделия сложной формы.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-73-30019.

Литература:

1. Sychev M.M., Chekuryaev A.G., Myakin S.V. Fractal Characterization of Microstructure of Materials and Correlation with their Properties on the Basis of Digital Materials Science Concept Chapter in the book “Fractal Analysis – Applications and Updates”, Intech Open Publishers, p.1-28) https://doi.org/10.5772/intechopen.1002602.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ФТОРИДА ЛАНТАНА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ В РЕНТГЕНОФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Янг Г.Ф.*, *Бахметьев В.В.

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

e-mail: greg9061@gmail.com

STUDY OF LANTHANIUM FLUORIDE NANOPARTICLES FOR THE PERSPECTIVE APPLICATION OF X-RAY INDUCED PHOTODYNAMIC THERAPY

Young G.F.*, *Bakhmetyev V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современной медицине развивается перспективная методика рентгенофотодинамической терапии (РФДТ) для лечения онкологических, вирусных и других видов заболевания. Один из вариантов применения методики заключается во ведении в организм системы «люминофор – фотосенсибилизатор». Первый компонент преобразовывает рентгеновские излучения медицинских аппаратов в видимый свет, а за тем, при помощи второго компонента происходит генерация кислородных радикалов, атакующих опухолевые клетки. Двухстадийное преобразование излучения приводит к общей потере эффективности. В данной работе мы рассмотрели наночастицы фторида лантана активированный церием (LaF_3:Ce) как люминофор позволяющий перейти к одностадийному генерированию кислородных радикалов для терапии. LaF_3:Ce обладает люминесценцией в области ультрафиолета (рисунок 1) и может быть активирован рентгеновским излучениями и жёстким ультрафиолетом. Ультрафиолетовое излучение, испускаемое данным люминофором при рентгеновском облучении, может генерировать активный кислород без использования фотосенсибилизатора. Мы рассмотрели влияние содержания активирующего иона на структуру и спектральные свойства наночастиц, и подобрали оптимальную концентрацию веществ для синтеза. Размер частиц синтезированного нанолюминофора не превышает 100 нм (рисунок 2), что позволяет вводить его в организм в медицинских целях.

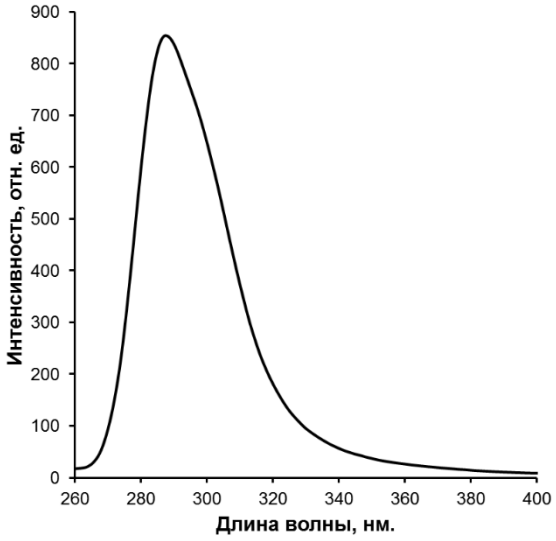


Рисунок 1 - Спектр излучения нанолюминофора LaF3:Ce

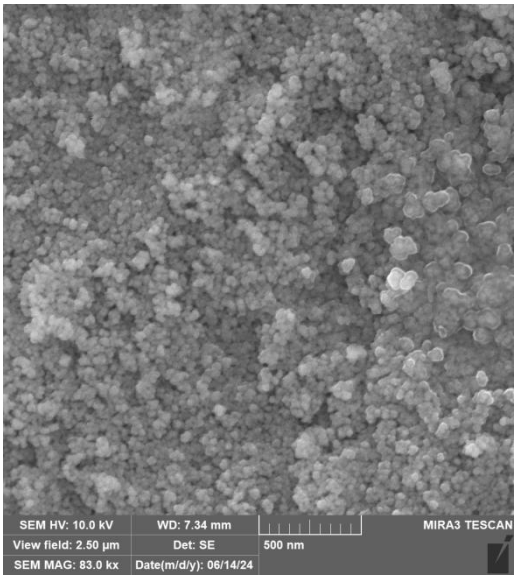


Рисунок 2 - Электронная микрофотография нанолюминофора LaF_3:Ce

СЕКЦИЯ 14.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ



КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ

Мусаев Ан.А., Толстова А.А., Агаркова А.А.

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

e-mail: aamusaev@itmo.ru, tolstovsky07@gmail.com, agarkova.alena.2016@yandex.ru

CONCEPT OF APPLICATION OF EVOLUTIONARY MODELLING TECHNOLOGIES IN PROBLEMS OF OPTIMIZING INVESTMENT PORTFOLIO SELECTION

Musaev An.A., Tolstova A.A., Agarkova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Портфельная теория Гарри Марковица, представленная в 1952 году, является основополагающей в управлении инвестициями и анализе рисков. Основная идея теории заключается в необходимости формирования портфеля для минимизации риска при заданном уровне доходности или максимизации доходности при фиксированном уровне риска. Доходность портфеля рассчитывается как взвешенная максимальная доходность активов, риск — как функция стандартных отклонений доходности и ковариаций активов [1].

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} R_i \, w_i$$

R_p – ожидаемая доходность портфеля, W_i – доля актива i в портфеле, R_i – ожидаемая доходность актива i, N – количество активов в портфеле.

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij}$$

σ_p^2 – дисперсия доходности портфеля (риск), σ_{ij} – ковариация между активами i и j, w_i b w_j – доли активов i и j в портфеле

В алгоритме эволюционной оптимизации портфелей используются мутации и кроссоверы, которые влияют на баланс между риском и доходностью. Случайные мутации изменяют доли активов, что помогает исследовать разные комбинации и избегать локальных оптимумов. Кроссоверы объединяют активы от двух портфелей, создавая новые решения. Структурные мутации добавляют или исключают активы, а параметрические корректируют ожидаемую доходность и ковариации, что улучшает адаптацию к изменяющимся рынкам.

Литература:

1. Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, *7*(1), 77–91.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА BERT ДЛЯ ОБРАБОТКИ НОВОСТНЫХ ДАННЫХ

Агаркова А.А.

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

e-mail: agarkova.alena.2016@yandex.ru

THE USE OF BERT ALGORITHM FOR PROCESSING NEWS DATA

Agarkova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях стремительного роста объема новостных данных и необходимости их оперативного анализа, алгоритмы машинного обучения, такие как BERT, становятся актуальными инструментами для автоматизации обработки текстовой информации. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) — это один из самых мощных алгоритмов, применяемых для обработки текстовых данных, включая новостные статьи. Его двунаправленная природа позволяет анализировать текст как слева направо, так и справа налево, что улучшает понимание контекста. BERT особенно полезен в задачах анализа тональности, классификации текстов и извлечения информации [1].

Главная особенность BERT заключается в его способности обучаться на огромных объемах текстов, включая новостные данные, и предсказывать скрытую информацию на основе контекста. Это делает его эффективным инструментом для обработки новостей, где точное понимание смысла предложений играет решающую роль. Например, в задачах анализа настроений новостных статей BERT может точно определить, являются ли новости позитивными, негативными или нейтральными, что особенно важно для прогнозирования рыночных трендов или общественного мнения.

Классификация новостей с использованием BERT также демонстрирует высокую точность. Благодаря его способности понимать сложные взаимосвязи между словами, алгоритм может эффективно разделять статьи по тематике, что помогает в автоматической фильтрации контента. Например, BERT можно использовать для автоматической сортировки новостей по категориям: политика, экономика, спорт и т.д.

Таким образом, BERT стал одним из ведущих инструментов для обработки новостных данных в современных системах машинного обучения. Его применение улучшает качество анализа и обработки текстов, что делает его незаменимым в задачах фильтрации контента, анализа настроений и классификации новостей.

Литература:

1. Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. NAACL, 2019, 4171-4186.

НЕПРЕДСКАЗУЕМОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: СТРАТЕГИИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Баранков К.А., Михайлиди А.А.

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

e-mail: cyb3ik88@mail.ru

THE UNPREDICTABILITY OF AI: STRATEGIES FOR OPTIMIZING AI PERFORMANCE

Barankov K.A., Mikhailidi A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Введение в эпоху искусственного интеллекта (ИИ) ставит перед нами множество вызовов, среди которых непредсказуемость алгоритмов занимает одно из центральных мест. Современные модели машинного обучения, такие как нейронные сети, могут генерировать результаты, которые иногда оказываются неожиданными и даже нежелательными. Это вызывает опасения, как в научном сообществе, так и в промышленности, где решения, принимаемые на основе ИИ, могут иметь серьезные последствия.

Первым шагом к исправлению непредсказуемости является осознание природы алгоритмов. Многие из них работают как «черные ящики», что затрудняет понимание процессов, происходящих внутри модели. Это требует внедрения методов объяснимого ИИ (XAI), которые помогают исследователям и пользователям лучше интерпретировать результаты и выявлять причины неожиданных выводов. Например, использование визуализаций и интерактивных инструментов может помочь в анализе того, как различные входные данные влияют на выходные результаты [1].

Вторым важным аспектом является разработка устойчивых моделей. Она включает в себя обучение на разнообразных и репрезентативных наборах данных, а также применение регуляризации и других методов, снижающих вероятность переобучения. Устойчивые модели могут лучше справляться с новыми, ранее не встречавшимися данными и снижать риск неожиданных результатов.

Третьим шагом является внедрение систем мониторинга и обратной связи. Постоянный анализ работы алгоритмов в реальном времени позволяет быстро реагировать на аномалии и корректировать действия системы.

Кроме того, важно развивать междисциплинарный подход к обучению специалистов в области ИИ. Понимание этических аспектов, а также влияние культурных и социальных факторов на результаты алгоритмов поможет избежать предвзятости и улучшить качество принимаемых решений [2].

Непредсказуемость ИИ — это не только вызов, но и возможность для развития более надежных и этичных технологий. Объединив усилия исследователей, разработчиков и пользователей, мы можем создать более безопасные системы ИИ, способные справляться с неожиданными результатами и служить на благо общества.

Литература:

1. Doshi-Velez, F., Kim, B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning, 2017.

2. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning // MIT Press, 2016.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕНТГЕНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНЕ

Беналлал Д.Н.

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

e-mail: d.benallal@mail.ru

ANALYSIS OF ANOMALY DETECTION METHODS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RADIOLOGY FOR SOLVING DIAGNOSTIC TASKS IN MEDICINE

Benallal D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Искусственный интеллект (ИИ) активно используется в радиологии для обнаружения аномалий на медицинских изображениях. Современные алгоритмы глубокого обучения повышают точность и скорость диагностики, что помогает преодолеть ограничения традиционных методов [1].

Для решения задачи диагностики могут быть применены несколько методов, включая мультимодальные данные, глубокое обучение и метод сегментации. Эти подходы позволяют интегрировать информацию из различных источников, улучшать качество анализа и повышать точность диагностики заболеваний.

Суть метода мультимодальные данные заключается в сборе данных из различных источников: Мультимодальные данные включают рентгеновские снимки, лабораторные анализы, медицинские записи и текстовые аннотации. Это разнообразие источников позволяет получить более полное представление о состоянии пациента.

Глубокое обучения представляет собой свёрточные нейронные сети (CNN), они анализируют изображения и извлекают признаки. Они принимают на вход изображение, применяют свёрточные слои для выделения низкоуровневых признаков, а затем используют пулинг для уменьшения размерности. Сеть включает полносвязные слои для классификации, а обучение происходит посредством обратного распространения ошибки [2].

Метод сегментации выполняет предварительной обработки, направленную на улучшение качества визуальных данных через фильтрацию шумов и коррекцию яркости. В этом процессе используется архитектура U-Net с слоями увеличения размерности и конкатенации, что позволяет формировать маски для однородного помечания сегментов и визуального отделения объектов. Алгоритмы анализа исследуют характеристики сегментов, такие как цвет, текстура и форма, что способствует их идентификации и классификации.

Использование алгоритмов глубокого обучения, мультимодальных данных и метод сегментации способствует более точному выявлению аномалий, что, в свою очередь, улучшает клинические исходы. Таким образом, интеграция ИИ в радиологическую практику не только повышает эффективность работы специалистов, но и способствует улучшению качества медицинской помощи, что является важным аспектом современного здравоохранения.

Литература:

1. Сидоренко, В.Г., Фролов, А.И., Коваленко, Т.А. Глубокое обучение в радиологии: от теории к практике / В.Г. Сидоренко, А.И. Фролов, Т.А. Коваленко. – М.: Издательство «Медицинская литература», 2021. – ISBN 978-5-12345-678-9.

2. Лазарев, Е.А. применение искусственного интеллекта (ии) в медицине для диагностики и лечения заболеваний [статья] / Е.А. Лазарев // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ. — 2023

МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ И КОЛЛЕКТИВНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бурулев Т.В.

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

e-mail: t.burulev@mail.ru

MULTI-AGENT SYSTEMS AND COLLECTIVE INTELLIGENCE: MODELING COMPLEX SYSTEMS USING AI

Burulev T.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Мультиагентные системы (МАС) являются относительно молодой областью исследований, появившейся на стыке информатики, кибернетики и теории игр в 1970-1980-х годах. Основной концепцией МАС является взаимодействие множества автономных агентов, каждый из которых имеет собственные цели, стратегию и набор действий. Идеи коллективного интеллекта, которые были заложены в основу МАС, корнями уходят в работы по исследованию кооперативного поведения биологических систем, таких как муравейники, стаи птиц и косяки рыб. В начале 2000-х годов с развитием вычислительных мощностей и технологий искусственного интеллекта интерес к мультиагентным системам значительно возрос, что позволило моделировать и анализировать всё более сложные процессы и взаимодействия [1].

На сегодняшний день МАС активно применяются для решения реальных задач: в управлении городской инфраструктурой технологии искусственного интеллекта (ИИ) позволяют оперативно прогнозировать транспортные потоки, координировать работу светофоров и оптимизировать маршруты общественного транспорта в реальном времени. Например, внедрение ИИ в систему транспортного управления уменьшило заторы на 30 %, повысив общую эффективность перемещения автомобилей и общественного транспорта.

Важную роль в этом процессе играет машинное обучение, которое автоматизирует адаптацию агентов к изменениям окружающей среды на основе анализа исторических данных. Алгоритмы глубокого обучения способны обрабатывать большие объемы информации, предсказывая как поведение отдельных агентов, так и динамику всей системы.

Методы распределенного ИИ, такие как муравьиные алгоритмы и рои частиц, эффективно координируют действия агентов, сохраняя при этом их автономность. Это улучшает решения коллективного интеллекта, позволяя находить оптимальные стратегии для сложных задач, требующих синергии между несколькими агентами.

Конкретные примеры успешного применения МАС в сфере городского управления и транспорта демонстрируют, как технологии ИИ не только повышают оперативность и точность работы агентов, но и делают системы более устойчивыми к изменениям, что значительно улучшает качество жизни в городах.

Литература:

1. Wooldridge. M. / An Introduction to MultiAgent Systems / M. W // Введение в мультиагентные системы, 2009. С. 201-221.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО РОЛЬ В БОРЬБЕ С КИБЕРУГРОЗАМИ

Бурулев Т.В.

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

e-mail: t.burulev@mail.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS ROLE IN THE FIGHT AGAINST CYBER THREATS

Burulev T.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Киберугрозы, начиная с конца 20-го века, стали реальной проблемой, особенно с ростом интернета и цифровых технологий. С начала 2000-х годов количество кибератак резко возросло, что стало причиной активного развития новых стратегий кибербезопасности. В ответ на всё более сложные угрозы, такие как вирусы, трояны и фишинг, традиционные методы защиты, включая антивирусы и файрволы, стали менее эффективными.

С начала 2010-х годов искусственный интеллект (ИИ) стал важным инструментом в сфере кибербезопасности, предлагая интеллектуальные решения для борьбы с быстро эволюционирующими атаками [1]. ИИ используется для автоматизации обнаружения и предотвращения угроз, используя технологии машинного обучения, которые позволяют системам выявлять поведенческие шаблоны, указывающие на потенциальные атаки. На текущий момент алгоритмы ИИ способны анализировать большие объемы данных в реальном времени, быстро выявляя аномалии, которые сигнализируют о возможных вторжениях.

Современные системы на основе ИИ могут не только распознавать заранее известные угрозы, но и реагировать на новые, ранее не встречавшиеся. Глубокое обучение повышает точность анализа сетевого трафика и улучшает механизмы распознавания угроз. Это позволяет автоматизировать глубокий анализ трафика и выявление подозрительной активности, существенно ускоряя процесс обнаружения атак.

Также, благодаря предсказательной аналитике, системы ИИ способны прогнозировать новые угрозы на основе анализа предыдущих инцидентов. Автоматизация процессов реагирования на кибератаки значительно сокращает время устранения последствий инцидентов. Кроме того, ИИ обеспечивает автоматическое обновление средств защиты в ответ на новые виды атак, что делает киберзащиту более динамичной и устойчивой к изменениям в экосистеме угроз.

Несмотря на достижение значительных успехов, внедрение ИИ в кибербезопасность сталкивается с вызовами, такими как необходимость в прозрачности алгоритмов и защите самих систем ИИ от возможных кибератак. Тем не менее, активные исследования и разработки в этой области уже дают результат и позволяют обеспечить более высокий уровень защиты для организаций.

Литература:

1. Бутенко. А.А. / Использование искусственного интеллекта в кибербезопасности / А.А. Бутенко // Информационные технологии и безопасность, 2009. С. 123-135.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ (ENTERPRISE RESOURCE PLANNING)

Галкина Л.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: galkina.lubov2003@yandex.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS (ENTERPRISE RESOURCE PLANNING)

Galkina L.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Системы планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning) – это комплексные программные решения, предназначенные для интеграции и автоматизации ключевых бизнес-процессов организации. Они охватывают широкий спектр функциональных областей, включая управление финансами, производством, логистикой, персоналом, продажами и маркетингом. Внедрение ERP-систем позволяет оптимизировать бизнес-процессы, повысить эффективность управления ресурсами и улучшить качество принимаемых решений [1].

Однако, несмотря на перечисленные преимущества, ERP-системы сталкиваются с рядом трудностей. В частности, ERP-системы генерируют огромные массивы данных, анализ которых вручную представляет собой трудоемкую и неэффективную задачу. Кроме того, традиционные ERP-системы часто не обладают достаточной гибкостью и адаптивностью, чтобы оперативно реагировать на изменения внешней среды и новые требования бизнеса [2]. Отсутствие инструментов поддержки принятия решений на основе данных может приводить к нерациональному использованию ресурсов и снижению прибыльности, что негативно сказывается на эффективности управления.

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в ERP-системы открывает новые возможности для решения указанных проблем. Использование алгоритмов МО позволяет автоматизировать анализ больших объемов данных, выявлять скрытые закономерности и прогнозировать будущие события. Нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования спроса, оптимизации запасов и планирования производственных процессов. Алгоритмы МО также могут быть применены для автоматизации рутинных задач, таких как обработка заказов, управление документами и контроль качества [3]. Технологии ИИ позволяют повысить эффективность принятия решений за счет предоставления аналитических отчетов и рекомендаций на основе данных.

Таким образом, применение ИИ и МО в ERP-системах является перспективным направлением развития, способствующим повышению эффективности управления предприятием, оптимизации бизнес-процессов и улучшению качества принимаемых решений. Внедрение подобных решений требует комплексного подхода, включающего разработку стратегии, выбор подходящих инструментов и технологий, а также обучение персонала.

Литература:

1. Ментюкова О.В. Применение ERP-систем для автоматизации управления // Состояние и перспективы развития АПК. – 2016. – С. 108-112.

2. Карпов Д.В. Проблемы внедрения ERP-систем // Вестник Нижегородского университета им. НИ Лобачевского. – 2010. – №. 4. – С. 233-239.

3. Антонова И.И., Смирнов В.А., Ефимов М.Г. Интеграция искусственного интеллекта в ERP-системы: достоинства, недостатки и перспективы // Russian Journal of Economics and Law. – 2024. – Т. 18. – №. 3. – С. 619-640.

МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ LLM ДЛЯ АНАЛИЗА НАСТРОЕНИЙ В ТРЕЙДИНГЕ: НАСТРОЙКА FINBERT И АВТОМАТИЗАЦИЯ АННОТИРОВАНИЯ ДАННЫХ

Зайцев А.Р.*, *Григорьев Д.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра информатики
e-mail: gridmer@mail.ru

LLM-BASED MODELS FOR SENTIMENT ANALYSIS IN TRADING: FINBERT FINE-TUNING AND AUTOMATED DATA ANNOTATION

Zaytsev A.R.*, *Grigoriev D.A.
Saint-Petersburg State University,

В настоящем исследовании предлагается новый подход к извлечению торговых настроений из финансовых текстов [1], основанный на применении методов машинного обучения и использовании модели ChatGPT с последующей настройкой FinBERT [2] методом LoRA (Low-Rank Adaptation). Данный подход учитывает, что финансовые аналитики формируют прогнозы движения цен активов, которые могут быть представлены в виде шкалы от -2 до +2, где -2 соответствует ярко выраженной рекомендации к продаже, а +2 — убеждённой рекомендации к покупке. Такой формат расширяет традиционную трёхклассовую оценку (покупка, удержание, продажа), позволяя более тонко дифференцировать рекомендации и отражая более широкий спектр настроений.

Для обучения разработанной модели было собрано около 6000 текстов аналитических прогнозов с веб-сайтов investing.com и instaforex.com. Аннотирование было выполнено при помощи модели ChatGPT, что позволило оптимизировать и автоматизировать процесс разметки, создав высококачественный корпус для обучения и последующей валидации моделей машинного обучения.

В ходе экспериментов была оценена эффективность различных методологий, включая линейную регрессию, метод опорных векторов, случайный лес, градиентный бустинг, нейронные сети, а также лексиконно-ориентированные подходы, такие как Vader, SentiWordNet и TextBlob. Наилучшие результаты продемонстрировала модель FinBERT, адаптированная с помощью LoRA, достигнув точности классификации на уровне 94 %. Данный результат обусловлен способностью модели учитывать сложные языковые паттерны и контекстные нюансы в аналитических текстах, что повышает достоверность прогнозов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что учёт детализированных настроений аналитиков, извлечённых из текстовых материалов, способен существенно улучшить точность торговых решений и результаты стратегий, ориентированных на прогнозирование ценовых движений.

Литература:

1. Мусаев А.А., Григорьев Д.А. Формализованная постановка и краткий обзор технологий извлечения знаний из текстовых документов в задачах управления финансовыми активами // Техника и технология современных производств. – 2021. – С. 129-139.

2. Liu Z. et al. Finbert: A pre-trained financial language representation model for financial text mining // Proceedings of the twenty-ninth international conference on international joint conferences on artificial intelligence. – 2021. – С. 4513-4519.

ЛОГИЧЕСКИ ПОЛНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА МАШИННЫХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ ТЕОРЕМ

Кириллов М.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра автоматизации процессов химической промышленности

email: mkirillov8402@gmail.com

LOGICAL-COMPLETE COMPUTER-PROGRAMMED AUTOMATED THOREM PROVER

Kirillov M.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Условно можно выделить два фундаментальных подхода к искусственному интеллекту: вычислительный и символьный. Типичным представителем первого подхода являются ныне модные искусственные нейронные сети, основанные на теории вероятностей и в простейших случаях представляемые как марковские цепи. Основой второго подхода традиционно являются математическая логика и различные разделы дискретной математики и информатики. Первый подход способен показывать эффективность в решении задач, формализация которых видится трудной, а то и невозможной, но при этом требует больших затрат для обучения модели, а процесс работы модели обычно становится «чёрным ящиком» даже для её создателей, что делает её поведение непредсказуемым. Второй подход принципиально способен работать только с формализованными данными, которые так или иначе могут быть выражены математической логикой, но при этом модель является совершенно предсказуемой.

Предлагаемая компьютерная программа доказательств употребляет именно символьный подход. Она предназначено для изучения и применения теорий, выражаемых математическими символами, на чём и построена вся новизна программы.

Популярными среди математиков и развитыми «помощниками» (assistant) доказательств теорем являются программные среды Isabelle и Coq. Их основой являются теории LCF (Logic for Computable Functions) и CdC (Calcul de constructions), основанные на лямбда-исчислении Чёрча. Применение данных средств является далеко не простым навыком, так как составление ими теорий и доказательство теорем, выводимых из них, является самым настоящим программированием. Напротив этим подходам, предлагаемая программа подразумевает выражение теорий непосредственно в виде предикатов, записываемых в понятиях математической логики.

Ключевой особенностью предлагаемой программы является то, что она является логически полной, в ней гарантированно соблюдение закона исключённого третьего и закона противоречия. В итоге внутренний язык, которым пользователь выражает факты и предикаты, не имеет полноту по Тьюрингу (то есть сам по себе язык способен описать не всякий вычислительный алгоритм), но благодаря этому не подвержен многим сопряжённым проблемам; и в то же время, в процессе работы над программой вскрылся ряд специфичных проблем, для которых были предложены полные или частичные решения – некоторые из этих проблем могут представлять интерес даже с точки зрения логики как раздела философии.

Программа была проверена на примере геометрических теорий, а конкретно на классической аксиоматике – геометрии Евклида и геометрии Гильберта. В процессе удалось вывести классические теоремы: теорема Фалеса, теорема косинуса.

Предлагаемая программа машинных доказательств видится пригодной в областях, где необходимы монотонные логические суждения, а не для открытия фундаментальных теорем. К таким областям могут быть отнесены: логическое обеспечение экспертных систем, верификация уже известных теорий, верификация компьютерных программ, компиляторы инструментальных средств программирования, а также нереляционные базы данных и базы знаний.

ЭВОЛЮЦИЯ ШАХМАТНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ананченко И.В., Ковалева А.А.

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

e-mail: akov13.17@gmail.com anantchenko@yandex.ru

CHESS EVOLUTION ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ananchenko I.V., Kovaleva A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

История развития шахматного искусственного интеллекта (ИИ) – увлекательная хроника эволюции этой области, демонстрирующая как ее потенциал, так и существующие ограничения. Изначально, в середине 20 века, Клод Шеннон, один из пионеров кибернетики, выдвинул концепцию использования шахмат как модели для решения задач управления. К. Шеннон рассматривал шахматы как идеальную систему с четко определенными правилами, конечной целью и уровнем сложности, требующим для успеха применения «мышления» [1]. Его идеи послужили отправной точкой для рассуждений многих исследователей. Однако, практическое воплощение предложенных идей потребовало времени. Прорыв в области шахматного ИИ произошел в 1997 году, когда суперкомпьютер Deep Blue [2], разработанный IBM, одержал победу над бывшим чемпионом мира Гарри Каспаровым. Это событие опровергло общепринятое мнение о том, что ИИ ограничен в своих возможностях. Deep Blue не обладал "интуицией" или «творчеством», а решал задачи путем обработки огромных массивов данных, основанных на базе всех известных шахматных партий.

Победа Deep Blue стала поворотным моментом, подчеркнув потенциал машины в решении сложных задач, требующих анализа и принятия решений. Г. Каспаров, вначале скептически относившийся к потенциалу ИИ в шахматах, признал, что шахматы стали сферой, где можно сопоставить человеческое творчество с мощью машин. Это событие также оказало значительное влияние на развитие шахмат, как классических, так и компьютерных. Использование машинного интеллекта стало повсеместным в тренировке и анализе шахматных партий.

В XXI веке нейронные сети достигли беспрецедентного уровня развития. Современные программы обладают возможностью анализировать партии с невообразимой скоростью, предлагать оптимальные ходы и предсказывать динамику игры. В 2016 году AlphaGo, разработанная компанией DeepMind, одержала историческую победу над лучшим игроком в го – игре, считающейся куда более сложной, чем шахматы.

Эволюция шахматного ИИ – яркий пример прогресса в области искусственного интеллекта. За несколько десятилетий машины прошли путь от теоретических концепций до практического превосходства над человеком в сложной игре, где стратегия и вычисления тесно взаимосвязаны. Шахматы служат испытательным полигоном для ИИ, стимулируя постоянное совершенствование алгоритмов. Исследователи ИИ, используя шахматы как инструмент для изучения механизмов человеческого мышления, создают все более совершенные системы.

Литература:

1. Шеннон, К.Э. Программирование компьютера для игры в шахматы // Философский журнал. – 1950. – Т. 41, № 314. – С. 256-275.

2. ДеКост, Д. Будущее шахматных технологий и значение матча Каспарова против Deep Blue // Jet Propulsion Laboratory / California Institute of Technology. – 2002. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.academia.edu/104523516/M_Newborn_Kasparov_versus_Deep_Blue (дата обращения: 05.10.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ, МОНИТОРИНГЕ И СМЯГЧЕНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Коваленко Н.Ю.*, *Мельников А.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: nikitos.coval@yandex.ru, andrywka.m@yandex.ru

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FORECASTING, MONITORING AND MITIGATING THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE: MODERN APPROACHES AND PERSPECTIVES

Kovalenko N.Y.*, *Melnikov A.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В XXI веке важной проблемой становится изменение климата, которое оказывает воздействие на экосистемы, экономику и благополучие общества. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) предоставляют новые возможности для решения этих проблем, что делает процессы прогнозирования, мониторинга и смягчения изменений климата более точными и оперативными. Способность ИИ анализировать огромные объемы данных и создавать сложные модели для прогнозирования будущих климатических изменений является одним из ключевых аспектов его применения в климатологии. Методы машинного обучения способствуют улучшению точности прогнозов и выявлению скрытых закономерностей.

Искусственный интеллект активно применяется для мониторинга изменений в окружающей среде, включая климат и экосистемы. С использованием данных от спутников и методов дистанционного зондирования возможно отслеживание изменений температуры, уровня углекислого газа, состояния полярных ледников и лесных массивов. Автоматизация обработки подобных данных при помощи искусственного интеллекта обеспечивает оперативную информацию для принятия решений [1].

Эффективное использование природных ресурсов, особенно в сфере энергетики, является одним из основных направлений в борьбе с изменениями климата. Искусственный интеллект играет ключевую роль в разработке стратегий по смягчению последствий климатических изменений и адаптации к ним. Благодаря возможности моделирования и управления системами возобновляемой энергетики, искусственный интеллект повышает эффективность и стабильность подобных систем.

Применение искусственного интеллекта в борьбе с изменением климата представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов. Огромное значение имеют объемы данных, необходимые для обучения моделей ИИ, а также их точность и надежность, которые зависят от специфических алгоритмов. Важно также учитывать этические и справедливые аспекты применения искусственного интеллекта в климатологии [1].

Сегодня ИИ уже оказывает существенное воздействие на решение климатических проблем, и его влияние будет только увеличиваться в будущем. Однако для полноценного использования потенциала искусственного интеллекта в этой области необходимо преодолевать вызовы, связанные с данными, алгоритмами и этическими аспектами его применения.

Литература:

1. Иванова А.П. Роль искусственного интеллекта в решении проблемы изменения климата (Обзорная статья) // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература: ИАЖ. Сер. 4: Государство и право. – 2024. – № 1. – С. 178–188. – DOI: 10.31249

РЕАЛИЗАЦИЯ СТОХАСТИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ОШИБКИ

Косолапов Г.А., Литовченко А.С.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: grigoriykosolapov@gmail.com, litovchenko.a.s@yandex.ru

IMPLEMENTATION OF STOCHASTIC GRADIENT DESCENT FOR LOSS FUNCTION OPTIMIZATION

Kosolapov G.A., Litovchenko A.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

При построении аппроксимирующей модели всегда стремятся к минимизации разности между предсказанными и истинными значениями. Для оценки этой разности используется функция ошибки. Задача сводится к поиску таких параметров модели, при которых значение данной функции минимально. Минимум функции может быть найден с помощью стохастического градиентного спуска.

Данный метод, использующийся для решения задач регрессии, был реализован в отдельной программе, написанной на языке Python 3.11.

Градиентный спуск — метод оптимизации, использующийся для нахождения минимума функции. Алгоритм основывается на понятии градиента. Градиент — вектор, направленный в сторону максимального возрастания функции. Достоинством градиентного спуска является простота реализации и возможность применения для функций многих переменных, однако он также имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, в случае поиска глобального минимума градиентный спуск может застревать в точках локального минимума. Тогда результат работы алгоритма будет сильно зависеть от начального приближения. Во-вторых, сходимость градиентного спуска и её скорость сильно зависят от параметров самого алгоритма [1].

Широкое распространение в машинном обучении получила модификация исходного алгоритма — стохастический градиентный спуск. Отличие между классическим и стохастическим градиентным спуском заключается в способе выбора множества входных данных, использующихся для расчета градиента функции ошибки. Классический градиентный спуск использует всю совокупность входных данных в каждой итерации расчета, тогда как стохастический градиентный спуск использует случайно выбранный вектор входных данных из всей их совокупности. Благодаря этому алгоритм способен в некоторых случаях избегать локальных минимумов. Кроме того, при работе с большими наборами данных такой расчет градиента ускоряет работу алгоритма, несмотря на уменьшение скорости сходимости [2].

Также, вместо выбора случайного вектора, всю совокупность входных данных можно разделить на пакеты заранее заданного размера, в каждом из которых будет случайный набор векторов входных данных. В каждой итерации градиент будет высчитываться для одного пакета. Если пакеты закончатся до окончания работы алгоритма, разделение повторяется. Такой подход позволяет сохранить преимущества стохастического градиентного спуска и улучшить скорость сходимости [2].

Благодаря своим особенностям стохастический градиентный спуск является часто используемым методом оптимизации функции ошибки. Разработанная программа может быть использована для решения задач регрессии в машинном обучении.

Литература:

1. Ын А. Теоретический минимум Big Data. Всё, что нужно знать о больших данных / Анналин Ын, Кеннет Су; пер. с англ. А. Тимохин. – СПб.: Питер, 2019. – 205 с.

2. Серрано Л. Грокаем машинное обучение / Луис Серрано; пер. с англ. Р. Чикин. – СПб.: Питер, 2024. – 511 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СПЕЦИАЛИСТА ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ

Латыпова Э.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, e-mail: elyaltpv@gmail.com

FUNCTIONAL STRUCTURE OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR A CUSTOMER SERVICE SPECIALIST IN A DENTAL CLINIC

Latypova E.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эффективность работы стоматологической клиники зависит от эффективности и качественного выполнения услуг не только врачей, но и административного персонала. Одной из ключевых задач менеджмента в стоматологии является обеспечение своевременного управления взаимоотношениями с клиентами посредством проблемно-ориентированного программного обеспечения, что улучшает качество обслуживания [1]. Поэтому актуальной задачей является разработка системы поддержки принятия решений (СППР) специалиста по работе с клиентами стоматологической клиники, позволяющей на основе настраиваемой информационной модели формировать отчеты медицинских осмотров, анализов, исследований, календарный график посещений клиентов для осмотра или лечения, а также выдавать результаты статистического анализа данных об оказанных медицинских услугах и их результатах. Структура СППР построена на основе клиент-серверной модели и приведена на рисунке.



Рисунок – Функциональная структура системы

Проведенное тестирование СППР на примере ООО «Асгард Мед» подтвердило ее работоспособность и возможность использования в стоматологических клиниках.

Литература:

1. Григорян А.Р. Инновационные эффекты от внедрения CRM-системы в стоматологическую клинику // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 5-4(73). – С. 75-79.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СПЕЦИАЛИСТА ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ

Латыпова Э.Р.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: elyaltpv@gmail.com

DATA WARE FOR THE DECISION SUPPORT SYSTEM OF A CUSTOMER SERVICE SPECIALIST IN A DENTAL CLINIC

Latypova E.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современный рынок стоматологических услуг представлен в большей степени коммерческими клиниками. По данным статистического анализа [1] соотношение государственных и частных стоматологических учреждений составляет в среднем 4 % и 96 % соответственно. Перенасыщение рынка стоматологических услуг актуализирует обеспечение конкурентоспособности медицинских организаций, в том числе посредством использования информационных технологий для организации эффективной персонифицированной работы с клиентами. Таким образом, разработка системы поддержки принятия решений для специалиста по работе с клиентами стоматологической клиники, позволяющей формировать отчеты медицинских осмотров, календарный график планируемых посещений клиентов для осмотра или лечения, а также выдавать результаты статистического анализа данных об оказанных услугах и их результатах является практически значимой и экономически обоснованной задачей.

Ядром системы поддержки принятия решений является информационное обеспечение, включающее настраиваемую реляционную базу данных клиентов и базу продукционных правил оказания стоматологических услуг. База данных состоит из 9 таблиц, включающих 54 поля, и 7 идентифицирующих связей и разработана с использованием системы управления базами данных Microsoft SQL Server. Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений настраивается на различные виды стоматологических услуг с помощью изменения соответствующих параметров по стоимости, необходимым расходным материалам, медицинскому оборудованию, атрибутам медицинской карточки пациентов, персоналу клиники и др.

Использование базы продукционных правил оказания стоматологических услуг позволяет вести учет и историю болезней пациентов, взаимодействовать с зуботехническими лабораториями и поставщиками материалов для лечения, формировать интерактивное расписание с отображением диаграммы Ганта, автоматизировать расчет плана лечения, контролировать расход материалов.

Разработанное программное обеспечение системы поддержки принятия решений имеет адаптивную гибкую архитектуру, благодаря которой поддерживается расширение функциональности за счет разработки и подключения дополнительных программных модулей. Функциональное тестирование работоспособности системы поддержки принятия решений специалиста по работе с клиентами проведено на примере данных стоматологической клиники ООО «Асгард Мед». Применение современных информационных технологий в работе стоматологических клиник позволяет повысить экономическую эффективность за счет повышения качества оказываемых услуг, сокращения временных затрат специалистов по работе с клиентами, а также уменьшения вероятности допущения ошибок из-за человеческого фактора.

Литература:

1. Конева, О.Ю. Конкурентоспособность организации на рынке стоматологических услуг / О.Ю. Конева // Дельта науки. – 2019. – № 1. – С. 34-37.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В СИСТЕМАХ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ АНАЛИТИКИ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Лесных Л.И.

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

e-mail: l-lesnykh@list.ru

MACHINE LEARNING IN PREDICTIVE ANALYTICS SYSTEMS: IMPLEMENTATION PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Lesnykh L.I.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Машинное обучение в системах предсказательной аналитики имеет богатую историю, начиная с 1950-х годов, когда Алан Тьюринг и другие пионеры в области искусственного интеллекта заложили фундамент для создания алгоритмов, способных обучаться на данных. В 1980-х и 1990-х годах, с развитием нейронных сетей и методов статистического обучения, предсказательная аналитика стала более доступной и эффективной. В последние десятилетия, благодаря росту вычислительных мощностей и доступности больших данных, машинное обучение стало неотъемлемой частью многих отраслей, включая финансы, здравоохранение, маркетинг и производство [1].

Нейронные сети, решающие деревья, методы кластеризации и регрессионные модели — все эти технологии позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять сложные закономерности. Глубокое обучение, в частности, позволяет создавать модели, которые могут самостоятельно извлекать признаки из данных и делать точные прогнозы. Кроме того, методы обучения с подкреплением позволяют системам адаптироваться к изменяющимся условиям и оптимизировать свои действия на основе полученного опыта.

В производственных процессах были внедрены алгоритмы глубокого обучения и методы обучения с подкреплением, которые анализировали данные с датчиков и предсказывали возможные сбои или неисправности, что позволило оперативно реагировать на проблемы и минимизировать потери. Использование алгоритмов глубокого обучения в системах предсказательной аналитики привело к значительному улучшению точности прогнозов, оптимизации процессов и повышению общей эффективности систем [2].

Литература:

1. Strielkowski W. et al. Prospects and challenges of the machine learning and data-driven methods for the predictive analysis of power systems: A review // Energies. – 2023. – Т. 16. – №. 10. – С. 4025.

2. Бердичевская В.О. Эволюция применения информационных технологий в автоматизации бухгалтерского учета организаций и перспективы их развития // Вестник НГУЭУ. – 2020. – №. 2. – С. 250-258.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Литовченко А.С., Косолапов Г.А.

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

e-mail: litovchenko.a.s@yandex.ru, grigoriykosolapov@gmail.com

VISUALIZATION OF SUPPORT VECTOR MACHINE FOR SOLVING CLASSIFICATION PROBLEM IN MACHINE LEARNING

Litovchenko A.S., Kosolapov G.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одной из основных задач машинного обучения является задача классификации. Её суть заключается в определении по вектору входных параметров, описывающих некоторый объект, к какому из заранее определённых классов он относится. Для решения задачи классификации может использоваться метод опорных векторов. Наиболее наглядно метод представляется на плоскости, когда объект задаётся двумя параметрами, которые можно интерпретировать как координаты. Все объекты необходимо разделить на два класса.

Для решения такой задачи была реализована программа на языке Python 3.11, использующая метод опорных векторов и визуализирующая работу алгоритма.

Метод опорных векторов заключается в построении прямой, удовлетворяющей двум условиям: во-первых, прямая должна как можно лучше отделять объекты одного класса от другого, а во-вторых, расстояние от объектов до прямой должно быть как можно больше. Для решения данной задачи метод опорных векторов использует две параллельные прямые, которые также должны как можно лучше отделять объекты разных классов и при этом находиться на максимально возможном расстоянии друг от друга. Тогда искомая граница, разделяющая два класса, будет находится между двумя параллельными прямыми равноудалённо от них. Иными словами, алгоритм максимизирует расстояние между границей раздела и периферийными элементами каждого класса, которые называются опорными векторами [1].

Функция ошибки задается с помощью параллельных прямых и является суммой двух компонент. Первая оценивает, как прямые справляются с разделением объектов разных классов. Вторая компонента оценивает расстояние между прямыми. Вклад компонент в функцию ошибки может регулироваться в зависимости от того, что важнее: правильное разделение объектов или максимизация расстояния между прямыми. Параметры, задающие параллельные прямые, вычисляются путем минимизации функции ошибки [1].

Метод опорных векторов применим для любого n-мерного пространства. Тогда граница раздела будет представлять собой гиперплоскость размерностью n-1. Кроме того, граница раздела не обязательно должна быть линейной. В таких случаях используется метод ядра. Существенным недостатком метода опорных векторов является его способность разделять объекты только на два класса. Для разделения на большее количество классов требуется использовать модифицированный алгоритм [2].

Таким образом, метод опорных векторов является одним из основных алгоритмов для решения задачи классификации в машинном обучении. Разработанную программу планируется использовать в учебном процессе студентами, изучающими данный метод.

Литература:

1. Серрано Л. Грокаем машинное обучение / Луис Серрано; пер. с англ. Р. Чикин. – СПб.: Питер, 2024. – 511 с.

2. Ын А. Теоретический минимум Big Data. Всё, что нужно знать о больших данных / Анналин Ын, Кеннет Су; пер. с англ. А. Тимохин. – СПб.: Питер, 2019. – 205 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Логачев Е.П.

Институт аналитического приборостроения РАН

e-mail: zhenya.logachev.94@mail.ru

STATISTICAL ANALYSIS OF CHARACTERISTIC POINTS OF AN ULTRA-HIGH RESOLUTION ELECTROCARDIOSIGNAL

Logachev E.P.

Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) — основная причина смертности по данным ВОЗ, с ишемической болезнью сердца как наиболее распространённой причиной летальных исходов. Существуют различные методы регистрации электрокардиосигналов, включая ЭКГ сверхвысокого разрешения (ЭКГ СВР), которая фиксирует сигналы в расширенных диапазонах амплитуды и частоты [1,2].

Для проверки метода ЭКГ СВР на лабораторных животных проводятся эксперименты с этапами «Стабилизация», «Ишемия» и «Реперфузия». Цель исследования — разработка методики анализа R- и S-зубцов для изучения ишемии миокарда [3].

Для устранения сетевых помех разработан цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой. Боксплот — графический инструмент для компактного представления одномерного распределения вероятностей, позволяющий быстро проанализировать данные и обнаружить аномалии.

На боксплотах ЭКГ СВР видно изменение медианы, квартилей и размаха во время эксперимента (рисунок). Статистические моменты значительно изменяются во время искусственной ишемии у подопытного животного.

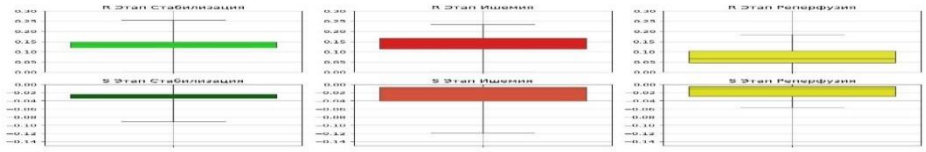


Рисунок - Боксплоты точек R-,S-зубцов

В ходе исследования создана методология статистического анализа точек R и S зубцов ЭКС СВР для изучения ишемии миокарда у экспериментальных животных. Применение выбранных показателей повысило точность прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний.

Литература:

1. Новые методы электрокардиографии / под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина. — М.: Техносфера, 2007. — 552 с.

2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов. / А. Оппенгейм, Р. Шафер // М.: Техносфера, 2006. 856 с.

3. Основы цифровой обработки сигналов: учеб. пособие / В.Г. Коберниченко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал.федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та,2018. — 150 с

РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ MEDIAPIPE HANDS

Мельников А.А.

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

e-mail: andrywka.m@yandex.ru

RECURRENT NEURAL NETWORKS IN GESTURE RECOGNITION PROBLEM BASED ON MEDIAPIPE HANDS

Melnikov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Распознавание жестов — важная часть компьютерного зрения и машинного обучения. Эта область включает методы для анализа жестов, выполняемых людьми, с помощью автоматических систем. В последние годы технологии распознавания жестов становятся популярными во взаимодействии человека с компьютером (HCI), улучшая эргономику интерфейсов. Современные нейронные сети обеспечивают высокую точность распознавания жестов благодаря улучшению архитектур моделей и увеличению объемов обучающих данных [1]. Глубокое обучение позволяет учитывать контекст взаимодействия, повышая интеллектуальность систем. Эти технологии открывают новые возможности для интерактивных систем, предлагая более естественные способы взаимодействия. Они находят применение в виртуальной и дополненной реальности, управлении и реабилитации.

MediaPipe Hands, разработанная компанией Google, представляет собой мощную библиотеку с открытым исходным кодом для отслеживания и распознавания положения рук и жестов в реальном времени, позволяя детектировать 21 ключевую точку на кисти руки. Она использует сверхточные нейронные сети и может работать как на десктопах, так и на мобильных устройствах, что делает ее подходящей для различных приложений, включая виртуальную и дополненную реальность. Несмотря на высокую точность работы, существует потенциал для улучшения её эффективности путем интеграции рекуррентных нейронных сетей (RNN), что позволит учитывать временные зависимости и улучшать распознавание динамических жестов. Этот подход обеспечивает более точное взаимодействие с системами, позволяя эффективно управлять интерфейсами с помощью жестов, что особенно полезно в контексте приложений для людей с ограниченными возможностями и в интерактивных средах.

Литература:

1. Муратов, Е.Р. Искусственный интеллект в задачах распознавания динамических жестов / Е.Р. Муратов, М.Б. Никифоров, А.М. Скачков. - DOI 10.25559 / SITITO.16.202004.883-892 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. - 2020. - Т. 16, № 4.-С.883-892.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И МЕТОДОВ САМООБУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОМОЩИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Мухаметов Д.И.[1,2]

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий,
[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»
e-mail: danil.mukhametov@mail.ru

USE OF NEURAL NETWORKS AND AUTOLEARNING METHODS IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

Mukhametov D.I.[1,2]

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[2]St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Системы поддержки принятия решений (СППР) – это специализированные программные продукты, предназначенные для помощи руководителям и управленческому персоналу в принятии стратегических и оперативных решений [1]. Они предоставляют информацию о текущем состоянии предприятия, его окружающей среды и возможных сценариях развития, что позволяет принимать обоснованные, эффективные, а главное своевременные решения.

Существует множество различных видов СППР, которые могут быть адаптированы под нужды конкретного предприятия и показывать хорошие результаты, но в современных условиях, когда информационные потоки становятся все более слабо связанными и быстроизменяющимися, возникает необходимость в развитии новых методов анализа и принятия решений.

Развитие нейронных сетей привело к появлению интеллектуальных СППР (ИСППР). Нейронные сети могут выявлять аномалии и предсказывать вероятность возникновения аварийных ситуаций, что позволяет оперативно принимать меры по их предотвращению [2-6]. С помощью ИСППР возможно быстрое и точное принятие решений на основе больших данных, что поднимает конкурентоспособность предприятия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00823, https://rscf.ru/project/24-19-00823/.

Литература:

1. Сергеев М.К. Системы поддержки принятия решений // Актуальные исследования. 2023. №24 (154). Ч.I.С. 65-71. URL: https://apni.ru/article/6492-sistemi-podderzhki-prinyatiya-reshenij

2. Valyayev D. et al. FMEA variables of software failure risks based on journals and metrics //2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). – IEEE, 2024. – С. 302-307.

3. Загорулько, Г.Б. Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР / Г.Б. Загорулько // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9, №4(34). - С. 462-479. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-462-479.

4. Клокотов, И.Ю. Автоматизация технологических процессов и производств / И.Ю. Клокотов – Текст: электронный // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. – №4-1. – С. 17.

5. Клокотов И.Ю. Анализ современных автоматизированных систем управления на промышленных предприятиях и в производстве // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» №1 2019. С. 265-269.

6. Van Leeuwen J.F. et al. Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation // Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. – 2009. – Т. 50. – №. 5. – С. 1085-1087.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РЫНОК ТРУДА: ВОЗМОЖНОСТИ И РЫНКИ

Палесика А.А.

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

e-mail: palesikaanna@gmail.com

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE LABOR MARKET: OPPORTUNITIES AND RISKS

Palesika A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Влияние искусственного интеллекта (ИИ) на рынок труда представляет собой сложный процесс, в котором переплетаются как возможности, так и риски. С одной стороны, ИИ открывает новые горизонты для бизнеса, предлагая значительные улучшения в производительности труда. Автоматизация рутинных задач позволяет освободить время для интеллектуальной работы, что может привести к созданию новых типов занятости. Например, рост спроса на специалистов в области аналитики данных, разработки ИИ и кибербезопасности создает новые рабочие места, которые не предусматривались ранее.

С другой стороны, внедрение ИИ может привести к значительным рискам. Очевидно, что некоторые профессии могут оказаться под угрозой исчезновения. Это касается рутинных задач, которые могут быть эффективнее автоматизированы. Работники без необходимых навыков могут испытывать трудности с трудоустройством, что увеличит безработицу [1].

Еще одной важной проблемой является необходимость постоянного обучения и повышения квалификации работников, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке труда. Это потребует в значительной степени переоснащать образовательные системы и программы подготовки специалистов, а также предлагать различные курсы и тренинги для взрослого населения.

Кроме того, необходимо учитывать и этические аспекты, связанные с использованием ИИ, такие как вопросы конфиденциальности данных, предвзятости алгоритмов и ответственности за принимаемые системы. Компании должны разработать соответствующие политики и нормы, чтобы минимизировать риски.

Таким образом, влияние искусственного интеллекта на рынок труда — это баланс между технологиями и социальной справедливостью. Гибкий подход и правильная стратегия помогут адаптироваться к изменениям и использовать преимущества ИИ, минимизируя риски для общества и экономики.

Литература:

1. Артемьев, С.В. Искусственный интеллект и рынок труда: вызовы и возможности / С.В. Артемьев. – Москва.: Издательство Дело, 2020

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНЕ

Палесика А.А.

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

e-mail: palesikaanna@gmail.com

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

Palesika A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Искусственный интеллект (ИИ) в медицине представляет собой одну из наиболее перспективных и быстро развивающихся областей, обещающих коренные изменения в подходах к диагностике, лечению и управлению пациентами. Применение ИИ включает в себя анализ больших объемов медицинских данных, таких как изображения, результаты лабораторных исследований и историю болезни, что позволяет врачам принимать более точные решения. Системы на основе машинного обучения могут выявлять паттерны, которые могут быть незаметны для человеческого глаза, что особенно актуально в таких областях, как радиология и онкология [1].

Одним из ключевых преимуществ ИИ является возможность персонализированного подхода к лечению. Алгоритмы могут анализировать генетическую информацию пациента и предлагать наиболее эффективные методы терапии, что особенно важно в онкологии, где индивидуальные мутации могут определять успех лечения. В дополнение к этому ИИ способен улучшить управление ресурсами в здравоохранении, оптимизируя расписания и процессы, что ведет к повышению эффективности работы медучреждений.

С другой стороны, внедрение ИИ в медицину вызывает и ряд этических вопросов, таких как безопасность личных данных пациентов и риск замещения человеческого фактора [2]. Эти проблемы требуют тщательного обсуждения и разработки соответствующих регуляторных норм.

Резюмируя, искусственный интеллект в медицине открывает новые горизонты для диагностики и лечения, улучшая качество оказания медицинской помощи, но также требует внимательного подхода к правовым аспектам. Успешная интеграция ИИ может привести к революции в здравоохранении, однако неизменно необходим баланс между технологическими достижениями и человеческой эмпатией.

Литература:

1. Бондарь, Н.А. Искусственный интеллект в медицине: перспективы и вызовы / Н.А. Бондарь. – Москва: Вестник науки и образования, 2022. – С. 45-52.

2. Кузнецова, Е. В. Этические аспекты применения ИИ в здравоохранении / Е.В. Кузнецова. – Санкт-Петербург: Этика и медицина, 2023. – С. 55-62.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

***Полтавец Е.А.*[1], *Мусаев Ан.А.*[2]**

[1]*Национальный исследовательский университет ИТМО, факультет инфокоммуникационных технологий,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления*

e-mail: amusayev1990@gmail.com, malenago.kay@yandex.ru

RESEARCH AND ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR AUTOMATIC DETECTION AND CLASSIFICATION OF VEHICLES IN IMAGES

***Poltavets E.A.*[1], *Musayev An.A.*[2]**

[1]*ITMO University,*

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

Увеличение интенсивности транспортного потока и варьирующиеся скоростные ограничения обострили проблему автоматизации контроля за соблюдением ПДД. Это требует распознавания класса транспортного средства и идентификации нарушителей по номерным знакам, что связано с трудностями обработки в реальном времени. Для этой задачи активно применяются методы ИИ, такие как глубокое обучение, на основе сверхточных нейронных сетей (например, YOLO), которые обеспечивают высокую точность обнаружения.

YOLO (You Only Look Once) выделяется как мощный алгоритм для обработки изображений в реальном времени, обеспечивая высокую скорость и точность [1]. Алгоритм разбивает изображение на сетку, предсказывает ограничивающие рамки и фильтрует предсказания для получения окончательного набора обнаруженных объектов.

Используемое эволюционное моделирование позволяет оптимизировать параметры алгоритма на основе принципов естественного отбора. Сначала создается популяция моделей, которые оцениваются и наиболее успешные модели передаются в следующее поколение. Мутации и кроссинговер создают новые вариации для улучшения модели.

После применения эволюционного моделирования точность модели повысилась до 77 %. Исследования демонстрируют эффективность методов ИИ для автоматического обнаружения транспортных средств, с возможностью дальнейшей разработки гибридных алгоритмов для повышения качества и универсальности. Практическое применение результатов может улучшить системы транспортной безопасности и эффективность видеонаблюдения.

Литература:

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified Real-Time Object Detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016 (pp. 779-788)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

Саранцева А.А.*, *Боровинская Е.С.

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

e-mail: alina.logan2017@yandex.ru

THE APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO SOLVING PROBLEMS IN CHEMICAL KINETICS

Sarantceva A.A.*, *Borovinskaya E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Решение обратных задач химической кинетики является важным этапом, необходимым для более глубокого понимания и оптимизации химических процессов. Ранее был разработан программный модуль для решения обратных задач различных реакций с использованием классического подхода и глобальных методов оптимизации [1]. Однако, при применении классических методов оптимизации часто возникают трудности, связанные с нелинейностью функций и сложностью пространства параметров.

По мере увеличения размерности задачи и усложнения пространств параметров, традиционные методы могут демонстрировать низкую эффективность. Эти методы нередко застревают в локальных экстремумах или требуют значительных вычислительных затрат для поиска глобального решения. Даже глобальные методы, такие как генетические и термодинамические алгоритмы, могут потребовать большого количества времени для получения точных результатов при решении задач с высокоразмерными и сложными функциями. Это создаёт серьёзные ограничения на скорость и точность при проведении идентификации параметров реакции.

Использование нейронных сетей в последнее время демонстрирует значительный потенциал для решения обратных задач. Нейронные сети способны эффективно обрабатывать многомерные и нелинейные зависимости, что позволяет получать более точные и устойчивые решения по сравнению с традиционными методами оптимизации. Благодаря возможности параллельной обработки данных и автоматической аппроксимации сложных зависимостей, нейросетевые методы значительно ускоряют процесс оптимизации и уменьшают риск застревания в локальных минимальных значениях функции.

Для дальнейшего развития программного модуля планируется интеграция нейронных сетей для проведения идентификации кинетических параметров. В частности, наиболее перспективными представляются сверточные нейронные сети (CNN) и глубокие нейронные сети (DNN) [2]. Внедрение нейронных сетей в модуль позволит не только улучшить точность расчётов, но и значительно сократить время, необходимое для оптимизации сложных систем.

Литература:

1. Сравнительный анализ методов оптимизации в собственной реализации и из библиотек python для решения братных задач на примере функции Розенброка / А.А. Саранцева, Е.С. Боровинская // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023): сборник трудов IX Международной научно-технической конференции (г. Белгород, 31 мая – 2 июня 2023 г.)

2. Макаренко А.В. Глубокие нейронные сети: зарождение, становление, современное состояние // Проблемы управления. 2020. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/glubokie-neyronnye-seti-zarozhdenie-stanovlenie-sovremennoe-sostoyanie (дата обращения: 12.10.2024).

НАИВНЫЙ БАЙЕСОВСКИЙ КЛАССИФИКАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Силагадзе К.Г.*, *Боровков В.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра системного анализа и информационных технологий
e-mail: kseniia420@gmail.com

NAIVE BAYESIAN CLASSIFIER FOR DETERMINING THE QUALITY OF CONCRETE MIXTURES

Silagadze K.G.*, *Borovkov V.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

При выполнении технологических расчётов необходимо владеть информацией о качестве смешения, достигнутом при проведении технологического процесса. Существуют различные подходы к решению поставленной задачи. В специализированной литературе приводится великое множество самых разнообразных критериев оценки качества смеси [1]. Большинство же авторов в качестве критерия смешения принимают среднеквадратическое отклонение содержания ключевого компонента от среднего значения концентрации ключевого компонента в пробах.

В данной работе предложен иной подход к определению качества бетонных смесей на основе шлама глиноземного производства [2]. Методика определения качества предусматривает использование наивного байесовского классификатора, позволяющего прогнозировать прочность бетонной смеси.

Построение байесовского классификатора требует выделения главных характеристик, оказывающих наибольшее влияние на прочность бетонных смесей. Предполагая, что бетонная смесь X характеризуется m признаками $x_1, x_2, \ldots, x_m$ и может быть отнесена к одному из r классов $k_1, k_2, \ldots, k_r$, запишем классификатор:

$$k^* = \arg\max_j P(X_i) \prod_{l=1}^{m} P(x_l | k_j).$$

Известными являются вероятности $P(X_i)$, вероятности $P(x_l \mid k_j)$ определяются при проведении предварительных экспериментов. Обучение классификатора проводилось на размеченных данных. Для реализации алгоритма наивного байесовского классификатора написана программа на языке программирования Python. Результаты работы программы на представительной выборке приведены в таблице.

Таблица – Метрики алгоритма байесовской бинарной классификации

Число опытов	Точность (*precision*)	Полнота (*recall*)	F1-мера	Время обучения, с
10	0,822	0,911	0,864	0,05
100	0,791	0,925	0,852	0,07
1000	0,786	0,901	0,840	0,06

Предложенный подход к определению качества бетонных смесей позволяет проводить классификацию с точностью до 82 % при сравнительно небольшом числе экспериментальных данных. Увеличению точности способствует поиск дополнительных признаков, наиболее адекватно описывающих исследуемый процесс.

Литература:

1. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – Москва: Машиностроение, 1973. – 215 с.

2. Агибаева, А.Ж. Разработка оптимального состава бетонных смесей на основе шлама глинозёмного производства / А.Ж. Агибаева, А. Аманжолов, В.В. Ларичкин // Наука и техника Казахстана. – 2018. – №3. – С. 64–70.

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБУЧЕНИИ ШАХМАТНОЙ СТРАТЕГИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АЛГОРИТМАХ ПОИСКА ПУТИ

Силантьев В.В., Сорокина В.С.

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

e-mail: victoria-2004@yandex.ru v.v.silantev@mail.ru

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CHESS STRATEGY LEARNING AND ITS APPLICATION IN PATHFINDING ALGORITHMS

Silantyev V.V., Sorokina V.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Искусственный интеллект (ИИ) коренным образом преобразовал методы обучения шахматным стратегиям, предоставляя игрокам инновационные средства и методологии для совершенствования их навыков. ИИ зарекомендовал себя как критически важный инструмент в процессе освоения шахматной стратегии благодаря своей способности обрабатывать и анализировать обширные объемы данных, а также адаптироваться к индивидуальному стилю игры пользователя.

Современные шахматные программы, такие как AlphaZero, применяют алгоритмы глубокого обучения для анализа обширных массивов данных о сыгранных партиях. Данная нейросетевая архитектура обучается в процессе самоигры, что позволяет ей за относительно короткий временной интервал осваивать сложнейшие стратегии.

Онлайн-платформы, такие как Chess.com и ChessKids, предоставляют игрокам возможность обучаться и соперничать с ИИ. Эти платформы обладают способностью адаптироваться к уровню навыков пользователя, что существенно повышает эффективность и привлекательность процесса обучения.

Специализированные инструменты, среди которых выделяется Chess Mentor [1], используют искусственный интеллект для глубокого анализа сыгранных партий, акцентируя внимание на сильных и слабых аспектах игры, что способствует более глубокому восприятию стратегий и тактик.

Алгоритмы ИИ, разработанные для шахмат, могут быть адаптированы для решения задач поиска пути в различных областях:

1. В шахматах искусственный интеллект осуществляет анализ множества возможных ходов, с целью выявления наилучшего варианта. Алгоритмы, такие как A и алгоритм Дейкстры, могут быть усовершенствованы с использованием нейросетевых технологий для более точной оценки стоимости каждого отдельного шага. Это позволяет повысить эффективность принятия решений и улучшить качество игрового процесса.

2. Искусственный интеллект в шахматах демонстрирует высокую скорость реакции на действия противника. Аналогичным образом, алгоритмы поиска пути способны динамически модифицировать маршруты в ответ на изменения в окружающей среде, что позволяет им эффективно адаптироваться в реальном времени к новым условиям и сохранять оптимальность своих решений.

Роль искусственного интеллекта в обучении шахматной стратегии демонстрирует его потенциал в других областях. Это открывает новые возможности для разработки интеллектуальных систем, способных эффективно решать сложные задачи в реальном времени.

Литература:

1. Chess Mentor-Бесплатное обучение шахматам с ИИ. [Электронный ресурс] URL: https://www.yeschat.ai/ru/gpts-ZxWzhgWG-Chess-Mentor (Дата обращения 10.10.2024)

ARDUINO И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Симакова К.Ю.

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

e-mail: kristina.sim.200206@mail.ru

ARDUINO AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: PRACTICAL APPLICATION OF MICROCONTROLLERS

Simakova K.Y.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ) с микроконтроллерами, такими как Arduino.

Архитектура систем ИИ, основанных на Arduino, представляет собой многослойную структуру, включающую как аппаратные, так и программные компоненты. На уровне аппаратного обеспечения микроконтроллеры Arduino, как правило, используются в сочетании с различными датчиками и исполнительными механизмами, что позволяет собирать данные из окружающей среды и реагировать на них. На программном уровне реализация ИИ часто требует использования легковесных библиотек, таких как TensorFlow Lite. Такие библиотеки позволяют реализовывать алгоритмы машинного обучения, которые варьируются от простейших методов, таких как линейная регрессия, до более сложных моделей, включая сверточные нейронные сети (CNN) [1].

Практическое применение ИИ на базе Arduino охватывает разнообразные области, включая автоматизацию, робототехнику, системы распознавания речи и жестов и системы умного дома. Например, использование нейронных сетей на Arduino для распознавания образов может быть реализовано в системах видеонаблюдения или в роботах, способных к автономной навигации и избеганию препятствий. Кроме того, микроконтроллеры способны обрабатывать данные с датчиков для создания систем предсказания, таких как прогнозирование потребления энергии в умных домах [2].

Тем не менее, использование Arduino в ИИ имеет свои ограничения. Во-первых, ограниченные ресурсы по оперативной памяти и вычислительной мощности могут ограничивать сложность и точность моделей. Во-вторых, необходимость в предварительной обработке данных и их трансформации перед обучением требует дополнительных усилий и времени.

Таким образом, Arduino и искусственный интеллект представляют собой мощный тандем, который открывает новые горизонты для разработчиков и исследователей в различных областях. Однако необходимо помнить о существующих ограничениях и выбирать Arduino для задач, которые соответствуют его возможностям.

Литература:

1. Розов, К.В. Интеграция виртуальной среды Scratch, платформы Arduino и искусственного интеллекта как фактор повышения эффективности информационно-технологической подготовки педагогических кадров / К.В. Розов // От идеи к практике: социогуманитарное знание в цифровой среде: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции, Новосибирск, 24–25 марта 2021 года / Отв. редактор В.В. Петров. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2021. – С. 132-138. – EDN XGPUDP.

2. Козырева, К.А. Использование Arduino для управления многоквартирным домом на основе технологии Интернета вещей / К. А. Козырева // Постулат. – 2017. – № 5-1(19). – С. 76. – EDN YUMCVZ.

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФОНДОВОГО РЫНКА

Усатова О.А.

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

e-mail: olyausatova97@mail.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR STOCK MARKET FORECASTING

Usatova O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Фондовый рынок является одним из наиболее динамичных и сложных сегментов экономики, где инвесторы стремятся максимизировать свои доходы, основываясь на анализе рыночных данных и прогнозировании изменений цен на активы. В последние годы наблюдается рост интереса к применению методов искусственного интеллекта (ИИ) для прогнозирования фондового рынка, что связано с увеличением объема доступной информации и развитием вычислительных технологий. Искусственный интеллект предоставляет уникальные инструменты для анализа больших данных, позволяя выявлять скрытые закономерности и тенденции, которые могут быть недоступны традиционным методам анализа.

Применение различных методов ИИ становится все более популярно среди трейдеров, поскольку могут выполнять торговые операции, в рамках заданной торговой стратегии, без участия человека. В данном решении есть свои преимущества и недостатки по сравнению с ручной торговлей. Робот работает без перерыва, не пропуская сигналы на вход в позицию или выход из нее, также работает по четко заданному алгоритму, человек же, оценивая рыночную ситуацию, учтет свой личный опыт и свои субъективные ощущения. Отклонение от стратегии торговли нарушает баланс прибыльных и убыточных операций. Создавая обучающую выборку для нейронной сети, мы можем не ограничиваться исходными данными какой-либо одной стратегии, исходных данных может быть больше, чем способен оценить человек [1].

Методы ИИ можно классифицировать по нескольким категориям, одна из них – машинное обучение, заключается в разработке алгоритмов и моделей, позволяющих компьютерам обучаться и составлять прогнозы будущих значений. Другая категория методов – обработка естественного языка, используется для оценки настроений на основе новостей, социальных медиа и других текстовых данных, что может сформировать прогноз рыночных тенденций на основе общественного мнения. Методы глубокого обучения основаны на использовании нейронных сетей с множеством слоев (глубоких нейронных сетей), что позволяет моделям автоматически извлекать признаки и представления из больших объемов данных. Нейронные сети, особенно рекуррентные (RNN) и их вариации, такие как LSTM (Long Short-Term Memory), эффективно работают с временными рядами. Они могут запоминать долгосрочные зависимости в данных, что важно для анализа ценовых движений и выявления паттернов, которые более точно предсказывают изменения на рынке [2]. Каждый из методов имеет свои сильные и слабые стороны, и их выбор зависит от конкретной задачи, доступных данных и желаемой точности прогнозов. Часто используется комбинация нескольких методов для достижения лучших результатов.

Литература:

1. Гизлык Д. Нейросети в алготрейдинге на MQL5 [Электронный ресурс]: Информационный ресурс MQL5. – Режим доступа: https://www.mql5.com/ru/neurobook/index/about_ai (дата обращения: 02.10.2024).

2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2006. – 1104 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ И АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Усатова О.А.

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

e-mail: olyausatova97@mail.ru

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FORECASTING AND DATA ANALYSIS

Usatova O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Эра цифровизации уже многие годы убеждает предприятия автоматизировать свою деятельность, создавая огромные информационные системы, требующие возможности для управления, постоянно увеличивающихся, объемов данных. С развитием вычислительных мощностей и алгоритмов машинного обучения, искусственный интеллект приобрел уникальную способность обрабатывать и анализировать огромные объемы информации, выявляя закономерности, которые невозможно было бы обнаружить традиционными методами.

Во многих сферах деятельности для выбора оптимального решения необходимо прогнозировать процессы развития системы. Применение искусственного интеллекта позволяет улучшить качество принимаемых решений. Например, в финансовом секторе искусственный интеллект используется для оценки кредитных рисков и алгоритмической торговли, в то время как в здравоохранении — для диагностики заболеваний на ранних стадиях [1]. Процесс прогнозирования базируется на изучении объективных тенденций развития объекта исследования, разработка общей проблемы предсказания должна основываться на изучении реальных закономерностей развития объектов исследования. Содержание и степень достоверности прогноза определяются информацией о поведении объекта исследования, накопленной до того времени, на который составляется прогноз, закономерностями, выявленными при функционировании объекта исследования, а также опытом, знаниями и научной интуицией специалистов, занимающихся данным видом деятельности [2]. Задача прогнозирования состоит в разработке стратегий развития системы и количественной оценке возможностей реализации каждой из них. Таким образом, первая фаза прогнозирования – выявление или формирование возможных вариантов развития прогнозируемого процесса или явления. На данном этапе происходит сбор и подготовка данных. Искусственный интеллект позволяет автоматически обрабатывать и очищать данные от шума, выбросов и пропусков, что значительно упрощает и ускоряет процесс предварительной обработки информации [3]. На втором этапе производится оценка вероятности реализации отдельных вариантов, чтобы получить количественные оценки реализуемости возможных траекторий развития прогнозируемых процессов [2]. Несмотря на многочисленные преимущества, применение ИИ также сталкивается с рядом вызовов, большие объемы качественных данных, проблемы интерпретации результатов и этические вопросы, связанные с использованием алгоритмов в принятии решений. Эти аспекты требуют внимательного анализа и осмысленного подхода к внедрению ИИ в практику.

Литература:

1. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.

2. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с.

3. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с анг. А.А. Слинкина. – 2-е изд.,испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ АРХИВНЫХ ДАННЫХ

Фоминых П.А.

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

e-mail: polina-online@mail.ru

CONCEPT OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE TASK OF OPTIMIZING ARCHIVAL DATA PROCESSING

Fominykh P.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Архивные документы являются важным источником информации для историков и исследователей, поскольку они содержат ценные сведения о прошлом, что позволяет проводить глубокий анализ различных аспектов истории и культуры. Эти материалы служат основой для реконструкции исторических нарративов и понимания социальных, экономических и культурных процессов. С применением современных технологий искусственного интеллекта (ИИ) открываются новые возможности для обработки и анализа архивных данных, включая автоматизацию извлечения информации и идентификацию паттернов. Такие инновации способствуют углублению исторических исследований и расширению доступа к архивным материалам для более широкой аудитории.

Архивы обладают сложной организационной структурой с несколькими уровнями управления и специализированными подразделениями. К ключевым из них относятся: хранение, обеспечивающее сохранность документов; обработка, занимающаяся каталогизацией и индексацией; доступ, предоставляющий пользователям возможность работы с документами через читальные залы и электронные ресурсы; а также базы данных, содержащие метаданные о документах (название, автор, дата создания и содержание), необходимые для их поиска и извлечения. Данная информация служит основой для осуществления поиска и предоставления доступа к необходимым документам [1].

Искусственный интеллект открывает обширные возможности для оптимизации архивных процессов. Использование алгоритмов машинного обучения (МО) для автоматической классификации и индексации документов может значительно ускорить обработку больших объемов данных. Как показывают исследования, автоматизация этих процессов может сократить время обработки документов на 30-50 % (по данным McKinsey). Это особенно критично в условиях современного информационного потока, где объем информации растет экспоненциально. Алгоритмы обработки естественного языка (NLP) играют ключевую роль в более эффективном анализе содержания документов. Они позволяют выявлять ключевые слова, основные темы и взаимосвязи между различными материалами, что обогащает информационный контекст архивных коллекций. Исследование Gartner показало, что использование NLP может повысить эффективность извлечения информации на 60 %, таким образом, положительно влияя на принятие решений и скорость работы с данными.

Предлагается использовать перечисленные выше технологии в унифицированном программно-алгоритмическом комплексе, разделив его на уровень интерфейса и уровень прикладной математики.

Литература:

1. Михайлов П.П., Иванова Л.Л. / Искусственный интеллект и архивная работа: новые горизонты / П.П. Михайлов, Л.Л. Иванова // Архивы и информационные системы. Изд. Информационные технологии №3, 2018. С. 25-38.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАЗВЕРНУТЫХ ОТВЕТОВ С УЧЁТОМ КРИТЕРИЕВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Харисов И.Р.[1,2]

[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления,
[2]Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН
e-mail: kharisov.ilyas.r@yandex.ru

A SOFTWARE PACKAGE FOR AUTOMATIC ASSESSMENT OF DETAILED ANSWERS TAKING INTO ACCOUNT THE TEACHER'S CRITERIA

Kharisov I.R.[1,2]

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[2]Sankt-St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Оценивание пройденного материала преподавателем является неотъемлемой частью образовательного процесса. Однако проверка домашних и контрольных работ, особенно развернутых ответов, требует значительных временных и ресурсных затрат от учителей, что создает дополнительную нагрузку вне оплаченных учебных часов. В условиях массового образования это становится особенно актуальной проблемой [1].

Современные технологии машинного обучения и обработки естественного языка (ОЕЯ) предлагают эффективные решения для автоматизации проверки работ [2]. Эти технологии способны не только понимать контекст текста, но и классифицировать информацию как достоверную или ошибочную, что значительно упрощает процесс проверки развернутых ответов учеников. Цель разработки программного комплекса — повысить качество образования за счёт автоматизации тестирования учеников с использованием развернутых вопросов с критериями, задаваемых учителем.

Программный комплекс использует нейросетевые технологии, которые позволяют анализировать контекст ответа ученика, сопоставлять их с эталонными ответами и выявлять ключевые элементы. Благодаря гибким настройкам учитель может задавать индивидуальные критерии проверки для каждого задания, что способствует более персонализированному подходу к обучению.

Основой программного комплекса является ОЕЯ. Дообученная большая языковая модель (БЯМ) [2] выполняют следующие задачи: Выделение ключевых фраз и оценка полноты ответа; Семантический и синтаксический анализ текста; Классификация ответа как корректного или ошибочного. Модель оценивания строится на основе критериев, задаваемых учителем, что позволяет адаптировать систему под конкретные задания и образовательные программы. Например, для эссе по литературе система будет учитывать структуру и логику повествования, а для технических предметов — точность формулировок и использование ключевых терминов.

Разработка программного комплекса представляет собой инновационное решение, которое способствует оптимизации образовательного процесса. Программный комплекс позволяет улучшить качество обучения, повысить объективность оценивания и снизить нагрузку на преподавателей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00823.

Литература:

1. Костылев Д.С., Кутепова Л.И., Трутанова А.В. «Информационные технологии оценивания качества учебных достижений обучающихся» // БГЖ. 2017. №3 (20).

2. А.К. Ковалёв, А.И. Панов, «Применение предобученных больших языковых моделей в задачах воплощенного искусственного интеллекта», Докл. РАН. Матем., информ., проц. упр., 508 (2022), 94–99.

СЕКЦИЯ 15.

ХИМИЧЕСКАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЯ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИНАРНЫХ V-Ti-ОКСИДНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНЕЗЕМА

Балыш З.С.*, *Дроздов Е.О.

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

e-mail: balyshzoe@gmail.com

QUANTUM CHEMICAL SIMULATION OF BINARY V-TI OXIDE STRUCTURES ON SILICA SURFACE

Balysh Z.S.*, *Drozdov E.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Наноструктурированные V-Ti-оксидные материалы, получаемые на поверхности пористых кремнеземных матриц методом молекулярного наслаивания (МН, ALD), являются перспективными гетерогенными катализаторами для селективного восстановления оксидов азота (NO_x) и ряда промышленных процессов окисления органических соединений [1, 2]. Изучение реальной структуры оксидных систем необходимо не только для установления природы активного компонента и механизмов протекания каталитических реакций, но и для разработки состава и методов синтеза новых материалов с заданными свойствами. Ввиду трудоемкости и длительности проведения подобного рода исследований, целесообразным является применение подходов квантовой химии к моделированию химических процессов, позволяющих сократить материальные и временные затраты [2].

В ходе исследования с использованием программного пакета Gaussian®16 на уровне теории B3LYP/6-31G(d,p) выявлены основные тенденции протекания структурно-химических превращений в двухкомпонентных V-Ti-оксидных системах на втором цикле МН. Активные центры поверхности представлены кластерными моделями $Si_{10}OH$ на основе сечения (111) β-кристобалита. Процессы взаимодействия гидроксилированных ванадий- и титаноксидных центров различной функциональности на поверхности кремнезема с парами $TiCl_4$ и $VOCl_3$ соответственно проанализированы с учетом возможности протекания целевых реакции с образованием связей $Э_1$-O-$Э_2$ ($Э_{1,2}$ = V, Ti), реакций нуклеофильного замещения OH-групп на атомы Cl, а также реакций взаимного вытеснения элементов-модификаторов.

Согласно полученным данным, отмечается более высокая вытеснительная способность $TiCl_4$ по отношению к V-содержащим структурам, в то время как при обработке Ti-оксидных групп парами $VOCl_3$ наиболее термодинамически вероятно протекание целевых реакций и реакций хлорирования. Для обоих элементов-модификаторов с повышением функциональности активных центров V и Ti, находящихся на исходной поверхности, наблюдается снижение вытеснительной устойчивости к парам соответствующих реагентов. Вместе с тем термодинамический прогноз состава покрытия в зависимости от температуры синтеза и мольной доли паров хлоридов демонстрирует влияние исключительно температурного фактора на состав формируемых систем. Полученные данные могут быть использованы для детализации локального строения, состава и характеристик формируемых наноразмерных структур, а также оптимизации выбора условий синтеза, обеспечивающих получение функциональных материалов с заданным строением и свойствами.

Литература:

1. Зенковец, Г.А. Наноструктурированные оксидные катализаторы на основе сурьмы, ванадия и титана: дис. д-р хим. наук: 02.00.15. Новосибирск, 2004. – 336 с.

2. Дроздов Е.О., Гукова А.Н., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2016. Т. 86, № 9. С. 1551-1561.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕРМИНАЛЬНЫХ ГРУПП В МАЛОСЛОЙНОМ ГРАФЕНЕ

***Белорусов П.Д.*[1], *Неверовская А.Ю.*[2], *Калинин А.В.*[2]**

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

[2]*ФГБУ «Научно-исследовательский институт синтетического каучука»*

e-mail: belorusovpavel@mail.ru

IDENTIFICATION OF TERMINAL GROUPS IN FEW-LAYER GRAPHENE

***Belorusov P.D.*[1], *Neverovskaya A.Yu.*[2], *Kalinin A.V.*[2]**

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

[2]*Federal State Budgetary Institution «S.V. Lebedev Institute for Synthetic Rubber»*

Углеродные графеновые структуры привлекают внимание широкого круга исследователей по всему миру. Уникальные свойства таких структур – высокая гибкость в сочетании с высокой прочностью [1], а также электрофизические и сорбционные свойства [2] – открывают широкую перспективу их использования в различных отраслях науки и техники: от микроэлектроники до композиционных материалов. Однако внедрение 2D-графеновых структур (ГС) в практику материаловедения существенно сдерживает недостаточная производительность методов их получения. С целью преодаления этого недостатка нами для синтеза ГС использован высокопроизводительный и экологически чистый метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [3]. Как показали наши исследования, полученные по этому методу ГС, могут быть сопоставлены малослойному графену. Для поиска сфер применения было необходимо определить в синтезированных ГС, как концентрацию, так и соотношения терминальных кислород содержащих функциональных групп - гидроксильных и карбоксильных. Самым известным методом определения групп с лабильным протоном, к которым относятся имеющиеся в нашем случае группы, является метод Чугаева-Церевитинова. Однако он позволяет узнать только общее количество групп. Чтобы определить содержание каждого вида групп по отдельности мы решили использовать реакцию гидроксильных групп с дигидропираном. Хроматографическим способом – по убыли дигидропирана в реакционной смеси - было опеределено содержание ОН-групп в малослойном графене. Затем предполагаемые терминальные карбоксильные группы были восстановлены до гидроксильных по известной реакции с гидридом бора. В функционализированных таким образом ГС вновь определяли концентрацию ОН-групп. По разности между вторым и первым определением получили исходное содержание карбоксильных групп в малослойном графене. Так нами впервые было проведено количественное определение кислородсодержащих функциональных групп и их соотношения в 2D-графеновых структурах, полученных из разных прекурсоров: лигнина, крахмала и целлюлозы.

Литература:

1. Глухова О.Е., Кириллова И.В., Жничков Р.Ю., Слепченков М.М., Хватов И.А. Прочностные свойства 1D- и 2D-размерных углеродных структур как наноматериала для космических технологий // Наноструктуры. Математическая физика и моделирование. – 2011. – Т. 5. - № 1/2. – С. 5–38.

2. Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. Перспективы применения графеновых наноматериалов: сорбенты, мембраны, газовые сенсоры (обзор) // Журнал прикладной химии. - 2021. - Т. 94. - № 9. - С. 1090-1103.

3. Voznyakovskii A.P., Neverovskaya A.Yu, Otvalko Ja.A., Gorelova E.V., Zabelina A.N. Facile synthesis of 2D carbone structures as a filler for polymer composites // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. – 2018. – Vol. 9. - No 1. - P. 125–128.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АЛЛОТРОПНЫХ ФОРМ НАНОУГЛЕРОДА ПРИ КАРБОНИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

***Возняковский А.П.*[1], *Шугалей И.В.*[2], *Илюшин М.А.*[3], *Возняковский А.А.*[4], *Боровикова А.С.*[2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра химической технологии полимеров, [2]кафедра технологии микробиологического синтеза, [3]кафедра химии и технологии органических соединений азота,

[4]Физико-технический институт РАН

e-mail: *voznap@mail.ru*

MODEL OF FORMATION OF ALLOTROPIC FORMS OF NANO-CARBON DURING CARBONIZATION OF ORGANIC MOLECULES

***Voznyakovskii A.P.*[1], *Shugalei I.V.*[1], *Ilyushin, M.A.*[1], *Vozniakovskii A.A.*[4], *Borovikova A.S.*[1]**

[1]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

[2]Ioffe Institute

Модель формирования 1D – 3D наноуглеродов до настоящего времени остается дискуссионной. Формулируя модель формирования аллотропных форм наноуглерода в рамках механизма карбонизации органических молекул нам представляется справедливым исходить из модели разработанной Н.Н. Семеновым [1], согласно которой вероятным механизмом деструкции материалов является механизм, связанный с образованием химических радикалов, состоящих из множественных последовательных сдвиговых перемещений атомов. Таким образом, разрыв ковалентных связей является не результатом, а следствием синергетического эффекта элементарных актов с меньшей энергией активации. Как результат, энергия разрыва ковалентных связей снижается, что делает возможным их разрыв. Исходя из этой модели кинетики деструкции материалов, можно предположить, что решающую роль при карбонизации органических веществ играет объем энергии, подведенный к системе. С целью проверки высказанной модели мы провели детонационный синтез, в условиях, соответствующих получению детонационных наноалмазов (ДНА), но без RDX, то есть при использовании в качестве прекурсора наноуглерода только TNT, то есть снизив энергетику процесса синтеза. Для характеристики синтезированного в условиях энергодефицитного детонационного синтеза карбонизированного продукта мы использовали просвечивающую и сканирующую электронную микроскопию, которые показали, что энергодефицитный детонационный синтез приводит к формированию не 3D наноуглерода, а к формированию 2D графеновых структур.

Сравнивая механизмы детонационного и СВС синтезов, отметим, что общим для них, как, впрочем, и для формирования наночастиц в общем случае, является сочетание высокой скорости образования исходных примитивов с малой скоростью их роста. Формирование финишных частиц определяется скоростью диффузии квантовых частиц примитивов к зародышу и требует их перемещения на значительное расстояние. Размер растущей частицы пропорционален корню квадратному от времени роста. Рост частиц ограничен межфазной турбулентностью, возникновение которой, в свою очередь, связано с неодинаковой плотностью сред, с градиентом концентраций и температур. Следовательно, различие в механизмах детонационного синтеза 3D наноуглеродов (ДНА) и СВС синтеза 2D графеновых структур, в самом общем случае, сводиться к разному объему подводимой энергии.

Литература:

1. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М.: Изд-во Академии наук СССР, -1958. 696 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРУПНОПОРИСТЫХ КРЕМНЕЗЕМНЫХ МАТРИЦ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОГО НАСЛАИВАНИЯ

Володина Д.В.*, *Дроздов Е.О.

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

e-mail: dasha13129@gmail.com

FORMATION OF PHOSPHORUS-CONTAINING NANOSTRUCTURES ON THE SURFACE OF MACROPOROUS SILICA MATRICES BY ATOMIC LAYER DEPOSITION

Volodina D.V.*, *Drozdov E.O.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из быстро развивающихся способов формирования низкоразмерных покрытий на твердофазных матрицах является метод молекулярного наслаивания (МН, ALD), одно из преимуществ которого составляет возможность осуществлять химическую сборку наноструктур заданного состава и строения на внутренней поверхности пор твердого тела, обладающей сложной геометрической формой [1, 2]. Нанесение низкоразмерных фосфороксидных систем на поверхность пористого кремнезема обуславливает перспективы применения полученных функциональных материалов в качестве катализаторов и сорбентов [1, 2].

При этом существенное влияние на процесс модифицирования твердого тела оказывают его характеристики – удельная поверхность и пористая структура, что делает актуальным исследование влияния особенностей исходной матрицы на состав и локальное строение продуктов МН. Целью работы является сравнительное исследование состава фосфорсодержащих покрытий, получаемых путем обработки поверхности промышленно выпускаемых кремнеземов различных марок парами $POCl_3$ и воды.

В качестве матрицы использовали крупнопористые кремнеземы, отличающиеся друг от друга структурными характеристиками: КСК-2 ($S_{уд}$ = 360 $м^2/г$, [OH] = 2,22 ммоль/г), ШСКГ ($S_{уд}$ = 280 $м^2/г$, [OH] = 3,3 ммоль/г) и КСКГ ($S_{уд}$ = 450 $м^2/г$, [OH] = 3,5 ммоль/г), предварительно отожженные при 200 °С. В качестве низкомолекулярного реагента для модифицирования поверхности в проточной установке молекулярного наслаивания применяли $POCl_3$ и воду. Температура синтеза на всех стадиях составила 200 °С, продолжительность обработки поверхности парами $POCl_3$ составила 6 часов.

По результатам химического анализа установлено, что в ходе взаимодействия $POCl_3$ с поверхностью кремнеземов КСК-2, ШСКГ и КСКГ происходит образование преимущественно трифункциональных структур. При этом содержание фосфора после проведения синтеза на поверхности кремнеземов КСК-2, ШСКГ и КСКГ составляет 0,36, 0,43 и 0,52 ммоль/$г_о$ соответственно, что может быть объяснено разницей общего содержания гидроксогрупп на исходных матрицах. Формирование фосфорсодержащих центров дополнительно подтверждается результатами ИК-спектроскопии в области 1000 $см^{-1}$ и рентгенофлуоресцентного анализа.

Литература:

1. Дроздов Е.О., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2020. Т. 90. № 5. С. 795-805.

2. Дроздов Е.О., Гукова А.Н., Дубровенский С.Д., Малыгин А.А. ЖОХ. 2016. Т. 86. № 9. С. 1551-1561.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВОГО МАГНИТНОГО АДСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Галицкая В.С.*, *Бердоносов Д.Ю.*, *Шмелькова С.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений
e-mail: vgalitskaya25@gmail.com

OBTAINING A POWDERED MAGNETIC ADSORBENT BASED ON CELLULOSE

Galitskaya V.S.*, *Berdonosov D.Yu.*, *Shmelkova S.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Порошковый адсорбент, обладающий магнитной восприимчивостью, может быть легко отделен от обрабатываемой фазы с помощью магнитного сепаратора. При этом такой адсорбент имеет ряд преимуществ: быстрое поглощение целевого компонента, повышенные адсорбционные свойства и относительная дешевизна.

Целью проведенных исследований было получение порошкового магнитного адсорбента на основе целлюлозы. Проведенное исследование состояло из 3-х этапов:

1. Получение магнитной целлюлозы в результате взаимодействия порошковой целлюлозы (ПЦ) с магнитными нано-частицами феррита кобальта (ФК - $CoFe_2O_4$) и эндометаллофуллерена железа (ЭМФлЖ - $Fe@C_{2m}$);

2. Пиролиз магнитной ПЦ в различных условиях (изменялись режим нагрева, время пиролиза). Основной целью пиролиза является получение угля-сырца с системой тонких пор, которая может быть развита в дальнейшем при активации [1];

3. Определение магнитных и адсорбционных свойств полученных образцов. При этом определялись относительная намагничиваемость на специально разработанном приборе, а также сорбционная емкость по метиленовому голубому, общий объем сорбционного пространства по парам толуола, сорбционная активность по йоду (содержание микропор), удельная сорбционная поверхность по аргону.

Как показали результаты исследований, магнитные свойства образцов на основе ФК выше, чем на основе ЭМФлЖ. При гораздо меньшем содержании магнитных частиц в образце с ЭМФлЖ, магнитные свойства по сравнению с образцами на основе ФК отличаются не так сильно. В отличие от магнитных свойств, образец магнитной целлюлозы с ЭМФлЖ показал лучшие сорбционные свойства по анализам с метиленовым голубым, йодом и толуолом. Можно предположить разную природу связей между магнитными частицами и ПЦ в образцах с ФК и ЭМФлЖ.

Таким образом, получение порошкового магнитного адсорбента на основе целлюлозы возможно. Образцы обладают как магнитными, так и адсорбционными свойствами. Развитие пористой структуры возможно при использовании больших температур пиролиза и времени выдержки, а также в использовании специальных добавок – антипиренов.

Литература:

1. Чучалина, А.Д. Получение гранулированных активных углей с использованием в качестве связующих остаточных продуктов нефтепереработки и нефтехимии: спец. 05.17.07 «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»: дис. канд. с.-х. наук / Чучалина Анна Дмитриевна. – Уфа, 2018. – 169 с.

СИНТЕЗ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ НА ПЕНОНИКЕЛЕ

Градов А.Е.*, *Семёнов К.Н.

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

e-mail: gradov2708@gmail.com

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBES OBTAINED BY CVD METHOD ON A FOAM NICKEL

Gradov A.E.*, *Semenov K.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют собой одну из аллотропных модификаций углерода наравне с графитом, графеном, алмазом, фуллереном, карбином, аморфным углеродом и другими. Их важная особенность заключается в возможности к модификации, которая может найти широкое применение в таких областях, как адресная доставка лекарственных веществ. Однако выход УНТ в результате синтеза варьируется в широком диапазоне из-за механизма образования УНТ, влияние природы катализатора, выделения продукта и других факторов. Поэтому, подбор оптимальных условий для высокоэффективного производства УНТ является важной проблемой в химии твердого тела.

Целью данной работы является синтез и идентификация УНТ, полученных методом химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) на пеноникеле.

УНТ получали методом ХОГФ путём пропускания паров этилового спирта над пеноникелем при температуре 600 ^{o}C в атмосфере водорода. После синтеза УНТ отделяли от катализатора путем растворения последнего в концентрированной соляной кислоте при температуре 50 ^{o}C. Выход продукта определяли как отношение массы УНТ к массе катализатора. В каждой серии синтеза брали одинаковое количество катализатора (2,00 г). Для идентификации УНТ был использован спектр физико-химических методов анализа: ИК-спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), рентгеновская дифрактометрия (РД), термогравиметрический анализ (ТГА) и спектроскопия комбинационного рассеяния (СКР).

Выход продукта составил 41,0 %. На ИК-спектре присутствовали пики связей C=C(1575 см$^{-1}$), C-O (1221 см$^{-1}$), O-H (3444 см$^{-1}$). На спектрах РФЭС после деконволюции были обнаружены пики sp^2-атомов углерода (284.3 эВ), связи C=O (531.8 эВ) и другие. Массовые доли углерода и кислорода были 95,37 % и 4,63 %, соответственно. На СЭМ и ПЭМ фотографиях присутствовали многостенные УНТ и наноленты, средний внешний диаметр УНТ составил 150 нм; средняя ширина нанолент составила 54 нм. На дифрактограмме были обнаружены пики графита очень высокой интенсивности, по сравнению с другими исследованиями. На спектре комбинационного рассеяния отношение I_D/I_G составило 1.8, пики радиальной дыхательной моды отсутствовали.

Таким образом, были получены и охарактеризованы УНТ, синтезированные методом ХОГФ на пеноникеле с очень высоким выходом, по сравнению с другими исследованиями. В будущем планируется провести ряд синтезов с другими катализаторами на основе пенометаллов.

НАНОЧАСТИЦЫ В ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ СУСПЕНЗИЯХ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОГО СОСТАВА

***Дякин П.В.*[1,2], *Пивинский Ю.Е.*[1], *Вихман С.В.*[2]**

[1]*ООО Научно-Внедренческая Фирма «Керамбет-Огнеупор»,*

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

[3]*НИЦ «Курчатовский институт» – Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН*

e-mail: dyakin@mail.ru

NANOPARTICLES IN THE HCBS HIGH-ALUMINA COMPOSITION

***Diakin P.V.*[1,2], *Pivinskii Yu.E.*[1], *Vichman S.V.*[2]**

[1]*Scientific research and development company «Kerambet – Refractory» LLC,*

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

[3]*NRC «Kurchatov Institute» – Institut of Silicat Chemistry of RAS*

При получении высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС), в условиях повышенной температуры, высокой концентрации твердой фазы, оптимальных реотехнологических свойствах, «нарабатываются» наночастицы. Целью настоящих исследований является изучение свойств наночастиц, выделенных из ВКВС двух составов. Состав 1 – ВКВС на основе спеченного китайского боксита марки Rota HD – 10 % высокодисперсного кварцевого стекла (ВДКС). Свойства ВКВС: ρ = 2,72 г/см^3, W = 11,6 %, концентрация твердой фазы C_v - 0,70, медианный диаметр d_m = 4,3 мкм, коэффициент полидисперсности $К_п = К_{80} / К_{20}$ = 8. Состав 2 – ВКВС композиционного состава, состоящего из 66,5 масс. % спеченного китайского боксита марки Rota HD, 22 % плавленого корунда и 11,5 % ВДКС. Свойства ВКВС: ρ = 2,76 г/см^3, W = 11,0 %, C_v - 0,70, d_m = 11 мкм, $К_п = К_{80} / К_{20}$ = 17. Наночастицы выделяли из исходных ВКВС методом длительного отстаивания (320 суток). Полученный слив (плотность 1,30-1,40 г/см^3, размер частиц 10-300 нм) дополнительно концентрировали подсушкой. Предельная плотность суспензий: ρ - 1,75 и 1,8 г/см^3 (состав 1 и 2 соответственно). Методом литья в гипсовые формы получены отливки пористостью 40-45 %. Исследования проводили на образцах как после сушки при 120 ^{o}C, так и обжига при 1200, 1400 ^{o}C.

Установлено, что в ВКВС-ой технологии реализуются два основных принципа получения наночастиц – диспергационный и конденсационный. При мокром измельчении мелющие тела и частицы боксита, обладающие большей плотностью и твердостью по отношению к ВДКС, действуют в качестве измельчителя. При этом ВДКС обеспечивает гетеростабилизирующий эффект основной массы частиц, что предотвращает коагуляцию ВКВС.

Определена комплексная положительная роль наночастиц в технологии ВКВС и керамобетонов: на стадии получения ВКВС и формовочных систем они способствуют достижению оптимальных реотехнологических свойств; на стадии разогрева, обжига или службы определяют существенный рост прочности; способствуют формированию нанопористой структуры, непроницаемой для шлаков и расплавов; образованию вторичного муллита, что сопровождается определенным ростом, компенсирующим усадочные эффекты. При этом достигается эффект объемопостоянства. Данные явления позволяют значительно повысить служебные характеристики керамобетонов и соответственно увеличить сроки службы тепловых агрегатов.

На основе разработанных и изученных ВКВС высокоглиноземистого состава АО «Динур» производит в значительных объемах бесцементные огнеупорные бетоны – керамобетоны в системах: Al_2O_3-SiO_2, Al_2O_3-SiO_2-SiC-C для черной металлургии.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО Cr- И P-СОДЕРЖАЩИМИ РЕАГЕНТАМИ

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

RESEARCH OF THE WETTABILITY OF HIGH PRESSURE POLYETHYLENE MODIFIED WITH Cr- AND P-CONTAINING REAGENTS

Kiseleva D.A.*, *Novozhilova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

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, электретные свойства и др.

Целью данной работы является исследование смачиваемости и энергетических характеристик пленок исходного и модифицированного полиэтилена высокого давления (ПЭВД) путем измерения статических и динамических краевых углов смачивания его поверхности тестовыми жидкостями.

Синтез моно- (P и Cr) и 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 полиэтилена применяли $POCl_3$, CrO_2Cl_2 и H_2O.

Измерения статических и динамических краевых углов смачивания проводили с использованием двух тестовых жидкостей (вода, глицерин) на приборе DSA25S (Kruss, Германия) с последующим расчетом поверхностной энергии образцов по методу Фоукса [1]. При статическом методе измерения краевого угла размер капли не меняется в течение всего измерения, а при динамическом методе измерения игла шприца остается в капле на протяжении всего опыта. Сначала проводится измерение серии натекающих краевых углов в процессе увеличения объема капли, а затем проводят серию измерений оттекающего угла, объем капли уменьшается за счет всасывания жидкости через иглу.

Было выявлено, что прививка фосфороксидных структур на поверхности ПЭВД в составе монокомпонентной системы способствует слабой гидрофилизации его поверхности, а введение хромоксидных структур, как одиночных, так и в составе двухкомпонентных систем, значительно повышает гидрофобность поверхности пленки.

Установлено, что для модифицированных образцов разность между углом натекания и оттекания уменьшается по сравнению с исходным образом полиэтилена. Можно предположить, что в результате модификации поверхность пленок становится более химически однородной [2].

Для модифицированных образцов ПЭВД-Cr и ПЭВД-Cr-P наблюдается понижение общей поверхностной энергии по сравнению с исходным полимером, а для образцов ПЭВД-P и ПЭВД-P-Cr – повышение.

Литература:

1. Fowkes, F.M., Ind. Eng. Chem., 1964, vol. 56, no. 12, pp. 40–52.

2. Сумм Б.Д. Гистерезис смачивания / Б.Д. Сумм // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – №7. – С.99-102.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ ЦЕЗИЯ КЛИНОПТИЛОЛИТОМ

Кузьмина А.В.

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

e-mail: appleanna2016@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE ADSORPTION OF CAESIUM IONS BY CLINOPTILOLITE

Kuzmina A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Вопросы утилизации радиоактивных отходов остаются актуальными в связи с ростом использования атомной энергетики. Эффективное удаление радионуклидов из жидких сред играет ключевую роль в процессе их обезвреживания. Одним из перспективных методов извлечения радиоактивных веществ, в частности цезия-137, является использование природных сорбентов, таких как клиноптилолит. Клиноптилолит — природный минерал из группы цеолитов с высокой ионообменной способностью и эффективностью в связывании радионуклидов. Его микропористая структура делает его востребованным для очистки различных жидкостей.

Целью работы является изучение способности клиноптилолита сорбировать ионы цезия при различных концентрациях и времени контакта с использованием метода атомной абсорбции. Это позволит оценить его эффективность в процессе утилизации отходов.

В задачи работы входило проведение экспериментов по сорбции ионов Cs из растворов $CsNO_3$ с начальными концентрациями 100, 200 и 300 мг/л и изучение динамики сорбции при контакте с сорбентом в течение 30, 60 и 120 минут. Эксперименты проводились с тремя параллельными пробами для повышения точности данных.

По итогам работы был сделан вывод о том, что клиноптилолит может быть эффективно использован для удаления цезия из жидких сред, так как адсорбционная емкость значительно увеличилась при более высоких концентрациях и составила 75,171 мг/г, что является хорошим показателем.

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК SnO_2

***Кушакова А.И.*[1], *Коваленко А.С.*[2], *Николаев А.М.*[2]**

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

[2]*Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» — Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова*

e-mail: anastasia.kushakova@mail.ru

SOL-GEL SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF SnO_2 THIN FILMS

***Kushakova A.I.*[1], *Kovalenko A.S.*[2], *Nikolaev A.M.*[2]**

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

[2]*Saint-Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of NRC «Kurchatov Institute» — Institute of Silicate Chemistry (Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute»)*

Диоксид олова (SnO_2) с высокой электропроводностью и низкой фотокаталитической активностью считается одним из наиболее выгодных электронно-транспортных слоёв (ETL) для перовскитовых солнечных батарей [1]. Свойства полученного ETL во многом зависят от условий его получения. Золь-гель метод является одним из наиболее перспективных методов получения тонких пленок благодаря своей простоте, низкой стоимости и возможности контроля состава и структуры материала [2]. Целью данной работы является получение тонких пленок SnO_2 из золь-гель систем на основе хлорида олова (II) ($SnCl_2$) и этанола, а также исследование влияние температуры их обработки на их состав и морфологию.

Для приготовления золя 0,1 моль $SnCl_2$ растворяли в 100 мл этанола при комнатной температуре с постоянным перемешиванием. Полученный золь стабилизировали в течение 24 часов при комнатной температуре. Далее из полученного золя методом «spin-coating» формировали тонкие пленки на стеклянных подложках (скорость вращения подложек – 3000 об/мин, время формирования пленок – 10-20 секунд), что обеспечивало равномерное распределение золя по поверхности подложек [2]. Полученные пленки сушили при комнатной температуре в течение 1 часа. Термообработку пленок проводили при температурах: 100 °C, 200 °C, 300 °C и 500 °C. Состав полученных пленок изучали с помощью рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии, элементного анализа. Морфологию полученных пленок исследовали методом сканирующей электронной микроскопии.

В докладе будут представлены результаты исследования зависимости состава и морфологии полученных тонких пленок SnO_2 от температуры их термообработки.

Литература:

1. Jiang L., Li Q., Li B., Guo S., Li S., Zhang X., Tang X. Efficient and stable perovskite solar cells via oxalic acid doped SnO_2 nanocrystals with surface-defect passivation // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2024. Vol. 702, P. 2, 135052. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.135052.

2. Adamczyk A, Brylewski T, Szymczak P. The Influence of Ag Addition and Different SiO_2 Precursors on the Structure of Silica Thin Films Synthesized by the Sol–Gel Method // Molecules. 2024. Vol. 29. No. 19. 4592. https://doi.org/10.3390/molecules29194592.

ЭЛЕКТРЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТИТАН- И ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИМИ 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

ELECTRET MATERIALS BASED ON POLYPROPYLENE FIBER MODIFIED WITH TITANIUM AND VANADIUM-CONTAINING NANOSTRUCTURES

Podkopaeva E.D.*, *Novozhilova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Благодаря специфике структуры и ряду особенностей электретного состояния полимерные волокнистые материалы являются востребованными в изготовлении электретных фильтров, предназначенных для очистки многофазных газовых сред [1]. Один из перспективных методов модифицирования поверхности полимерной матрицы – метод молекулярного наслаивания (МН).

В работе исследовано влияние синтезированных на полипропиленовом волокните (ППВ) титан- и ванадийсодержащих структур на электретные характеристики полученных композиционных материалов.

Синтез оксидных наноструктур титана (IV) и ванадия (V) на ППВ проводили в установке МН проточного типа при 80 °С путем попеременной обработки подложки парами реагента-модификатора и воды. Для подбора оптимальных режимов синтеза необходимо было варьировать продолжительность обработки волокнита низкомолекулярными реагентами ($TiCl_4$ и $VOCl_3$) в течение 10, 20, 30 мин.

Электретное состояние в исходных и модифицированных образцах формировали на воздухе при помощи зарядки в положительном коронном разряде в течение 30 с до начального потенциала +2000 В. Исследование электретных свойств полимерных материалов проводилось методами термостимулированной (ТСРПП) и изотермической релаксации поверхностного потенциала (ИТРПП) [2].

Установлено, что обработка волокнита элементоксидными системами способствует повышению стабильности электретного состояния – температура полуспада электретного заряда ($T^{0,5}$, при которой $V/V_0 = 0,5$) модифицированных полимеров увеличивается на 12-18 °С по сравнению с исходным ППВ, при этом характер релаксации заряда в образцах различается в зависимости от продолжительности обработки волокнита низкомолекулярными реагентами. Наилучшей термостабильностью электретного состояния из всех модифицированных образцов обладает образец, модифицированный V-оксидными структурами в течение 10 минут.

По методу ИТРПП при комнатной температуре (27 °С) в исходном ППВ заряд релаксирует достаточно медленно – за 45 суток поверхностный потенциал снижается на 43,7 % от начального значения. Для образца с ванадийоксидными структурами спад поверхностного потенциала за тот же временной интервал составляет лишь 24,2 % от начального значения.

Литература:

1. Гороховатский Ю.А., Темнов Д.Э. Перспективные материалы. 2006. № 1. С. 68-72.

2. Темнов Д.Э., Кожевникова Н.О., Иванова Н.В. и др. Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2006. № 15. С. 192-201.

НАНОУГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК МОДИФИКАТОРЫ БЫТОВОГО ПЛАСТИКА, ПОВЫШАЮЩИЕ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

***Рашидов Д.*[1], *Табаров С.Х.*[1], *Возняковский А.П.*[2], *Содиков Ф.Х.*[1], *Исматов Ш.П.*[1], *Шугалей И.В.*[3], *Боровикова А.С.*[3]**

[1]*Таджикский национальный университет,*
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [2]*кафедра химической технологии полимеров,* [3]*кафедра технологии микробиологического синтеза*
e-mail: voznap@mail.ru

NANO-CARBON MATERIALS AS MODIFIERS OF HOUSEHOLD PLASTIC THAT INCREASE ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

***Rashidov D.*[1], *Tabarov S.Kh.*[1], *Voznyakovskii A.P.*[2], *Sodikov F.Kh.*[1], *Ismatov Sh.P.*[1], *Shugalei I.V.*[2], *Borovikova A.S.*[2]**

[1]*Tajik National University, Dushanbe, Republic of Tajikistan,*
[2]*Saint-Petersburg State Institute of Technology*

Загрязнение окружающей среды полимерными материалами – одна из ключевых экологических проблем современного человечества. Первое место среди поллютантов в настоящее время занимаю полимерные бытовые отходы, среди которых лидирующее место занимает упаковочный полиэтилен и прежде всего полиэтиленовые пакеты. Большие объемы полимерной упаковки требуют системного подхода и разработки специальных биотехнологий утилизации бытового пластика, что предполагает хотя бы минимальную подготовку полимерного субстрата как источника углерода для дальнейшей биодеградации, а именно получение низкодисперсных частиц при механических нагрузках.

Желаемого эффекта можно добиться внесением добавок в полимерную матрицу. Ключевым требованием к таким добавкам должны быть следующие: низкая стоимость, нетоксичность, возможность масштабирования производства, эффективная ассимиляция в окружающей среде. Такими свойствами в полной мере обладают углеродные наноматериалы, прежде всего малослойные графены (МГ), полученные карбонизацией отходов переработки растительного сырья в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

В качестве матрицы использовали полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) с молекулярной массой $M = 6 \cdot 10^4$. Наполнителями служили порошки малослойного графена (МГ), синтезированных из природного лигнина (МГл) и крахмала (МГк)

При использовании полученных таким методом МГ представляется возможным дополнительно решать экологическую проблему - утилизировать отходы деревообрабатывающего и лесохимического комплекса.

Экспериментально показано, что внедрение частиц МГ в целом приводит к существенному снижению эластичности ПЭНП при сохранении прочности при практически важной для упаковочных материалах деформации (до 100 %). Можно утверждать, что эти наполнители прекрасно работают как разрыхлитель или механодеструктор полиэтилена, обеспечивая реальную возможность получения низкодиспесных частиц полимера как сырья для дальнейшей микробиологической обработки.

ЖИДКОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КСЕРОГЕЛЕЙ, ПОРОШКОВ И КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO_2, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Федоренко Н.Ю.[1], Кудряшова Ю.С.[1], Ситникова А.Д.[2]

[1]Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова,

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

e-mail: fedorenkonyu@ya.ru

LIQUID-PHASE SYNTHESIS AND STUDY OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF XEROGELS, POWDERS AND CERAMICS BASED ON ZrO_2, PROMISING FOR USE AS HEAT-INSULATING MATERIALS

Fedorenko N.Yu.[1], Kudryashova Yu.S.[1], Sitnikova A.D.[2]

[1]Branch of The Federal State Budgetary Institution «B.P. Konstantinov St. Petersburg Institute of Nuclear Physics» of The National Research Center «Kurchatov Institute» – Institute of Silicate Chemistry named by I.V. Grebenshchikov,

[2]Saint-Petersburg State institute of Technology

Стабилизированный диоксид циркония широко применяют в качестве теплоизоляционных покрытий. Однако продолжается поиск оптимального состава стабилизирующей добавки для получения материалов с наилучшими эксплуатационными характеристиками. Наиболее перспективными в данном направлении являются оксиды иттрия, иттербия и церия [1, 2]. Для контроля процесса образования и роста частиц ксерогеля, получения нанодисперсных порошков наиболее эффективным является жидкофазные методы синтеза. Использование микрореакторов с интенсивно закрученными потоками может помочь масштабировать данный процесс, а также добиться более равномерного смешения компонентов.

Целью данной работы является синтез ксерогелей в системах ZrO_2–Yb_2O_3 и ZrO_2–Y_2O_3–Yb_2O_3 с последующей низкотемпературной обработкой осадков и обжигом при 600 °C, получение керамики и комплексное исследование свойств материалов. Методом совместного осаждения гидроксидов получены ксерогели в выбранных системах с использованием лабораторной установки с магнитной мешалкой и микровихревого аппарата со встречными закрученными потоками [3]. Установлены закономерности влияния способа синтеза на текстурные характеристики, термолиз и распределение частиц по размерам в ксерогелях и порошках. Изучен фазовый состав, поровая структура, прочностные характеристики полученной из них керамики.

Полученные материалы могут быть использованы для создания теплоизоляционных покрытий.

Работа выполнена в рамках темы НИР филиала НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИХС № 1023033000122-7-1.4.3 «Физико-химические основы неорганического синтеза микро- и наноструктурированных неорганических, органо-неорганических и керамических материалов и покрытий для био-, энерго- и ресурсосберегающих технологий».

Литература:

1. Чубаров Д.А. и др. Авиационные материалы и технологии. 2013. № 4. С. 43–46.
2. Мубояджян С.А.и др. Авиационные материалы и технологии. 2005.№1. С.23–30.
3. Fedorenko N.Yu. et al. Ceramics International. 2022. V. 48. Iss. 6. P. 13006–13013.

КОМПОЗИТНЫЕ КАТИОНПРОВОДЯЩИЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

***Соколова А.А.*[1], *Лёзова О.С.*[2], *Иванова А.Г.*[2]**

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

[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - ИХС*

e-mail: sokolanna08.07@gmail.com

COMPOSITE CATION-CONDUCTING MEMBRANES BASED ON MODIFIED POLYVINYL ALCOHOL

***Sokolova A.A.*[1], *Lezova O.S.*[2], *Ivanova A.G.*[2]**

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

[2]*Branch of the National Research Center «Kurchatov Institute» – PINP – ICS*

Композитные катионпроводящие мембраны, в состав которых входят диоксид церия, являются объектами многочисленных исследований в связи с их повышенной температурной и окислительной стойкостью. Такие мембраны востребованы для применения в водородно-воздушных твердополимерных топливных элементах (ТПТЭ). Наночастицы CeO_2, встроенные в структуру полимерной матрицы мембранного материала, препятствует его разрушению, улавливая свободные перекисные радикалы (образующиеся при работе ТПТЭ) за счет обратимой окислительно-восстановительной реакции $Ce^{4+} \leftrightarrow Ce^{3+}$ [1]. В настоящее время практически отсутствуют работы, посвященные разработке композитных катионпроводящих мембран на основе сшитого и сульфированного поливинилового спирта (ПВС), содержащих CeO_2 в своем составе.

Ранее нами были получены катионпроводящие мембраны на основе сшитого фурфуролом (ФУР) поливинилового спирта, модифицированного ионным допантом – аминосульфоновой кислотой (АСК) и тетраэтоксисиланом (ТЭОС) [2]. Затем была разработана методика синтеза аналогичного мембранного материала с добавлением к нему свежеприготовленного коллоидного раствора диметилсульфоксида, содержащего наночастицы CeO_2.

Целью настоящей работы являлось сравнение физико-химических показателей новых катионпроводящих мембран следующего состава: $ПВС_{1г}/АСК_{0,66г}/ФУР_{0,9мл}/ТЭОС_{0,35мл}$ (мембрана 1) и $ПВС_{1г}/АСК_{0,66г}/ФУР_{0,9мл}/ТЭОС_{0,35мл}/CeO_{2\ 0,00116г}$ (мембрана 2), таблица.

Таблица – Физико-химические показатели новых мембран 1, 2

Маркировка мембранного материала	Максимум ионной проводимости (σ) неувлажненных/увлажненных мембран при температуре °С, См/см	Степень набухания (ΔS) мембран в дистиллированной воде, в течение 10 дней, %	Окислительная стойкость (тест Фентон) – потеря массы мембранного материала, %
Мембрана 1	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$ при 65/$8{,}4 \cdot 10^{-2}$ при 85	76	67
Мембрана 2	$1{,}42 \cdot 10^{-3}$ при 75/$3{,}39 \cdot 10^{-2}$ при 95	72	45

Введение CeO_2 в мембранный материал способствует повышению его окислительной стойкости, смещению температурного максимуму ионной проводимости в сторону больших температур, при уменьшении значений ионной проводимости более чем в 1.7 раз, и незначительному уменьшению степени набухания в воде.

Работа выполнена в рамках ГЗ ИХС РАН (НИР № 0081 - 2022 – 0007).

Литература:

1. Akrout, A. et al. // Membranes (Basel), 2020, V. 10, P. 208.
2. Lezova, O.S. et al. // Journal of Hydrogen Energy, 2022, V. 47, N. 7, P. 4846-4853.

ДЕСЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ГРАФЕНОМ НА ПРИМЕРЕ RDX

Сосновенко К.И.*, *Путис С.М.

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

e-mail: ksosnovenko@mail.ru

DESENSITIZATION OF EC USING RDX AS AN EXAMPLE

Sosnovenko K.I.*, *Putis S.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Энергонасыщенные вещества (ЭВ) являются соединениями, обладающими высокой чувствительностью к механическим воздействиям [1], из-за которой значительно увеличивается опасность процессов их переработки и использования. Для уменьшения чувствительности энергоемких материалов, как правило, используется флегматизация инертными добавками, такими как оксизин (окисленный церезин), стеариновая кислота, церезин-стеариновый сплав, головакс и другие «воскоподобные соединения» [2]. Данные флегматизаторы обладают низкой твердостью и хорошей способностью обволакивать частицы ЭМ, заполняя поры, тем самым снижая его чувствительность к механическим воздействиям. Несмотря на указанные достоинства, флегматизация обладает рядом недостатков, к которым следует отнести снижение энергетических характеристик, непостоянство и неравномерность нанесения инертных добавок на поверхность ЭМ и другие.

В настоящее время представляет интерес флегматизация (десенсибилизация) ЭВ наноуглеродными добавками, одной из которых является графен. Нами выполнена работа по флегматизации ЭВ (на примере RDX), где в качестве флегматизатора выступает стеарат цинка ($(Zn)St_2$) с содержанием 2 % от массы RDX и графено-содержащий флегматизатор (состава 1,5 % $(Zn)St_2$ и 0,5 % графена от массы RDX).

Нанесение флегматизаторов на RDX проводили в воде на поверхность ЭВ (в случае с $(Zn)St_2$) или в водной суспензии графена (в случае гибрида $(Zn)St_2$/графен). Было показано, что полученные продукты, в отличие от не десенсибилизированного RDX, обладают значительно меньшей электролизуемостью, а также характеризуются пониженной чувствительностью к механическим воздействиям.

Чувствительность к трению для всех трех образцов (нефлегматизированного RDX, и флегматизированных чистым $(Zn)St_2$ и гибридом $(Zn)St_2$/графен) примерно одинакова (по ГОСТ Р50835). В свою очередь, чувствительность к удару ($Ч_{уд}$) показала существенное снижение характеристик. Так, например, чувствительность к удару RDX флегматизированного 2 % $(Zn)St_2$ снижается более чем в 2 раза (по русской пробе – ГОСТ 4545) по сравнению с нефлегматизированным, а продукт флегматизированный гибридом $(Zn)St_2$/графен снижает $Ч_{уд}$ более чем в 5 раз.

Таким образом, экспериментально была подтверждена эффективность использования $(Zn)St_2$ и гибрида $(Zn)St_2$/графен в качестве флегматизаторов ЭМ (на примере вещества RDX), которые привели к заметному снижению чувствительности ЭВ к механическим воздействиям.

Литература:

1. T.M. Klapötke. Energetic Materials Encyclopedia. Vol. 1-3. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH. 2021

2. Илюшин М.А., Савенков Г.Г., Мазур А.С. Промышленные взрывчатые вещества: учебное пособие для ВУЗов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург – Москва-Краснодар: Лань. 2021. 200 с. ISBN 978-5-8114-7362-5

Cu-СОДЕРЖАЩИЕ ФОТОАКТИВНЫЕ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ $ZnO-ZnCr_2O_4$ КОМПОЗИТЫ

***Шелеманов А.А.*[1], *Караваева А.В.*[2], *Гаврилова М.А.*[3], *Евстропьев С.К.*[1,3]**

[1]*Университет ИТМО,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,*

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

e-mail: amonobel@yandex.ru

Cu-CONTAINING PHOTOACTIVE AND BACTERICIDAL $ZnO-ZnCr_2O_4$ COMPOSITES

***Shelemanov A.A.*[1], *Karavaeva A.V.*[2], *GavrilovaM.A.*[3], *EvstropievS.K.*[1,3]**

[1]*ITMO University,*

[2]*Saint-Petersburg State Chemical-Pharmaceutical University,*

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

Материалы на основе ZnO, содержащие добавки других полупроводниковых оксидов обладают высокими фотокаталитическими и бактерицидными свойствами и перспективны для практических приложений [1,2]. В настоящей работе были исследованы структура и свойства Cu-содержащих композитов системы $ZnO-ZnCr_2O_4$.

Для синтеза нанокомпозита были использованы растворы нитратов цинка и хрома, в которые были введены добавки растворимого органического полимера поливинилпирролидона. Для исследования структуры, морфологии и свойств нанокомпозита применены методы рентгенофазового и электронно-микроскопического анализов, а также люминесцентной и оптической спектроскопии. Установлено, что нанокомпозит состоит из гексагональных нанокристаллов ZnO, имеющих средний размер 45 нм и кристаллов шпинели $ZnCr_2O_4$, размер которых составляет 9 нм. Полученный нанокомпозит демонстрирует способность к фотогенерации синглетного кислорода под действием излучения видимого диапазона (λ = 405 нм). Интенсивность фотогенерации синглетного кислорода линейно возрастает при увеличении плотности мощности возбуждающего излучения.

Нанокомпозит демонстрирует высокие фотокаталитические свойства при разложении органического диазо красителя Chicago Sky Blue в водных растворах. Кинетика фотокаталитического разложения этого красителя описывается кинетическим уравнением псевдо-первого порядка. Изучение бактерицидных свойств нанокомпозита показало, что он обладает высокой антибактериальной активностью против бактерий ***StaphylococcusaureusATCC 209P.*** На основании совокупности полученных данных можно сделать вывод о высокой перспективности применения разработанного нанокомпозита в фотокаталитических системах очистки воды и воздуха от токсичных органических соединений и болезнетворных микроорганизмов.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского Научного Фонда (проект 20-19-00559).

Литература:

1. A.Shelemanov et al. Cu-doped porous $ZnO-ZnAl_2O_4$nanocomposites synthesized by polymer-salt method for photocatalytic water purification // Journal of Composite Science. 2023. V. 7. 263.

2. M.A. Gavrilova et al. Porous ceramic ZnO nanopowders: features of photoluminescence, adsorption and photocatalytic properties // Ceramics. 2023. V. 6. № 3. P. 1667-1681.

СЕКЦИЯ 16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД ОТ КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ D-ГРУППЫ АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

Далидович В.В., Григорьева Л.В., Богдановская С.А., 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

PURIFICATION OF AQUEOUS ENVIRONMENTS FROM D-GROUP METAL CATIONS BY ACTIVE CARBON FROM FORESTRY WASTE

Dalidovich V.V., Grigor'eva L.V., Bogdanovskaya C.A., Belyankin E.O.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Приоритетной задачей по защите окружающей среды является разработка и создание эффективных и экологически безопасных методов для очистки сточных вод с использованием сорбентов на основе лесосечных отходов, в том числе листвы [1, 2].

В соответствии с ранее разработанной технологией получения фосфорнокислых активных углей (АУф) из опилок и лигнина высокотемпературной термохимической активацией с использованием паровой среды [3] синтезировали АУф из лесосечных отходов лиственных пород с целью исследования их способности к поглощению катионов металлов d-группы. Температура карбонизации и активации составила соответственно 800 °С и 850 °С.

Результаты исследования свойств АУф (полная ПОЕ и статическая СОЕ обменные емкости, сорбция красителя метиленового голубого МГ, предельный объем сорбционного пространства $W_s^б$, удельный суммарный объем пор $V_Σ$, прочность на истирание П, поглотительная способность по катионам меди из водных растворов A_{Cu}) и их сравнение с углями марки БАУ-А и СКТ-4 представлены в таблице.

Концентрация водного раствора сульфата меди составляла 5 % масс.

Таблица – свойства фосфорнокислых активных углей из палого листа

Сорбент	A_{Cu}, мг-экв/г	МГ, мг/г	ПОЕ по NaOH, мг-экв/г	СОЕ по NaCl, мг-экв/г	СОЕ по $CaCl_2$, мг-экв/г	$V_{ми}$, $см^3/г$	$W_s^б$, $см^3/г$	$V_Σ$, $см^3/г$	П, %
АУф	2,0	196	5,44	0,61	0,58	0,45	0,61	1,20	83
СКТ-4	1,7	237	5,25	0,07	0,06	0,51	0,69	1,70	72
БАУ-А	-	120	1,3	0,44	0,41	0,25	0,35	1,50	61

Литература:

1. Далидович В.В., Григорьева Л.В. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2018. № 47(73). С.117-120.

2. Юрьев Ю.Л. Получение и использование березового активного угля для доочистки питьевой воды // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 3 С.169–175. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-169-175

3. Далидович В. В. Сравнение параметров пористой структуры и ионообменных свойств фосфорнокислых активных углей и карбонизатов (тезисы доклада) // Далидович В.В., Григорьева Л.В., Белянкин Е.О. 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. СПб.: СПбГТИ(ТУ). 2023. С.321.

СНИЖЕНИЕ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПУТЁМ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Бузихина Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: kat.buzikhina@mail.ru, dontsovgroup@mail.ru

REDUCING THE ENVIRONMENTAL LOAD BY RECYCLING WORN-OUT CAR TIRES

Buzikhina E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Конструктивным элементом любого автотранспортного средства являются автомобильные шины, которые в процессе своей эксплуатации подвергаются износу. Выбрасывание автомобильных шин приводит к образованию свалок, занимающих земельные участки и являющихся источником загрязнения окружающей среды.

Отработанные автомобильные шины, камеры и покрышки относятся к отходам четвертого класса опасности и запрещены к захоронению, по причине содержания в них полезных компонентов [1]. Изношенные автомобильные шины содержат ценное сырье: саженаполненные каучуки, являющиеся продуктом переработки нефти, металлический и текстильный корды, которые необходимо извлекать и направлять в сферу экономической деятельности для получения новых продуктов.

Одним из продуктов, получаемых в ходе переработки шин, является резиновая крошка разных фракций. Диапазон ее применения очень велик: от модификатора битума и компонента гидроизоляционной мастики до изготовления резиновых покрытий детских площадок и наполнителя для спортивного инвентаря.

Существуют технологии, позволяющие, из утративших потребительские свойства автомобильных шин, извлекать ценные компоненты. К таким технологиям относится метод пиролиза, в процессе которого получают пиролизный газ, пиролизное масло и твёрдый остаток. Механический метод основан на поэтапном измельчении шин. Бародеструкционный метод предполагает продавливание шин гидравлическим прессом бародеструкционной установки сквозь отверстия решетки-матрицы. Криогенный метод основан на изменении состояния резины при воздействии на неё низкими температурами, в результате чего, резина переходит в хрупкое твёрдое стекловидное состояние. При механическом воздействии на шины в таком состоянии, шины рассыпаются на мелкие фрагменты. Озонный метод основан на применении сильного окислителя – озона, под действием которого, в шинах, находящихся в состоянии напряжения, происходит разрыв полимерных связей, приводящий к растрескиванию шин и рассыпанию их на мелкие фрагменты.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, но вместе с тем, способствует освобождению земельных участков от изношенных автомобильных шин, снижая нагрузку на окружающую среду, позволяет поддерживать отечественных производителей оборудования по переработке шин, способствует импортозамещению товаров, произведённых с использованием вторичного сырья.

Литература:

1. Перечень видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.07.2017 № 1589-р. – URL: https://docs.cntd.ru/document/436754215 (дата обращения: 07.10.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА

Соловей В.Н., Гайдадым В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: lera_solovei@mail.ru

DEVELOPMENT OF ACTIVATED CARBON BASED ON PEAT

Solovei V.N., Gaidadym V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Основными требованиями, предъявляемыми к адсорбентам наряду с высокой адсорбционной способностью, является их экологическая безопасность и доступность по стоимости. Главные преимущества торфа, как сырья для получения адсорбентов – это практическая неограниченность запасов, разнообразие по физическим свойствам, а также химическому составу, натуральность, дешевизна, широкое распространение в природе и доступность, что в целом обеспечивает большое разнообразие получаемых продуктов химической переработки торфа, их экологическую надежность и конкурентоспособность по сравнению с синтетическими аналогами.

Разрабатываемый высокомикропористый формованный активный уголь (АУ) на основе торфа и ортофосфорной кислоты является аналогом промышленного АУ марки СКТ-6. К недостаткам промышленного получения угля марки СКТ-6 относится использование дорогостоящего сульфида калия, а также не экологичное производство, которое пагубно воздействует на окружающую среду. Сравнение основных структурных, сорбционных и технических характеристик разработанного АУ с промышленным АУ марки СКТ-6 приведено в таблице.

Таблица – сравнение разработанного АУ с промышленным АУ марки СКТ-6

АУ	$V_{МИ}$, $см^3/г$	$V_{МЕ}$, $см^3/г$	$V_{МА}$, $см^3/г$	V_{Σ}, $см^3/г$	I, %	МГ, мг/г	$\rho_Н$, $г/дм^3$	П, %	A^d, %
Разработанный АУ	0,65	0,14	0,14	0,93	107	191	483	79	13,9
СКТ-6	0,56	0,04	0,26	0,86	99	165	490	73	12,8
$V_{МИ}$ – объем микропор, $V_{МЕ}$ – объем мезопор, $V_{МА}$ – объем макропор, V_{Σ} – суммарный объем пор, I – адсорбционная активность по йоду, МГ – адсорбционная активность по метиленовому голубому, $\rho_Н$ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, A^d – зольность.									

По приведенным данным видно, что полученный АУ обладает более развитой пористой структурой по сравнению с аналогом СКТ-6. Эффективный объем микропор в данном случае у разработанного АУ выше на 16 %, а объем мезопор больше в 3,5 раза. Что касается суммарного объема пор, определенного по воде, то данный показатель выше на 8 % у гранул, полученных на основе торфа с фосфорной кислотой.

Показатели адсорбционной активности по йоду и метиленовому голубому у полученного АУ выше, чем у СКТ-6, что объясняется более высокоразвитым объемом микро- и мезопор.

Необходимо отметить, что полученный АУ имеет более высокое по сравнению с аналогом значение прочности при истирании. По показателям насыпной плотности и зольности сравниваемые образцы не уступают друг другу.

Проведенное сравнение основных характеристик полученного в лаборатории гранулированного АУ на основе торфа и фосфорной кислоты с промышленно выпускаемым активным углем СКТ-6 показало, что разработанный сорбент превосходит свой аналог практически по всем показателям и является весьма перспективным адсорбентом для внедрения его в различные технологические процессы.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСАМОКАТОВ НА ЭКОСИСТЕМУ ГОРОДА И СПОСОБЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Зайцев К.А., Донцов С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерная защита окружающей среды

e-mail: KonstantinKruspe@gmail.com, dontsovgroup@mail.ru

THE IMPACT OF ELECTRIC SCOOTERS ON THE CITY ECOSYSTEM AND WAYS TO REDUCE IT

Zaitsev K.A., Dontsov S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В наше время активно развиваются средства индивидуальной мобильности, и одним из ярких примеров таких устройств являются электросамокаты (ЭС) [1].

Нужно создать методы и подходы для исследования воздействия ЭС на окружающую среду (ОС). Проведенный ранее анализ показал, что наиболее применим подход, основанный на методологическом принципе жизненного цикла (ЖЦ) [2].

ЖЦ ЭС связан с разными этапами и действиями, которые влияют на экологическую обстановку и здоровье людей. Сначала нужно добыть и обработать сырьё, потом произвести и перевезти материалы, необходимые для создания ЭС. После начинается этап использования, за которым следует техническое обслуживание и ремонт. Наконец, ЭС нужно утилизировать. На каждом из этих этапов – есть выбросы в ОС, а работники могут подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов.

На первом этапе ЖЦ происходит добыча и обработка сырья, а также изготовление материалов, из которых состоит ЭС, и материалов, необходимых для его функционирования.

На втором этапе ЖЦ производятся отдельные комплектующие ЭС и соединяются воедино.

На третьем этапе ЖЦ ЭС используют по назначению, он служит своей основной цели - перевозке пассажиров. Это продолжается до тех пор, пока транспортное средство не станет невозможно использовать дальше.

На четвертом этапе чтобы вернуть ЭС рабочее состояние, проводят техническое обслуживание и ремонт. В ходе этих работ заменяют или восстанавливают детали, которые больше не могут выполнять свои функции.

На пятом и финальном этапе ЭС разбирают, перерабатывают непригодные детали, материалы используют повторно, а отходы утилизируют.

Чтобы предотвратить потенциальные экологические угрозы, необходимо принять ряд превентивных мер, в том числе и разработать эффективные методы переработки и утилизации различных компонентов использованных ЭС, в первую очередь аккумуляторных батарей. Эти действия обеспечат заданный уровень безопасности на всех этапах ЖЦ ЭС и помогут купировать возможные угрозы в будущем, что будет способствовать стремительному развитию современных технологий в городе.

Литература:

1. Официальный сайт «Парламентская газета». URL: https://www.pnp.ru/social/kolichestvo-elektrosamokatov-na-ulicakh-gorodov-rezko-vyrastet.html

2. Донцов С.А. К вопросу экологической безопасности аккумуляторных батарей электромобилей / Донцов С.А. // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2020. No 31. С. 76-79.

ВЛИЯНИЕ УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

Костюк С.В.*, *Костюк Л.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической энергетики
e-mail: sv-kostuk@mail.ru

THE IMPACT OF REMOTE WORK ON WORK EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY

Kostyuk S.V.*, *Kostyuk L.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Тема организации удаленной работы персонала особенно актуальна в наши дни, поскольку из-за неблагоприятной эпидемической ситуации в мире и последующих ограничений, многим работникам пришлось покинуть свое обычное рабочее место и продолжить свою деятельность из дома. [1].

Возникает необходимость создать методические подходы для решения таких вопросов как понятие удаленной работы и влияние удалённой работы на работоспособность персонала и производительность труда [2].

Для выявления основных факторов, влияющих на способность работников выполнять свои обязанности были проведены многочисленные исследования. Все участники исследований имели опыт как традиционной, так и удаленной работы. Результаты почти всех опросов показали, что подавляющее большинство респондентов (85 %) испытывали проблемы с концентрацией внимания при удаленной работе. Проблема с распределением времени стояла не так остро, так как при ответе на вопрос «Были ли у вас когда-нибудь трудности с распределением времени?», мнения разделились 50 % на 50 %. Опять же, подавляющее большинство респондентов столкнулось с проблемой ощущения трудностей в общении, что указывает на важность решения этой проблемы. С небольшим отрывом (55 %) было выявлено большинство отрицательных ответов на вопрос «чувствует ли респондент меньшую ответственность во время удаленной работы», а это значит, что необходимо уделять больше внимания такой проблеме. Судя по ответам респондентов, ощущение загруженности при удаленной работе у большинства совершенно не изменилось, а значит, нет необходимости включать эту проблему в список наиболее важных.

Несмотря на выявленные проблемы, в целом можно сделать вывод, что дистанцирование положительно влияет на работоспособность персонала и производительность труда. Независимо от того, положительно или отрицательно респондент относился к удаленному формату, большинство согласилось с тем, что все дело в организации работы. Поэтому можно предлагаем работодателям обратить особое внимание грамотному управлению в вопросах организации удаленной работы.

Также, при организации удаленной работы необходимо учитывать уровень должности персонала. Так как при исследовании было выявлено, что производительность труда при удаленном типе работы больше повышается у работников, которые занимают более высокие должности. То есть, работодателям можно рекомендовать применять дифференцированный подход при установке правил посещения офиса.

Литература:

1. Костюк, Л.В. Влияние удаленной работы на работоспособность персонала / Л.В. Костюк, О.А. Дудырева. // Экономический вектор: научный журнал. 2022. № 2 (29). С. 27 – 28

2. Исследование показало, как «удаленка» влияет на производительность труда [https://naukatv.ru/news/issledovanie_pokazalo_kak_udalenka_vliyaet_na_proizvoditelnost_truda]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОАКТИВНЫХ АДСОРБЕНТОВ

Кочеткова К.В.*, *Морозова В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов сорбционной техники

e-mail: ksyu.kochetkova@bk.ru, vera_nikonova@mail.ru

THE USE OF HYDROLYZED LIGNIN FOR THE PRODUCTION OF HIGHLY ACTIVE ADSORBENTS

Kochetkova K.V., 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 высоко активного сорбента на основе гидролизного лигнина. Полученный материал может применяться для очистки газовых и жидких сред. 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), а также последовательная обработка серной и ортофосфорной кислотами (ГЛ+СК+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 (Ws – предельный объем сорбционного пространства, $V_{ми}^{эф}$ – эффективный объем микропор, Пр – прочность материала на истирание, МГ – поглотительная емкость по метиленовому голубому из воды) которые представлены в таблице.

Таблица – Характеристики полученных сорбционно-активных материалов

Состав	$W_S, см^3/г$	$V_{ми}^{эф}, см^3/г$	Пр, %	МГ, мг/г
ГЛ+Щ	0,51	0,18	92	196
ГЛ+К	0,54	0,26	89	206
ГЛ + СК + К	0,79	0,46	94	197

По полученным данным видно, что значение предельного объема сорбционного пространства выше у материалов, обработанных последовательно серной и ортофосфорной кислотой. При этом данный материал, также обладает развитой микропористой структурой и имеет высокую прочность 94 %. Из таблицы также видно, что все представленные материалы обладают высокими поглотительными свойствами по отношению к метиленовому голубому, что подтверждает возможность их использования для очистки водных сред.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ИМПРЕГНИРОВАННЫХ ГИГРОСКОПИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ АЭРОСИЛОВ

Лебедев Т.К., Григорьева Л.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: sekretar_sorbentov@mail.ru

STUDYING THE PROPERTIES OF AEROSIL IMPREGNATED WITH HYGROSCOPIC ADDITIVES

Lebedev T.K., Grigoryeva L.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время в технике достаточно широко применяется аэросил. Его инертность, узкое распределение пор по размерам, термостойкость определяют его хорошие сорбционные характеристики, в том числе по парам воды. Композиты на основе аэросилов применяются в процессах очистки водных и газовых сред, и как осушители для защиты технических устройств различного типа от коррозии.

Импрегнирование композита гигроскопическими добавками позволяет повысить его осушающие возможности. А также придать ему специфические свойства.

Были получены аэросилы в таблетированной форме на основе кремнезольного связующего (А-380; 30 %-й золь кремниевой кислоты (ЗКК); содержание связующего 30 % по массе), импрегнированные гигроскопическими добавками: водными растворами 20 %-ого K_2HPO_4, 10 %-ого $CaCl_2$ и 10 %-ого Na_2CO_3.

Было проведено исследование свойств полученных материалов. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Характеристики таблетированных аэросилов на основе ЗКК

Носитель	Соль	Соотношение аэросил : ЗКК	W_s^{C6H6}, $см^3/г$	V_Σ^{H2O}, $см^3/г$	$V_{ми}$, $см^3/г$
Аэросил порошок	-	-	1,38	1,40	-
Аэросил таблетированный	-	7:3	1,24	1,33	0,36
	Na_2CO_3	4:1	1,21	1,25	0,12
		7:3	1,10	1,18	0,19
		3:2	1,07	1,12	0,21
	K_2HPO_4	4:1	1,03	1,09	0,11
		7:3	1,00	1,07	0,17
		3:2	0,90	1,00	0,16
	$CaCl_2$	4:1	0,93	0,99	0,14
		7:3	0,89	0,94	0,18
		3:2	0,88	0,91	0,23

Импрегнирование таблетированных аэросилов повышает их адсорбционную способность по парам воды в широком диапазоне относительных давлений на 15 %, но отрицательно сказывается на кинетике поглощения. Наблюдается некоторое снижение величины удельной поверхности композитов по отношению к исходным материалам.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С МЕДИЦИНСКИМИ ОТХОДАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Литовский И.Н.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: litovskijivan@yandex.ru, dontsovgroup@mail.ru

LEGAL REGULATION OF MEDICAL WASTE MANAGEMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

Litovskij I.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Медицинские отходы (МО) – это все отходы, образующиеся в процессе осуществления медицинской и фармацевтической деятельности, деятельности по производству лекарственных средств и медицинских изделий. Учитывая специфику МО, их не относят к отходам производства и потребления, следовательно, их обращение должно регулироваться не Федеральным Законом «Об отходах производства и потребления», а самостоятельным специфическим законодательством.

Исследователи выделяют [1] на основе анализа зарубежного опыта три возможных пути развития законодательства об обращении с МО. Соответствующие нормы могут: a) быть закреплены в отдельном законе о МО; b) составлять часть общего законодательства о всех видах отходов, являясь его важной обособленной частью; c) составлять часть законодательства о санитарно-эпидемиологическом благополучии и охране здоровья граждан. Актуальное российское законодательство соответствует третьей модели. Так, основные нормы, регулирующие обращение с МО, содержатся в СанПиН 2.1.3684-21 и Федеральном Законе №323-ФЗ от 21.11.2011 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Кроме того, с 1 июля 2025 года в силу вступают изменения [2] законодательства в сфере обращения с МО, которые еще сильнее закрепляют этот курс. В частности, изменения затронут Федеральный Закон №52-ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»: в нем появятся термины «обращение с медицинскими отходами», «накопление медицинских отходов», «обеззараживание медицинских отходов», «Обезвреживание медицинских отходов»; статья 22, касающаяся ранее санитарно-эпидемиологических требований к обращению с отходами производства и потребления, будет теперь затрагивать как отходы производства и потребления, так и МО. А в последующей редакции (с 01.09.2026) в указанном Федеральном Законе появится статья 22.1 «Особенности обращения с медицинскими отходами», которая возьмет на себя функцию законодательного регулирования процедур накопления, обеззараживания, транспортирования и обезвреживания МО, которая ранее возлагалась на Санитарные Правила и Нормы СанПиН 2.1.3684-21.

Исходя из вышесказанного, возникает проблема синхронизации вновь введенных норм и ранее существующих в рамках действующего СанПиН 2.1.3684-21.

Литература:

1. Пономарев, М.В. Правовой режим отходов медицинской деятельности / М.В. Пономарев, Ф.В. Цомартова // Журнал российского права. 2019. №9. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoy-rezhim-othodov-meditsinskoy-deyatelnosti

2. Федеральный Закон от 08.08.2024 №306-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202408080110

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ КОРОСОДЕРЖАЩЕГО ПОТОКА НА СТАДИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Мазурик Д.И.*, *Дягилева А.Б.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленный технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики

e-mail: mazurikdi@mail.ru

THE USE OF SOLUBLE COMPONENTS BASED ON AN AQUEOUS EXTRACT OF A CRUST-CONTAINING STREAM AT THE STAGE OF BIOLOGICAL LAND RECLAMATION

Mazurik D.I.*, *Duagileva A.B.

St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design, Higher School of Technology and Energy

В докладе представлены возможности использования жидких побочных продуктов, получаемых на стадии переработки древесины, в качестве стимуляторов роста для накопления биомассы почвы при рекультивации земель. Разрабатываемое технологическое решение является основой нового способа формирования биологического слоя почвы без использования плодородного слоя. В работе исследованы влияния экстрактивных веществ коры, на биометрические показатели вновь формируемого почвенного слоя.

Поддержание и сохранение биологической активности почвенного слоя на урбанизированных территориях, в том числе в зоне развития транспортной инфраструктуры, является актуальной задачей. Главными факторами устойчивости территории к негативным воздействиям являются особые физико-химические свойства почвенного покрова и его реакция на антропогенные воздействия. В режиме стрессового воздействия любого происхождения на почвенный покров происходит существенная деградация последнего, в том числе таких его параметров как химические, физические и биологические свойства. Как правило, процесс деградации почвенного покрова приводит к эрозии, способствует миграции подвижных компонентов антропогенного происхождения, что ухудшает состояние экологической системы в целом.

Лесоперерабатывающая отрасль – потенциальный обладатель сырья для получения новых реагентов для регулирования и стабилизации физико-химических процессов, происходящих в почвенном слое. Установлено, что в процессе механической окорки древесины, в воду переходят биологически активные вещества [1], являющиеся продуктами биосинтеза и в освобожденном виде способствующие формированию биомассы.

Данная работа направлена на оценку потенциальной возможности использования водной вытяжки коросодержащего потока как новой питательной среды при формировании биологически активного слоя. Предварительные исследования показали, что для формирования биологически активного плодородного слоя можно вносить оригинально подготовленные композиции и накапливать биомассу в процессе рекультивации за счет адаптации, активного роста растений с помощью стимуляторов, высокой продуктивности фотосинтеза.

Литература:

1. Дягилева А.Б., Михайлова С.Б., Смирнова А.И. Оценка ростостимулирующей активности веществ коросодержащих сточных вод деревообрабатывающих предприятий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. №2. С. 211-227. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-2-211-227.

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИИ С СУДНА В СЛУЧАЕ ПОЖАРА

АШ-Шериаа Х.Т., Овчаров И.А., Данилова Т.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: lev1948@mail.ru, sygimota@gmail.com, danilova.t@mail.ru

ON THE POSSIBILITY OF SUBSTANTIATING THE MATHEMATICAL MODELING OF EVACUATION FROM A SHIP IN CASE OF FIRE

ASH-Sheriaa H.T., Ovcharov I.A., Danilova T.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для проведения успешной эвакуации необходимое время эвакуации рассчитывается:

$$T_Э = f(v_{ОФП}) \quad (1)$$

Чаще всего формула может быть отображена зависимостью

$$T_Э = \{min\}T_{k\,i}=R_k \times (v_{ОФП\,i})^{-1} \le \{T_Э\} \quad (2)$$

где $T_{k\,i}$ – время распространения i-го опасного фактора пожара (ОФП) на расстояние R_k; R_k – расстояние рассматриваемого k-го участка пути эвакуации первоначально от очага пожара, а затем – от фронта распространения i-го ОФП; $v_{ОФП\ i}$ – скорость распространения i-го опасного фактора. Формулы (1) и (2) показывают, что необходимо увеличить расстояния от фронта пожара до пути эвакуации, уменьшать скорость распространения ОФП, защищать людей от воздействия ОФП.

Путь движения людского потока при расчёте времени эвакуации подразделяется на участки длиной l_i и шириной δ_i. Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

Исходя из общих соображений, при движении группы людей должно быть обеспеченно соотношение:

$$D_{НКР} < D < D_{ВКР} \quad (3)$$

В котором $D_{НКР}$ и $D_{ВКР}$ – нижние и верхние критическое значение плотности людского потока, до и после которых скорость перемещения людей будет снижаться и более вероятно возникновение паники. Для $D_{ВКР}$ при увеличении плотности потока люди начинают мешать друг другу, возникают скопление людей у дверей, люках, лестницах, часть людей впадут в ступор и это может привести к беспорядку. Вторая часть неравенства (3) - $D < D_{ВКР}$ может быть объяснена развитием паники при отсутствии рядом достаточного количества людей, что соответствует закону Йеркса-Додсона (наилучшие результаты достигаются при средней интенсивности активации нервной системы). Исследования и разработка процессов эвакуации с судов и средств океанотехники необходимо определить многие не выясненные до нашего времени физико-химические условия развития пожара и биологические, психологические закономерности. Успешность эвакуации при пожаре на судне зависит от многих факторов: организации подготовки экипажа, работников предприятия, контрагентов, пассажиров, оснащённости спасательными средствами, скоростью распространения опасных факторов пожара и погодно-климатическими условиями

Литература:

1. Гавриленко А.М. Теоретические основы возникновения и развития корабельного пожара. СПб.: 1996 239 с.

2. Экспериментальная психология / под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. — Москва: Прогресс, 1975. — Вып. 5. — С. 119—125

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО СИЛИКАТНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

Парих К.А. [1,2]***, Аликина Ю.А.*** [2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа,*
[2]*Филиал НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ - ИХС*
e-mail: ksusha.parikh@gmail.com

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL SILICATE SORBENT FOR THE EXTRACTION OF ANTIBIOTICS OF DIFFERENT CLASSES

Parikh K.A. [1,2]***, Alikina Yu.A.*** [2]

[1]*Saint-Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*NRC «Kurchatov Institute» - PNPI - IHS*

Загрязнение сточных вод антибиотиками является одной из причин развития антибиотикорезистентности микроорганизмов, что представляет серьезную угрозу для общественного здравоохранения. В сточных водах обнаруживают антибиотики преимущественно таких классов, как фторхинолоны, макролиды, бета-лактамные, поликетиды и т.д. Это свидетельствует о том, что имеющаяся очистка недостаточно эффективна по отношению к антибактериальным средствам. Усовершенствование очистных систем путем подбора наиболее эффективных сорбентов позволит внести вклад в решение данной проблемы.

В качестве адсорбентов были выбраны синтетические алюмосиликаты со структурой монтмориллонита $Na_{2x}(Al_{2(1-x)},Mg_{2x})Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ ($0<x\leq1$), которые были получены в гидротермальных условиях. Сорбционную способность определяли в водных растворах ципрофлоксацина, амоксициллина, азитромицина и тетрациклина с концентрацией 0,3 г/л в течение 2 ч при постоянном перемешивании. Концентрацию антибиотиков определяли с использованием УФ-спектроскопии поглощения по величине оптической плотности на длине волны 275 нм (для ципрофлоксацина), 228 нм (для амоксициллина), 187 нм (для азитромицина) и 357 нм (для тетрациклина).

Изучена сорбционная способность на наиболее эффективном составе $Na_{0.2}Al_{1.8}Mg_{0.2}Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot H_2O$ по отношению к ципрофлоксацину, амоксициллину, тетрациклину и азитромицину, адсорбционная емкость составляет 298, 57, 298, 116 мг/г соответственно. Различная адсорбционная активность обуславливается размерами молекул и составом функциональных групп, обуславливающих заряд и его силу.

В сточных водах антибиотики находятся совместно, поэтому целесообразно оценить селективность извлечения на $Na_{0.2}Al_{1.8}Mg_{0.2}Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot H_2O$ при исходных концентрациях антибиотиков 0,1 г/л. По результатам, представленным в таблице, можно отметить, что поглощение антибактериальных веществ монтмориллонитом при данной исходной концентрации остается прежним и конкуренции за места адсорбции почти не происходит.

Таблица – Селективность извлечения из водного раствора антибиотиков различных классов

Название антибиотика	ципрофлоксацин	амоксициллин	тетрациклин	азитромицин
Сорбционная емкость, мг/г	151 ± 4	88 ± 7	102 ± 2	77 ± 7

Таким образом, $Na_{0.2}Al_{1.8}Mg_{0.2}Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot H_2O$ является высокоэффективным адсорбентом для извлечения бактерицидных препаратов из сточных вод, при этом совместное присутствие антибиотиков различных классов не снижает адсорбционную способность.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ 3D-ПЕЧАТИ ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА КАЛЬЦИЯ

Привалова А.Э.*, *Зотов А.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: a615hi191114.3@gmail.com

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF 3D-PRINTING OF A CHEMICAL ABSORBER BASED ON CALCIUM HYDROXIDE

Privalova A.E.*, *Zotov A.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях возрастающей концентрации углекислого газа в атмосфере и необходимости его удаления из промышленных выбросов, разработка эффективных и экономичных поглотителей приобретает особую значимость. Традиционные методы получения поглотителей часто сопровождаются высокими затратами и ограниченной гибкостью в дизайне адсорбционных блоков. В связи с этим, исследование возможностей применения аддитивных технологий представляется перспективным направлением [1].

Целью настоящего исследования является изучение влияния химического состава пасты на ее способность к формованию. В представленной работе рассматривалось продавливание пасты через сопло путем приложения давления сжатого воздуха. В качестве основного компонента пасты использовался гидроксид кальция. Было исследовано влияние влажности и введения органических кислот в пасту на минимальное давление формования и способность пасты сохранять свою структуру под воздействием давления.

В стандартный состав пасты для изготовления химического поглотителя входили: гидроксид кальция $Ca(OH)_2$, гидроксид натрия NaOH, дистилированная вода H_2O. В ходе исследования менялись соотношения вводимых компонентов, а также добавление уксусной кислоты CH_3COOH в качестве модификатора.

Предварительные результаты исследования показали, что увеличение влажности пасты снижает минимальное давление, необходимое для формования через сопло, однако негативно влияет на структурную целостность образцов. Введение органической кислоты в состав пасты позволило добиться улучшенного формования, замедлило застывание, что позволило пасте лучше выдавливаться из сопла, что свидетельствует о возможности оптимизации состава для 3D-печати (таблица).

Таблица – Минимальное давление формования при различных химических составах

№	Химический состав				Минимальное давление формования, МПа
	$Ca(OH)_2$, г	NaOH, мл	H_2O, мл	CH_3COOH, мл	
1	12	2	5	-	4,12
2	12	2	6	-	1,47
3	12	2	7	-	0,98
4	12	2	4	1	-
5	12	2	5	1	1,77

Литература:

1. Известковые хемосорбенты. Получение. Свойства. Применение / Т.В. Гладышева [и др.]. – М.: Издательский дом «Спектр», 2015. – 3 с.

ПОЛУЧЕНИЕ БЛОЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ

Сухоносов К.П.*, *Спиридонова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов сорбционной техники

e-mail: kirill1gym@mail.ru

PRODUCTION OF BLOCK CHEMICAL ABSORBERS USING 3D TECHNOLOGIES

Sukhonossov K.P.*, *Spiridonova E.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Химический поглотитель известковый (ХП-И), используемый для очистки воздуха от CO_2, обладает приемлемыми характеристиками и достаточной легкой технологией производства. Однако, большинство работ, направленных на улучшение свойств поглотителя, предлагают введение новых материалов в состав исходной пасты.

В данной работе была исследована возможность получения ХП-И с составом согласно ГОСТ 6755-88 с применением 3D-технологий.

Получение осуществляли следующим образом. Смешивали в сухом виде $Ca(OH)_2$ – 96 масс. % и NaOH – 4 масс. %, согласно ГОСТ 6755-88, затем добавляли воду для получения пасты с содержанием воды – 40 масс. %. После чего полученную пасту загружали в экструдер, который закреплялся на 3D-принтере (см. рисунок). Суть получения базируется на печати изделий заданной формы смоделированных в специальном ПО. Сама 3D-печать осуществлялась на экспериментальной установке, разработанной в лаборатории исследования наноструктур Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской Академии Наук. Экструзия проводилась при скорости 0,5 ($см^3$/с). Были получены 3 формы изделий: 1 – изделие с прямоугольными закрученными каналами (под 45 °); 2 – изделие с прямыми каналами и решетчатой структурой (с чередованием слоев под 90 °); 3 - изделие с геометрией каналов (Gyroid). После получения блочные изделия сушили 3 ч. при температуре 180 °С (см. таблицу).

Полученные материалы оценивались по площади удельной поверхности ($м^{2/}г$), сопротивлению слоя (Па), плотности ($г/см^3$).

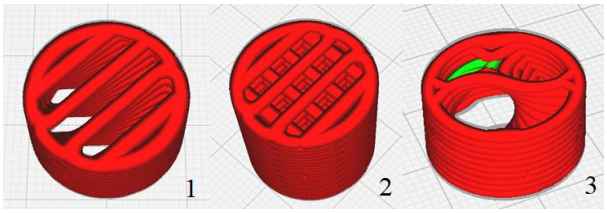


Рисунок – 3D-модели изделий

Таблица – Сравнительная характеристика изделий

Изделие	$S_{уд}$, $м^{2/}г$	Ω, Па	ρ, $г/см^3$
1	0,90	4	1,24
2	0,90	6	1,25
3	0,90	4	1,23
ХП-И	1,20	6	0,90

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО: МЕТОДЫ И ИХ СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИИ

Усачева У.О.*, *Полетаев К.А.*, *Зыкова П.Д.

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

e-mail: ul.usa4eva@yandex.ru

LEAN MANUFACTURING: METHODS AND THEIR MODERN APPLICATION IN RUSSIA

Usacheva U.O.*, *Poletaev K.A.*, *Zykova P.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время ведется поиск новых форматов повышения эффективности организации процессов функционирования производственных линий, грамотного планирования технического обслуживания аппаратов для сокращения времени простоя оборудования. Для решения подобных задач все чаще применяются методы бережливого производства – это концепция рационализации бизнес-процессов, система организации работы предприятия, направленная на сокращение потерь и оптимизацию всех процессов в производственной цепочке.

Среди методов бережливого производства: Just-In-Time, Кайзен, всеобщее обслуживание оборудования (TPM), система Андон, канбан, быстрая переналадка (SMED), стандартизация работы, защита от ошибок (poka-yoke). Однако наиболее часто не только на производствах, но и в офисной работе для организации рабочего места прибегают к использованию самого известного инструмента бережливого производства – системы 5S, разработанной в послевоенной Японии. Эта система стоит на 5 столпах-наставлениях: сортируйте (яп. «сейри»), соблюдайте порядок (яп. «сейтон») содержите в чистоте (яп. «сейсо»), стандартизируйте (яп. «сейкецу») и сохраняйте самодисциплину (яп. «сицуке»). Все пять шагов одинаково важны, однако особенно важен первый этап определения нужных и ненужных вещей на рабочем месте и их сортировка частоте их использования и по зонам доступа сотрудника.

Также в мировой практике все чаще на крупных промышленных предприятиях используется метод быстрой переналадки SMED (англ. «Single-Minute Exchange of Dies») для сокращения потерь и издержек, вызванной переналадкой и переоснасткой оборудования и как следствие простоем технологической линии. Для применения метода необходимо составить так называемую карту текущего состояния процесса переналадки путём подробного хронометража всех действий, выполняемых каждым сотрудником. Все действия разбиваются на 3 категории: внутренние операции (выполняемые при остановленном оборудовании), внешние (выполняемые при работающем оборудовании) и лишние (не приносящие ценности вовсе). После подробного описания всех операций и распределения их по категориям, главной задачей становится устранение лишних и сокращение внутренних операций путём перевода части из них в категорию внешних, то есть тех, которые можно выполнить при неостановленном оборудовании.

Примерами компаний и предприятий, которые активно применяют методы бережливого производства, являются ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «КАМАЗ», группа компаний «Danaflex», ОАО «Кировский шинный завод», АО «Сибирская Аграрная группа», агрохолдинг «Кубань» Краснодарского края и многие другие. Можно заключить, что преимуществом и недостатком методов бережливого производства является их универсальность, т.е. они могут быть применены на любом предприятии, однако их реализация требует анализ конкретной специфики того или иного объекта.

Необходимо понимать, что в процессе внедрения бережливого производства нет конечной точки, так как это путь непрерывного улучшения, в которых главной ценностью должны быть потребители и сотрудники.

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТОРОННИХ ШУМОВ И МЕТОДЫ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ

Югай Л.А.*, *Козлов Н.М.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды

e-mail: Leonid_yy@mail.ru

SOUND PRESSURE LEVEL ANALYSIS: INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THIRD-PARTY NOISES AND METHODS OF THEIR ELIMINATION

Yugai L.A.*, *Kozlov N.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В данной статье представлено исследование, целью которого было исключение сторонних источников шума при измерении уровня звукового давления на промышленной территории. В эксперименте были проведены два ряда замеров: без шумозащитных средств и с использованием шумозащитного экрана, что позволило оценить влияние посторонних звуков и эффективность шумозащитных конструкций для определения звукового давления от технологических линий [1,2].

В ходе эксперимента были проведены замеры шумомером Экофизика-110А в точках измерения на производственной территории. В первом ряду замеров, проведенном без шумозащитных конструкций, было зафиксировано значительное влияние внешних источников шума, таких как транспортные потоки, работающие оборудование и другие факторы, что затрудняло получение достоверных данных о звуковом давлении, исходящем непосредственно от технологических линий [3].

Во втором ряду замеров, осуществленных с использованием шумозащитного экрана, наблюдалось заметное снижение уровня звукового давления. Это подтверждало гипотезу о том, что шумозащитные конструкции могут эффективно минимизировать влияние посторонних звуков, тем самым обеспечивая более точные измерения акустических характеристик производственного оборудования.

Данные результаты имеют практическое значение для разработки мероприятий по контролю звукового давления на территории промышленных объектов, так же позволит провести оценку уровня звукового давления непосредственно от исследуемых объектов промышленного комплекса [1,4].

Кроме того, результаты исследования могут быть использованы для оценки соответствия уровней звукового давления нормативным требованиям и стандартам устанавливаемым в рамках технологических нормативов для промышленных объектов негативного воздействия [1,3].

Литература:

1. Югай Л.А. Возможность применения метода измерения промышленных предприятий с множественными источниками шума в условиях плотной застройки промышленными предприятиями // Noise Theory and Practice. – 2023. – Т.9, №4. – С. 79-91

2. Пономарев А.Л., Уланова Т.С., Молок О.А., Метод измерения шума и оценка вклада крупного промышленного предприятия в шумовую обстановку селитебной территории // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 12. С. 59-65.

3. Методические указания МУК 4.3.3722-21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях»

4. Н.Г. Кузнецов, С.Г. Тяглов, М.А. Пономарева, Н.Д. Родионова Роль наилучших доступных технологий в развитии инновационного потенциала региона // Экономика и управление: теория и практика 2020 – Т9, № 2 – С. 59-64.

СЕКЦИЯ 17.
БИОТЕХНОЛОГИЯ



ИНГИБИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ АННЕЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИМИДАЗО[1,5-А]ПИРИДИНА В ОТНОШЕНИИ ВИРУСА ГРИППА В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК

***Аксаков С.И.*[1], *Зарубаев В.В.*[2], *Хачатрян Д.С.*[2]**

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

[2]*Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера*

e-mail: aksakovsi@mail.ru

INHIBITORY ACTIVITY OF NEW IMIDAZO[1,5-A]PYRIDINE DERIVATIVES AGAINST INFLUENZA VIRUS IN CELL CULTURE

***Aksakov S.I.*[1], *Zarubaev V.V.*[2], *Khachatryan D.S.*[2]**

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

[2]*Pasteur Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology*

Введение. Грипп — это острое респираторное заболевание человека, которое может проявляться как сезонными эпидемиями, возникающими каждые 2-3 года, так и глобальными пандемиями. Грипп вызывается вирусом, который принадлежит к семейству ортомиксовирусов и имеет (-)РНК-геном. Эта особенность делает вирус гриппа очень изменчивым. Из-за частых мутаций в геноме вируса гриппа постоянно появляются новые штаммы, которые могут быть устойчивы к существующим лекарствам. В связи с постоянным появлением новых штаммов гриппа, устойчивых к существующим лекарственным препаратам, чрезвычайно важно проводить исследования для разработки новых противовирусных препаратов.

В настоящей работе мы описываем результаты изучения противовирусного действия новых соединений на базе аннелированных производных имидазо[1,5-а]пиридина (см. рисунок).

Материалы и методы. В работе использовали вирус гриппа A/PR/8/34 (H1N1). Вирус культивировали в клетках линии MDCK. Для каждого соединения было оценено значение 50 % цитотоксической дозы (CC50) и 50 % ингибирующей дозы (IC50) при помощи метилтетразолиевого теста. Также было рассчитано значение индекса селективности (SI – отношение CC50 к IC50). Соединения с SI равным 10 и выше считали активными.

Результаты. В исследуемой библиотеке, состоящей из 23 соединений, 10 (43, 48 %) показали индекс селективности 10 и выше, что позволяет охарактеризовать изученную библиотеку как высоко активную. В ходе анализа было выявлено, что соединения, которые в качестве заместителя R1 несли фенол или фенильную группу, замещенную по *пара*-положению метильной группой или галогенами, обладали существенно меньшей токсичностью (повышенным значением CC50). В отношении заместителя R2 было показано, что максимально выраженными противовирусными свойствами (низкая токсичность, низкие значения IC50 и как следствие, высокие индексы селективности), обладали соединения с объёмными фенольными радикалами с такими заместителями как метил, хлор, этил, а также простые и сложные эфиры на базе этилового спирта (см. рисунок).

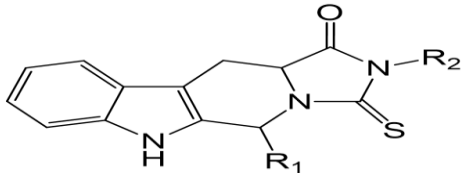


Рисунок – структурная формула аннелированных производных имидазо[1,5-а]пиридина

АКТУАЛЬНОТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФЕРМЕНТОВ В РОССИИ

Аниселя И.В.

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

e-mail: iraanisenya@yandex.ru

THE RELEVANCE OF THE CONSTRUCTION OF AN ENZYME PRODUCTION PLANT IN RUSSIA

Anisenya I.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Активное развитие биотехнологии и научные открытия в области энзимологии сделали ферменты неотъемлемой частью многих пищевых технологий. Использование ферментов ускоряет процесс, значительно увеличивает выход конечного продукта, улучшает качество, экономит ценное сырье и сокращает количество отходов.

В пищевых технологиях используются гидролитические ферменты – это важнейший класс ферментов, используемых при переработке пищевого сырья. Наибольшее применение в пищевой технологии нашли гидролазы подклассов эстераз, гликозидаз, пептидгидролаз. Ферменты используются в таких отраслях как хлебопечение, производство спирта, переработка фруктовых и овощных соков, производство дрожжей, сыров, творога, мясных и рыбных продуктов, белковых гидролизатов, превращенных сиропов и крахмалов [1].

В настоящее время производство ферментов в России является одной из самых импортозависимых отраслей. Около 90 % российских ферментов закупается за рубежом, в том числе в странах Европейского союза и Азии. Получение ферментов отечественного производства является одной из приоритетных задач для пищевой биотехнологии.

Инновационные биотехнологии в области применения ферментных препаратов открывают технологические возможности по созданию новой специализированной продукции. На современном этапе в широком масштабе используются ферментные препараты микробного происхождения, которые могут стать основным источником для производства отечественных ферментов.

В целом цены на закупку ферментов значительно вырастут в ближайшие годы, поэтому новое биотехнологическое производство ферментов в России откроет потребителям новые возможности для снижения затрат на приобретение ферментов без потери их качества и ценности.

Строительство завода по производству ферментов для пищевой промышленности на сегодняшний день как никогда актуально для современной России. Строительство данного завода позволит, увеличить долю отечественной продукции, что позволит снизить зависимость России от зарубежных производителей ферментов.

Литература:

1. Черевко А.И., Михайло В.М., Энциклопедия питания. Том 4. Пищевые добавки: справочное издание / А.И. Черевко, В.М Михайло, Е.В. Новикова [и др.]. – Москва: КноРус, 2023. – 632 с.

ПОРОШКИ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МОРКОВНЫХ ВЫЖИМОК

***Афанасенко А.Е.*[1], *Басковцева А.С.*[2]**
[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза*
[2]*Национальный исследовательский университет ИТМО*
e-mail: Tema1000000@yandex.ru

POWDERS FROM MODIFIED CARROT POMACE

***Afanasenko A.E.*[1], *Baskovtceva A.S.*[2]**
[1]*Saint Petersburg State Institute of Technology,*
[2]*ITMO University*

Развитие индустрии здорового питания в последние годы набирает высокие темпы, постоянно ведется поиск нетрадиционных видов сырья, создаются новые рецептуры изделий, обогащенных натуральными пищевыми добавками. Удобной формой внесения растительного сырья в продукты питания являются сухие массы овощей, ягод, фруктов, приготовленные в виде порошков. При правильно подобранных технологических режимах при получении порошков сохраняются биологически ценные компоненты растительного сырья, которые могут улучшить и сохранить показатели качества готовых изделий [1]. Морковные выжимки являются побочным продуктом переработки моркови и содержат значительное количество пищевых волокон, пектиновых веществ и бета-каротина [2]. Несмотря на высокое содержание ценных компонентов, этот продукт часто не находит широкого применения и используется преимущественно как корм для животных [3]. Выжимки содержат большое количество клетчатки, что затрудняет их использование без дополнительной обработки для производства пищевых продуктов. С целью улучшения свойств будущих порошков и расширения функциональности проводится модификация выжимок. При ферментативной обработке использовали пектолитические ферментные препараты для расщепления пектиновых веществ, что способствовало повышению выхода биоактивных компонентов. По окончании ферментативной обработки сырье высушивалось при контролируемых температурах для увеличения сроков годности продукта. При физической модификации выжимки подвергались ударно-дезинтеграторно-активаторной обработке для увеличения площади поверхности и улучшения текстурных характеристик получаемых порошков. Результаты показали, что ферментативная и физическая обработка выжимок увеличила выход бета-каротина в 9 раз (в 2 раза в пересчете на сухие вещества). Кроме того, модификация выжимок снизила степень этерификации пектинов моркови и увеличила содержание пектиновых веществ и их комплексообразующие свойства. Таким образом, модифицированные морковные выжимки представляют собой перспективный ингредиент для пищевой промышленности. Применение ферментативной и физической обработки позволяет улучшить функциональные свойства порошков, увеличить содержание полезных компонентов и расширить их использование в создании продуктов с повышенной питательной ценностью.

Литература:

1. Karama M.C., Petit J., Zimmera D., Djantoub E.B., Schera J. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: Journal of Food Engineering. 2016

2. Lau W.K., Van Chuyen H., Vuong Q. Physical properties, carotenoids, and antioxidant capacity of carrot (Daucus carota L.) peel as influenced by different drying treatments. International Journal of Food Engineering. 2018, 14(3)

3. Jayesree N., Hang P.K., Priyangaa A., Krishnamurthy N.P., Ramanan R.N., Aldawoud Turki M.S., Galanakis C.M. Valorisation of carrot peel waste by water-induced hydrocolloidal complexation for extraction of carotene and pectin. Chemosphere. 2021, 272:129919

ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧЕСКИХ И ПРОТИВОВИРУСНЫХ СВОЙСТВ АННЕЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОТИАЗОЛА В ОТНОШЕНИИ ВИРУСА ГРИППА А *IN VITRO*

***Балашова И.С.*[1], *Зарубаев В.В.*[2]**

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

[2]*Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера*

e-mail: wolshmir@gmail.com

ASSESSMENT OF CYTOTOXIC AND ANTIVIRAL PROPERTIES OF NEW COMPOUNDS OF ANNELATED BENZOTHIAZOLE DERIVATIVES AGAINST INFLUENZA A VIRUS *IN VITRO*

***Balashova I.S.*[1], *Zarubaev V.V.*[2]**

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

[2]*Scientific Research Institute of epidemiology and microbiology named after Pasteur*

Введение. Грипп - РНК-содержащих вирус, геном которого подвержен мутациям, что приводит к быстрой селекции штаммов, устойчивых к лекарствам. Сейчас в качестве противогриппозных препаратов чаще всего используются производные адамантана и ингибиторы нейраминидазы. Но, как показывает практика, эти препараты обладают всё меньшим эффектом.

В настоящей работе мы описываем результаты изучения противовирусного действия аннелированных производных бензотиазола, не имеющих структурных аналогов среди противовирусных средств, используемых в настоящее время.

Материалы и методы. В работе использовали вирус гриппа A/PR/8/34 (H1N1), культивируемый в клетках линии MDCK. Препараты (в общей сложности 11 соединений) были синтезированы в Индийском институте химической технологии (г. Хайдарабад). Для каждого соединения было оценено значение 50 % цитотоксической дозы (CC50) и 50 % ингибирующей дозы (IC50) при помощи метилтетразолиевого теста. Также было рассчитано значение индекса селективности (SI – отношение CC50 к IC50). Соединения с SI равным 10 и выше считали активными.

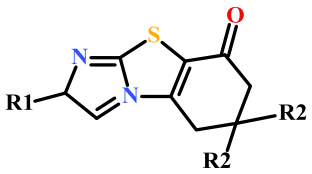


Рисунок – Структурная формула производных бензотиазола

Результаты. Было установлено, что соединение с цианофенильным радикалом в положении R2 и водородом в R1 является токсичным и проявляет низкую противовирусную активность (см. рисунок). Введение метильной группы в положении R1 привело к росту индекса селективности. Кроме того, было показано, что на биологические свойства соединений влияла природа замещённого галогена в фенильном радикале. Соединение с хлорфенильным радикалом оказалось более токсичным для клеток, чем с бромфенильным. При этом для соединений с тиофеновым радикалом природа замещенного галогена оказала противоположное влияние. Соединение с 5-бромтиофеновым радикалом показало значительную противовирусную активность и высокий индекс селективности. При этом соединение с 5-хлортиофеновым радикалом оказалось не токсичным для клеток и ингибировало вирус в большей степени, что привело к увеличению индекса селективности. Таким образом, в рассмотренной библиотеке соединений наибольший интерес представляют вещества с тиофеновым радикалом, которые проявили меньшую токсичность и ингибировали вирус в большей степени (индекс селективности 10 и выше).

МИНИМИЗАЦИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПУТЕМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИРОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

***Басова Е.А.*, Семенов В.В., Заровняев В.Ф.**
Санкт Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерная защита окружающей среды
e-mail: basovakatya09@bk.ru

MINIMIZING THE CARBON FOOTPRINT BY STIMULATING MICROALGAE GROWTH WITH AN ELECTROSTATIC FIELD

***Basova E.A.*, Semenov V.V., Zarovnyaev V.F.**
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Негативное воздействие горения органических топлив в части формирования существенного вклада в образование углекислого газа следует рассматривать как опасный фактор пожара непрямого отложенного действия и учитывать, как важный источник поступления диоксида углерода в атмосферу.

Хлорелла сине-зеленая микроводоросль способная к процессу фотосинтеза [1]. Для того чтобы минимизировать воздействие углеродного следа на климат необходимо улавливать избыточный углекислый газ из атмосферы с помощью микроводоросли (см. таблица).

Таблица – Результаты измерений, прироста биомассы водоросли хлореллы, (NTU)

Объект исследования	1 сут.	2 сут.	4 сут.	6 сут.	9 сут.	15 сут.
Хлорелла после обработки	**0026.0**	**0115.0**	**0124.0**	**0150.0**	**0164.0**	**0175.0**
Хлорелла без обработки	**0029.0**	**085.0**	**0072.0**	**0106.4**	**0091.0**	**0105.0**

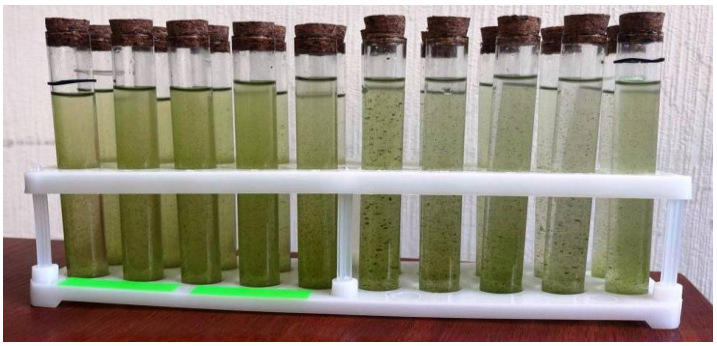


Рисунок – Хлорелла, обработанная слева, и хлорелла необработанная справа (фото после вторых суток проведения опыта)

Были произведены исследования прироста биомассы микроскопической водоросли, в зависимости от подаваемого на электроды напряжения (см. рисунок). Исследования по влиянию электростатического поля на клетки микроскопической водоросли при ее стимулировании электростатическим полем показали, что уже после 2 суток выращивания – биомасса обработанной хлореллы увеличилась на 673 %. Таким образом, хлорелла выступает одним из эффективных способов по борьбе с углеродным следом.

Литература:

1. Май Ч.Б. Влияние переменного электрического поля на физико- химические свойства воды в реакции фотосинтеза, 2018: Автореф. дис. канд. хим. наук. – СПб., 2018. – 21с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ *RHIZOPUS ORYZAE* МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Беляева И.Д., Беляева А.Д., Няникова Г.Г.

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

e-mail: belyaevairina97@gmail.com

DETERMINATION OF ORGANIC ACIDS IN CULTURAL LIQUID OF RHIZOPUS ORYZAE BY THE CE METHOD

Beliaeva I.D., Beliaeva A.D., Nianikova G.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы капиллярный электрофорез (КЭФ) выступает в роли актуального и быстро развивающегося метода разделения различного спектра сложных смесей. Он предоставляет возможность эффективно анализировать ионные и нейтральные компоненты различной природы.

Микромицет *Rhizopus oryzae* – перспективный продуцент многих ценных продуктов, в том числе различных органических кислот. Он способен конвертировать глюкозу в молочную кислоту в аэробных условиях, а также использовать для её производства крахмал, благодаря наличию амилолитических ферментов [1, 2].

В качестве объекта исследования был выбран *Rhizopus oryzae* (ВКПМ F-814), безопасный по СП 1.3.2322-08 и способный к продуцированию α-амилазы, глюкоамилазы и L(+)-молочной кислоты.

Культивирования проводились на трёх питательных средах: КГС, г/л: картофель – 200, глюкоза – 20; СР-1, г/л: картофель – 200, глюкоза – 50, аммония сульфат – 10; ГС, г/л: горох – 50, глюкоза – 5, аммония сульфат – 10, с использованием качалочной установки на скорости вращения 3,67 $с^{-1}$, при температуре (28 – 30) °С, в течение 72 часов, в колбе Эрленмейера вместимостью 750 мл, в объёме 150 мл.

Содержание органических кислот в культуральной жидкости определяли методом капиллярного электрофореза с использованием прибора «Капель-105М» (ООО «Люмекс», РФ) и специализированного программного обеспечения «Elforun».

Установлено, что в процессе культивирования *Rhizopus oryzae* образуются муравьиная, яблочная, янтарная, молочная и уксусная кислоты. При этом на картофельных средах молочная кислота образуется в заметно больших количествах.

Наибольшее содержание молочной кислоты (6,475 г/л) достигается при культивировании на СР-1. На КГС – 5,835 г/л, на ГС – 0,301 г/л.

Таким образом, из трёх исследованных составов меньше всего молочной кислоты гриб продуцировал на гороховой среде. При этом следует отметить, что количество глюкозы в составе гороховой среды в 4 раза меньше, чем в картофельной, что также могло сказаться на продуцировании молочной кислоты.

В дальнейшем планируется оценить динамику накопления молочной кислоты на гороховой среде, чтобы определить время максимального накопления молочной кислоты, сравнить гороховые среды с добавлением аммония сульфата и без дополнительного внесения источника азота, оценить выход молочной кислоты на гороховой среде и на картофельной с одинаковым количеством глюкозы в исходных средах.

Литература:

1. Няникова, Г. Г. Сорбционные свойства гриба *Rhizopus oryzae* / Г. Г. Няникова [и др.] // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2015. – №29. – С. 61-65.

2. Flux analysis of glucose Metabolism in *Rhizopus oryzae* for purpose of increasing lactate yields / A. Longacre [et al.] // Fungal Genetic Biology. – 1997. – №21. – P. 30-39.

ВЛИЯНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Бесько А.Н.*, *Квашенко Е.А.

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

e-mail: besya.official@gmail.com

INFLUENCE OF PHENOLIC SUBSTANCES ON THE LIFE ACTIVITIES OF MICROORGANISMS

Beska A.N.*, *Kvashenko E.A.

Saint Petersburg State Institute of Technology

За последние годы значительно возрос интерес к продуктам, обогащенных растительными экстрактами с высоким содержанием фенольных веществ, а также к напиткам, в производстве которых участвуют микроорганизмы. Фенольные вещества оказывают физиологическое влияние на организм человека – они обладают антиканцерогенной, антиоксидантной и антирадикальной активностью. Актуально провести исследование о влиянии фенольных веществ на дрожжи, участвующих в производстве напитков брожения. В литературных источниках достаточно много приводится информации о том, что в больших концентрациях фенольные вещества оказывают на микроорганизмы бактерицидное действие [1]. Это связано с тем, что фенольные вещества образуют связи со структурными полисахаридами и могут подавлять рост микроорганизмов [2]. Тем не менее, появляются публикации, в которых приводится информация о том, что фенольные вещества могут оказывать на микроорганизмы и активирующее действие. Для проведения эксперимента использовали экстракт зеленого чая и модельный раствор брожения: содержание глюкозы – 20 %, объем раствора - 100 $см^3$. Для проведения брожения использовали дрожжи винные сухие BCS 103, Краснодар. Доза внесения дрожжей составила 2,5 $г/дм^3$. Количество вносимого экстракта зеленого чая в опытные образцы составило 10,20, 30 и 40 $см^3$. Брожение проводили при температуре 37,0 ± 2 °С в течение 6 ч. В контрольный образец экстракт не вносили. Бродильную активность дрожжей оценивали по количеству выделившегося диоксида углерода, который определяли весовым методом. В ходе эксперимента было установлено, что при внесении 10, 20 и 40 $см^3$ экстракта зеленого чая интенсивность брожения, относительно контрольного образца, возрастала на 3-4 %, при добавлении 30 $см^3$ - на 9 %. Это говорит о том, что внесение экстракта повышает бродильную активность дрожжей и 30 $см^3$ экстракта, с данным количеством фенольных веществ, для данных штаммов дрожжей, является максимальной величиной. При повышении дозы внесения экстракта до 40 $см^3$ активность дрожжей снижается. Полученные результаты говорят о необходимости продолжения исследований для разных штаммов дрожжей и разных микроорганизмов. В дальнейшем также будет необходимо определить концентрацию фенольных веществ в экстрактах зеленого чая и установить максимальную дозу фенольных веществ, оказывающую активирующее действие на микроорганизмы.

Литература:

1. Гулиева Г.А. Исследование бактерицидных и противогрибковых свойств новых пиридиниевых производных на основе фенольных оснований Манниха // Биомидицина. - 2020. – С. 19.

2. Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты (Часть 3. Фенольные соединения): Учебно-методическое пособие / Й.Р. Абдрахимова, А.И. Валиева – Казань: Казанский университет, 2012. - С 5.

ВЛИЯНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *LACTOBACILLUS* И ДРОЖЖЕЙ ВИДА *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* НА ФЕРМЕНТАЦИЮ ЯБЛОЧНОГО СОКА

Боброва К.В.*, *Зайцев Г.А.

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

e-mail: kristinabobrova2001@mail.ru, gr.zaitsev.sb@gmail.com

INFLUENCE OF *LACTOBACILLUS* LACTIC ACID BACTERIA AND *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* YEAST ON APPLE JUICE FERMENTATION

Bobrova K.V.*, *Zaitsev G.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Получение ферментированных напитков на сегодняшний день является актуальной задачей, так как в процессе ферментации различными микроорганизмами можно получать напитки с повышенной усвояемостью, а также с новым, приятным, округлым вкусом. Наиболее подходящим плодом для изготовления таких напитков является яблоко, поскольку данный фрукт круглогодично находится на прилавках магазинов и имеет доступную стоимость. Кроме того, яблоки особенно богаты антиоксидантами, которые помогают защищать организм от воздействия свободных радикалов, вызывающих оксидативный стресс и повреждение или даже мутацию здоровых клеток.

Для получения ферментированного яблочного сока яблоки сорта Ред Чиф урожая 2024 г. измельчали, проводили обработку мезги пектолитическими ферментными препаратами, мезгу отжимали, получали сусло, в которое вносили микроорганизмы: р. *Lactobacillus, Saccharomyces cerevisiae.* Было приготовлено 6 образцов сусла по 160 $см^3$, в которые вносили разное количество микроорганизмов и разное их сочетание. Ферментацию проводили при 23 °С в течение 14 дней. Контроль ферментации производили по количеству выделяющегося диоксида углерода. По окончании ферментации определяли pH, титруемую кислотность, массовую долю сухих веществ, прозрачность напитка. Прозрачность напитка определяли при длине волны 540 нм.

Таблица – Физико-химические характеристики ферментированного яблочного сока

Наименование образца	Показатели				
	Количество CO_2, г/100 мл сусла	pH	Титруемая кислотность, ммоль/100 $см^3$	Массовая доля сухих веществ, %	Оптическая плотность
МКБ (0,02 г)	7,1	4,17	9,0	6,0	0,676
S.s (0,02 г)	6,6	4,11	10,0	5,4	0,530
МКБ (0,20 г)	7,3	4,10	8,6	4,8	0,482
S.s (0,20 г)	7,5	3,48	12,8	4,6	0,418
МКБ (0,02 г) S.s (0,02 г)	7,4	3,47	14,8	5,2	0,532
МКБ (0,20 г) S.s (0,20 г)	7,5	3,51	13,2	4,8	0,482

Анализ данных, представленных в таблице, показал, что в процессе ферментации яблочного сока, дрожжи, а также симбиоз дрожжей и молочнокислых бактерий, приводит к образованию большего количества органических кислот. Накопление этих кислот в ферментированном соке формирует вкус и аромат напитка. Кроме того, органические кислоты способствуют повышению полезности сока.

ЭКСТРАКЦИЯ СПИРТОМ ФИБРИНОЛИТИЧЕСКОГО ФЕРМЕНТА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА *COPRINOPSIS LAGOPIDES*

Бородий В.Д.*, *Ефимова В.В.*, *Сорокин С.С.

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

e-mail: lera.borodiy.2002@mail.ru

ALCOHOL EXTRACTION OF FIBRINOLYTIC ENZYME OBTAINED BY DEEP CULTIVATION OF THE FUNGUS COPRINOPSIS LAGOPIDES

Borodiy V.D.*, *Efimova V.V.*, *Sorokin S.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Осаждение этанолом является одним из классических методов удаления поверхностно-активных веществ и других спирторастворимых примесей из образцов фермента с минимальной потерей белка. Метод основан на способности органических растворителей нарушать гидрофобные взаимодействия внутри белковой молекулы и вызывать ее денатурацию, что приводит к снижению растворимости и выпадению денатурированного белка [1].

Для получения культуральной жидкости проводили культивирование гриба *Coprinopsis lagopides* глубинным методом на глюкозо-пептонной среде с добавлением дрожжевого экстракта при температуре 28-30 °С в течение 5-6 суток. После ферментации отделили нативный раствор от биомассы и взвешенных частиц методом фильтрации через бумажный фильтр.

Процесс осаждения фермента выполняли с постепенным повышением концентрации 96 % этилового спирта, а также варьируя объемные соотношения исследуемой пробы (V_1) и осаждающего агента (V_2). Экстракцию проводили в течение 4, 6, 8 и 10 часов при температуре 2-5 °С.

Перед этапом осаждения и после получения очищенного продукта определяли фибринолитическую активность (ФЛА) с помощью набора «ХромоТех-Плазминоген» и белок по методу Лоури. Удельную фибринолитическую активность рассчитывали как отношение фибринолитической активности к концентрации белка. Результаты опыта приведены на рисунке.

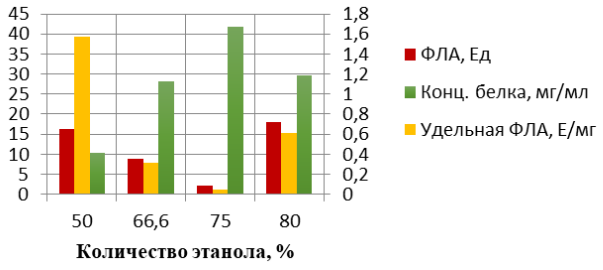


Рисунок – Осаждение этанолом

В ходе эксперимента получили, что этиловый спирт показал наилучший результат фибринолитической и удельной фибринолитической активностей при соотношении 1:4, а наиболее хороший показатель белка наблюдался при соотношении 1:1.

Литература:

1. Аникина, Л.В. Химия биологически активных веществ: методтческие указания к лабораторным работам / Л.В. Аникина; Министерство по образованию и науке Российской Федерации, Пермский государственный технический университет, Кафедра химии и биотехнологии. - Пермь: ПНИПУ, 2006. - 32 с.

ВЛИЯНИЕ β-ГЛЮКАНА НА ТИТРУЕМУЮ КИСЛОТНОСТЬ КЕФИРНОГО ПРОДУКТА

Буслова М.А.

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

e-mail: maria.buslova@gmail.com

INFLUENCE OF β-GLUCAN ON TITRABLE ACIDITY OF KEFIR PRODUCT

Buslova M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Перспективность использования β-глюкана в кисломолочных продуктах (КМП) связана с тем, что данная пищевая добавка позволяет улучшать физико-химические показатели продуктов, а именно титруемую кислотность [1]. Объектом исследования являлся кефирный продукт, полученный в результате внесения в молоко сухой закваски и порошка овсяного бета-глюкана. Для получения кефирного продукта использовали молоко Пискаревский пастеризованное 2,5 %, производитель ООО «Молочный завод Пискаревский» объемом 1 л и сухая заквасочная культура «Иван-поле». Состав закваски: мальтодекстрин (носитель) и бактерии *Lactococcus lactis ssp. lactis, Lactococcus lactis ssp. cremoris. Streptococcus salivarius ssp. thermophilus, Leuconostoc mesenteroides ssp cremoris, Kluyveromyces marxianus.* Использовали также растительный β-глюкан из овса PromOat от компании Lantmannen Oats, Швеция. Доза внесения β-глюкана на 1 л молока составляла 30 % от суточной нормы потребления (500 мг). На 1 литр молока методом прямого внесения добавляли 3 г закваски и 150 мг порошка β-глюкана. Сквашивание молока проводили в мультиварке Redmond в режиме «Йогурт» при температуре 40 °С в течение 8 ч. Кислотность КМП определяли после сквашивания молока методом титрования пробы 0,1 н. раствором NaOH. Для этого к 10 мл КМП добавили 90 мл дистиллированной воды, 1-2 капли фенолфталеина, и титровали 0,1 н раствором NaOH до появления стойкого розового окрашивания, которое дает лактат железа.

Таблица – Титруемая кислотность КМП

Продукт	Титруемая кислотность, °Т
Кефирный продукт на сухой закваске	90
Кефирный продукт на сухой закваске с добавлением β-глюкана	102

Исследование показало (таблица), что при внесении 150 мг β-глюкана на литр молока титруемая кислотность ферментированного продукта была выше на 12 °Т по сравнению с контрольным образцом. Количество вносимого β-глюкана было незначительным, поэтому повышение кислотности готового продукта можно отнести за счет активации микроорганизмов, входящих в состав кефирной закваски. Таким образом, внесение β-глюканов влияет на гликолитическую активность молочнокислых бактерий на выработку молочной кислоты, что выразилось в более высокой титруемой кислотности в опытных образцах по сравнению с контрольным. Полученные результаты будут полезны потребителям, кто готовит кефир в домашних условиях и заботиться о полезном питании.

Литература:

1. Фриуи М., Красникова Л.В., Шамцян М.М. Влияние β-глюкансодержащих экстрактов гриба Pleurotus Ostreatus на ферментативную активность молочнокислых бактерий и характеристики кисломолочных продуктов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2018. – №. 4. – С. 153-160.

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД METHYLOSINUS SPORIUM

Быстров И.А.*, *Пушкарев М.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: bystrov0101@gmail.com

BIOREMEDIATION OF GROUNDWATER METHYLOSINUS SPORIUM

Bystrov I.A.*, *Pushkarev M.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В Санкт-Петербургском государственном Технологическом институте (Техническом Университете) на кафедре технологий микробиологического синтеза проводят исследования облигатной метанотрофной бактерии II типа *Methylosinus sporium*.

Methylosinus sporium экспрессирует либо растворимую метанмоноокисгеназу в условиях низкого соотношения меди к биомассе, либо метанмонооксигеназу в виде частиц при достаточном содержании меди. В аэробных условиях растворимая метанмонооксигеназа окисляет тетрахлорэтилен и другие менее хлорированные этаны [1].

Тетрахлорэтилен и трихлорэтилен являются часто обнаруживаемыми органическими загрязнителями в подземных водах и признаны канцерогенами [2]. Из-за своей летучести способны перейти в парообразное состояние и представляют угрозу для здоровья людей. Проявляют как острое, так и хроническое токсическое действие на организм человека. *M. sporium* помог бы в очистке подземных вод от хлорорганических соединений.

Совместное культивирование метаногенов и *M. sporium* повышает эффективность окисления тетрахлорэтилена [3-4]. Скорость анаэробного разложения данного соединения метаногенными популяциями снижается с удалением хлорида из молекулы, в то время как скорость разложения в аэробных условиях метанотрофами увеличивается с уменьшением степени хлорирования. Коиммобилизация метаногенов и метанотрофов хитозан-лигносульфонатной матрицей, гранулами кальций-альгината и кальций-альгинатного хитозана сильно повышают эффективность окисления галогенированных алифатических соединений [3-4]. Особенно хорошо себя показала коиммобилизация с помощью гранул барий-альгината [4].

Литература:

1. Pilkington, S.J. Purification and characterisation of the soluble methane monooxygenase from Methylosinus sporium 5 demonstrates the highly conserved nature of this enzyme in methanotrophs / S.J. Pilkington, H. Dalton // FEMS microbiology letters. – 1991. – V. 78. – № 1. – P. 103-107.

2. Загрязнение водозаборов г. Подольска хлорорганическими соединениями / А.В. Расторгуев, М.М. Семин, Ю.В. Трофимова [и др.] // Недропользование XXI век. – 2020. – №. 3. – С. 124-129.

3. Sung-In, Y. Effective bead preparation of coimmobilized methanogenic and methanotrophic bacteria for tetrachloroethene degradation / Y. Sung-In, C. Youn-Kyoo, L. Byung-Chan // Biodegradation. – 2003. – Т. 14. – P. 347-355.

4. Tartakovsky, B. Tetrachloroethylene dechlorination using a consortium of coimmobilized methanogenic and methanotrophic bacteria [et al.] / B. Tartakovsky, C.B. Miguez, L. Petti // Enzyme and microbial technology. – 1998. – Т. 22. – №. 4. – С. 255-260.

МОГУТ ЛИ ГРИБЫ РОДА PENICILLIUM ФИКСИРОВАТЬ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АЗОТ?

Веселова Я.А., Лисицкая Т.Б.

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

e-mail: yaveselova@mail.ru

CAN PENICILLIUM FUNGI FIX MOLECULAR NITROGEN?

Veselova Y.A., Lisitskaia T.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Биологическая фиксация азота является одним из важнейших процессов трансформации атмосферного азота в биосфере и осуществляется она при участии микроорганизмов – азотфиксаторов [1]. Величина урожаев сельскохозяйственных культур, наряду с другими лимитирующими факторами в значительной степени определяется обеспеченностью растений азотом, однако использование азотных и других минеральных и органических удобрений не обеспечивает оптимальный баланс азота. Основные запасы азота (75–80 %) сосредоточены в атмосфере в молекулярном виде и недоступны растениям, в связи с чем они часто испытывают азотное голодание. Жизнь на Земле в значительной мере зависит от жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов, поскольку за счет симбиотической и несимбиотической фиксации в круговорот вовлекается наибольшая часть природного азота. Сельскохозяйственные растения получают 2/3 необходимого им азота из азотного резерва почв, созданного и поддерживаемого деятельностью микроорганизмов-диазотрофов. [2].

Процесс азотфиксации хорошо изучен у бактерий, однако исследований, подтверждающих возможность анаморфных грибов фиксировать молекулярный азот недостаточно, из-за чего в литературе преобладает мнение, что представители царства грибов не способны к азотфиксации [3].

В нашей работе многие исследуемые представители видов рода *Penicillium* показали рост на безазотистых агаризованых и жидких питательных средах Эшби с маннитом или глюкозой в качестве источника углерода. На основании опытных данных был сделан вывод, что источник углерода не влияет на способность пенициллов к азотфиксации. Однако рост на среде без источника азота наблюдался не у всех исследуемых видов, что дает основания предполагать, что для представителей рода *Penicillium* способность к азотфиксации является видовым признаком.

На безазотистых агаризованых средах были определены скорости роста исследуемых видов, которые оказались значительно меньше, чем на среде, богатой азотом. По результатам глубинного культивирования на жидких средах Эшби удалость рассчитать по материальному балансу количество потребленного молекулярного азота исследуемыми культурами. Проведено сравнение морфологии видов, выросших на безазотистых питательных средах и на среде крахмально-аммиачный агар. Культуры, выросшие на среде, богатой азотом, как правило, имели более крупные размеры. У культур, выросших на безазотистых питательных средах с различными источниками углерода, наблюдались незначительные различия в морфологии.

Литература:

1. Осипов, А.И. Биологический круговорот азота атмосферы // Известия СПб государственного аграрного университета. – 2016. – №. 42. – С. 97-103.

2. Завалин, А.А. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. — 2019. — №8. — С.83-96.

3. Берсенева, О.А. Почвенные микромицеты основных природных зон // Известия Иркутского ГУ, Серия «Биология. Экология». - 2008.- Т.1.- № 1.- С. 3-9.

STREPTOMYCES LAVENDULAE КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ХОЛЕСТЕРОЛОКСИДАЗЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ХОЛЕСТЕРИНА В МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Гриценко М.М.*, *Максимова Б.В.*, *Аль-Шехадат Р.И.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
e-mail: gritmash@gmail.com

STREPTOMYCES LAVENDULAE AS A BIOLOGICAL SOURCE OF CHOLESTEROL OXIDASE FOR CHOLESTEROL ANALYSIS IN DAIRY PRODUCTS

Gritsenko M.M.*, *Maksimova B.V.*, *Al-Shehadat R.I.
ITMO University

В последние годы участились случаи фальсификации сливочного масла за счёт добавления растительных жиров, что снижает его себестоимость, но ухудшает качество конечного продукта [1]. В натуральном сливочном масле содержание холестерина обычно составляет 220–350 мг на 100 г [2], этот параметр может быть использован как маркер для определения подлинности состава сливочного масла. Традиционный метод ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография) затратен и требует времени, поэтому требуется создание экспресс-методов анализа на основе ферментов.

Холестеролоксидаза из *Streptomyces lavendulae* катализирует окисление холестерина до перекиси водорода, что позволяет определять его содержание с помощью электрохимических и оптических датчиков. Для повышения выхода фермента выбрана среда, содержащая дрожжевой и солодовый экстракты, пептон, $MgSO_4$, NaCl, KH_2PO_4, агар и картофельный крахмал. Выращивание проводилось при температуре 37 °C в шейкер-инкубаторе, обеспечивая стабильное получение фермента.

Для подтверждения продукции холестеролоксидазы проведён SDS-PAGE электрофорез. Полученная полоса фермента (50–75 кДа) совпала с предполагаемой массой, подтверждая его присутствие. После культивирования проведено концентрирование фермента методом ультрафильтрации, что позволило достичь его концентрации 2,205 мг/мл. Ультрафильтрация производилась в центрифужныхфильтрующих устройствах UFC501096, Amicon® Ultra-0,5 с мембраной номинального предельного молекулярного веса 10К.

Перспективы работы включают оптимизацию условий реакции и иммобилизацию фермента для разработки биосенсора, способного анализировать реальные образцы сливочного масла. Такой биосенсор позволит быстро и точно выявлять фальсификацию, что важно для обеспечения качества молочной продукции.

Литература:

1. Нургалиева, А.Р. Фальсификация сливочного масла на современном рынке / А.Р. Нургалиева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук: Сборник научных трудов III Международной конференции профессорско-преподавательского состава, Казань, 15 марта 2019 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Печать-Сервис-XXI век», 2019. – С. 208–212. – EDN DXIADX

2. Хасанов, В.В., Рыжова, Г.Л., Дычко, К.А., & Куряева, Т.Т. (2006). Состав жирных кислот и стероидов растительных масел. Химия растительного сырья, (3), 27-31

ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ ТРИАЗОЛОВ G-5 И G-6 НА КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЯХ CT-26, HELA И K-562

Драчук А.С. [1,2]

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

[2]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук*

e-mail: tichka208@gmail.com

ANTITUMOR ACTIVITY OF TRIAZOLES G-5 AND G-6 ON CT-26, HELA AND K-562 CELL LINES

Drachuk A.S. [1,2]

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

[2]*Saint Petersburg National Research Academic University named after Zh. I. Alferov of the Russian Academy of Sciences*

Введение: Триазолы являются важным классом гетероциклических соединений, обладающих значительным противоопухолевым потенциалом [1]. **Актуальность**: Из-за высокой смертности от онкологических заболеваний поиск новых эффективных противоопухолевых агентов, таких как триазолы, имеет ключевое значение. **Цель исследования**: Оценка противоопухолевой активности триазолов (см. рисунок) на клеточных линиях CT-26, HELA и K-562 в течение 24 и 72 часов.

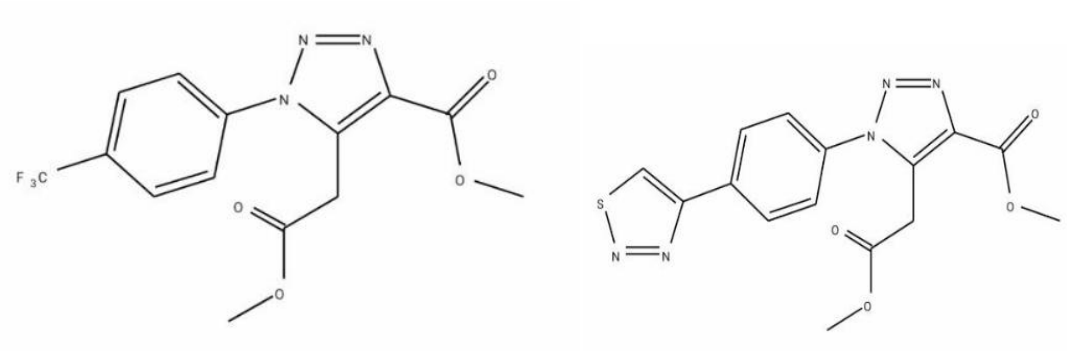


Рисунок – Триазолы G-5 и G-6

Методы: Цитотоксический эффект оценивали с помощью MTS-анализа на клеточных линиях при концентрациях 5-50 мкг/мл. **Результаты**: Образцы триазолов показали значительную цитотоксическую активность, зависящую от дозы. Через 24 часа IC50 для образца G-5 составил 227,5 мкг/мл (CT-26), 64,75 мкг/мл (HELA) и 106,75 мкг/мл (K-562), а для образца G-6 — 200,5 мкг/мл (CT-26), 61,75 мкг/мл (HELA) и 133,67 мкг/мл (K-562). Через 72 часа активность образцов возросла: IC50 для образца G-5 достиг 91,83 мкг/мл (CT-26), 43,38 мкг/мл (HELA) и 65,357 мкг/мл (K-562), а для образца G-6 — 102,8 мкг/мл (CT-26), 48,4 мкг/мл (HELA) и 243 мкг/мл (K-562). **Выводы**: G-5 и G-6 проявляют выраженную противоопухолевую активность с выраженной зависимостью от времени и концентрации, что подтверждает их перспективность в разработке новых противораковых препаратов.

Литература:

1. Beena, Negi., Aarshiya, Kwatra. (2024). 2. A Review of Recent Progress on the Anticancer Activity of Heterocyclic Compounds. SynOpen, doi: 10.1055/s-0040-1720125

ВЛИЯНИЕ ПЕКТИНОВ НА СТЕПЕНЬ ОСВЕТЛЕНИЯ ВИНОМАТЕРИАЛОВ

Егоров Н.А.*, *Крыласов Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: egorovnikolay1487@gmail.com

INFLUENCE OF PECTINS ON THE DEGREE OF CLARIFICATION OF WINE MATERIALS

Egorov N.A.*, *Krylasov D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Одним из основных требований, предъявляемых к готовым винам, является обеспечение их стабильной прозрачности в течение длительного времени. Для придания винам стабильности их подвергают при выдержке фильтрации, обработке минеральными и органическими осветлителями, воздействию тепла и холода. Такая обработка ставит целью ускорить выделение из молодых вин избытка нестойких коллоидов, фенольных, азотистых соединений, полисахаридов, металлов и других веществ, способных выделиться в осадок. Для осветления вин и предупреждения возможных помутнений из них удаляют взвешенные частицы различной степени дисперсности, нестойкие соединения, микроорганизмы. Существует несколько основных способов осветления вин: фильтрация, обработка неорганическими веществами, обработка ферментными препаратами, белками. Химические методы осветление основаны на высокой абсорбирующей способности веществ [1]. Пектиновые вещества – биополимеры, известные своими гелеобразующими, стабилизирующими и биологическими свойствами, благодаря чему они широко используются в пищевой промышленности. Академическими исследованиями предоставлены доказательства наличия у пектинов ярко выраженных сорбционных свойств [2]. В связи с наличием данных свойств у пектина был проведен эксперимент по осветлению купажированного виноматериала, полученного путем ферментации винными дрожжами купажа соков, полученного из винограда сорта «Изабелла» и яблок, произрастающих в Северо-Западном регионе РФ. В 200 $см^3$ купажа соков (содержанием сухих веществ 15 %) было внесено 0,02 г винных дрожжей BCS 103 и при температуре 22 °С в течение7 сут было проведено спиртовое брожение, по окончании которого полученный виноматериал был разделен на три образца. В контрольный образец низкоэтерифицированный пектин, полученный из яблочных выжимок, не вносили, а в два других образца внесли 0,25 % и 0,75 % пектина от массы виноматериала. Влияние пектина на степень осветления виноматериалов оценивали по мутности, которую определяли на КФК-3 при длине волны 540 нм. Измерения показали, что оптическая плотность виноматериала в образце с 0,25 % пектина понизилась относительно контрольного (без пектина) на 50 %, а в образце с дозой внесения пектина 0,75 % - на 57 %. Полученные данные показывают перспективность применения пектина в качестве вспомогательного осветляющего вещества в виноделии.

Литература:

1. Таран, Н.Г. Влияние различных методов осветления сусла на формирование аромата виноматериалов для белых игристых вин // Русский виноград – 2016. - №4. – С. 236-243.

2. Шамилов, А.А. Сорбционная способность пектиновых веществ некоторых растений флоры Северного Кавказа/ А.А. Шамилов, В.Н. Бубенчикова, Е.Р. Гарсия // Фармацевтическое образование САМГМУ. История. Современность. Перспективы: сборник трудов Всероссийская научно-практическая онлайн конференция с Международным участием. – Самара.-2021.-С.521-525.

NanoDSF КАК СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ФЕРМЕНТОВ В ФАРМАЦЕВТИКЕ

Ефимова В.В.*, *Бородий В.Д.*, *Сорокин С.С.

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

e-mail: lera03ef@yandex.ru

NanoDSF AS A METHOD FOR DETERMINING FERMENT STABILITY IN PHARMACEUTICSA

Efimova V.V.*, *Sorokin S.S.*, *Borodiy V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В фармацевтической промышленности стабильность характеризуют, как способность лекарственного средства сохранять химические, физические, микробиологические, биофармацевтические и фармакологические свойства в определенных границах в течение установленного срока годности [1]. Стабильность фермента характеризуется его способностью сохранять собственную каталитическую активность в изменяющихся внешних условиях. Основными факторами, влияющими на стабильность, являются температура и pH.

Для определения стабильности используют метод нано-дифференциальной сканирующей флуориметрии (nanoDSF).

NanoDSF — метод нано-дифференциальной сканирующей флуориметрии, который способен анализировать конформационную и коллоидную стабильность белков в различных термических и химических условиях через эмиссию света триптофаном.

Флуоресценция триптофана в белке сильно зависит от его близкого окружения. Отслеживая изменения флуоресценции, можно оценить химическую и термическую стабильность по-настоящему без использования меток. Технология двойного УФ-излучения от NanoTemper позволяет быстро обнаруживать флуоресценцию, обеспечивая непревзойденную скорость сканирования и плотность точек данных. Это дает сверхвысокое разрешение кривых разворачивания, которые позволяют обнаруживать даже мельчайшие сигналы разворачивания. Кроме того, поскольку не требуются вторичные репортерные флуорофоры, как в обычном DSF, растворы белков можно анализировать независимо от состава буфера и в диапазоне концентраций от 150 мг/мл до 5 мг/мл [2].

Метод nanoDSF без использования меток определяет $T_м$ (температуру плавления белка) путем измерения внутреннего изменения двойной УФ-флуоресценции в остатках триптофана и тирозина в белках при длинах волн излучения равных 330 и 350 нм. Прибор Prometheus nanoDSF может измерять, потребляя меньше 10 мкл белка на определение, что так же является преимуществом метода.

Литература:

1. ОФС.1.1.0026.18. Общая фармакопейная статья. Аспекты стабильности лекарственных средств: государственная фармакопея Российской Федерации XIV издания: дата введения 01.04.2022 / Министерство здравоохранения Российской Федерации. - Изд. официальное. – Москва. 2022 - стр.25.

2. Strutz W. Exploring protein stability by NanoDSF [Текст] / Strutz W. // Biophysical Journal. — 2016. — № 3. — С. 393a.

КОЛЛОИДНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ВИН

Зайцев Г.А.

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

e-mail: gr.zaitsev.sb@gmail.com

COLLOIDAL STABILITY OF WINES FROM BERRY RAW MATERIALS

Zaitsev G.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ситуация на рынке виноделия в России неоднозначна. С одной стороны заметно стабильное снижение общего объема продаж в сегменте классических тихих вин, с другой же стороны, отдельные части рынка, например, рынок игристых вин, показывают стабильный рост. Такая неоднородность показателей может быть связана с усталостью потребителя от традиционных продуктов, заполнивших рынок. В такой ситуации перспективным является расширение ассортимента тихих вин за счет развития свежих идей, направленных на то, чтобы предложить рынку напитки с новым вкусом и ароматом из ягодного сырья. Плодово-ягодные вина в сложившейся ситуации имеют потенциал к увеличению популярности. До сих пор данная область не была достаточно развита в связи с большей сложностью обработки сырья по сравнению с виноградом, что не умаляет интересных гастрономических качеств такой продукции. Плодово-ягодные вина по сравнению с виноградными могут предложить более интересную окраску и запах, а также особенные вкусовые характеристики. Кроме того, плодово-ягодное сырье может быть более полезно для организма, чем виноградное. Например, 100 г. ягод смородины содержат около 200 % нормы рекомендованного суточного потребления витамина С, в то время как в винограде данный показатель редко превышает 12 % витамина С.

При покупке вина потребитель также обращает большое внимание на его эстетическую составляющую. Плодово-ягодное вина преуспевают и на этом поприще: благодаря разнообразному ягодному сырью можно добиться ярких и привлекательных цветов напитка. Однако вид вина может подпортить повышенная мутность. Винные напитки являются коллоидными системами - помимо растворенных в воде веществ они богаты микроскопическими частицами органических соединений, окруженных гидратной оболочкой. Зачастую помутнения винных напитков бывают связаны именно с нарушением коллоидной стабильности системы, которое ведет к флокуляции её компонентов. Наиболее часто нарушения коллоидной стабильности бывают вызваны выпадением в осадок катионов металлов, белков, полимерных углеводных и фенольных соединений. В рамках нашей работы были проанализированы образцы вин из ягод черной смородины и шиповника. Склонность вин к нарушению стабильности коллоидной системы была определена путем их нагревания в течение разных промежутков времени при различной температуре, а также добавлением танина, провоцирующего осаждение белков. В качестве критерия оценки склонности вина к помутнениям были произведены фотоколориметрические замеры мутности проб.

Напиток, приготовленный с использованием сырья из черной смородины, показал бóльшую коллоидную стабильность в обозначенных тестах. Также были проведены анализы на содержание соединений фенольной природы, согласно которым образец из шиповника показал большее их содержание. Согласно проведенным исследованиям, можно сделать вывод о том, что сырье при производстве вин с использованием сырья из шиповника стоит уделять больше внимания для обеспечения коллоидной стабильности напитка.

ОБОГАЩЕНИЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ β-ГЛЮКАНОМ

Иванова Д.Н.

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

e-mail: iv.darietta@mail.ru

ENRICHMENT OF BAKERY PRODUCTS WITH β-GLUCAN

Ivanova D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

К числу наиболее часто потребляемых продуктов питания относят хлеб и хлебобулочные изделия. Наша задача заключается в использовании β-глюкана для обогащения хлебобулочных изделий и создании на его основе инновационных функциональных продуктов, которые будут способствовать улучшению состояния здоровья и повышению качества жизни людей.

Основной целью использования β-глюкана в технологии производства хлеба и хлебобулочных изделий является увеличение содержания пищевых волокон в этих продуктах. Хлеб и хлебобулочные изделия, изготовленные по классическим рецептам, содержат менее 2,5 % пищевых волокон, что является недостаточным для удовлетворения суточной потребности в данном функциональном компоненте [1].

Данное исследование направлено на изучение влияния β-глюкана, одного из наиболее изученных растворимых пищевых волокон, на качественные характеристики хлебобулочных изделий. Включение β-глюкана в рецептуру может изменить свойства готовой продукции, что и является предметом данного исследования [2].

Изучали влияние β-1,3/1,6-глюкана, добавляемого в процессе замеса теста, согласно рецептуре, в которую входили 300 г пшеничной муки «*Makfa*» высшего сорта, 200 г свежих бананов, 20 г сахара, 5 г сухих дрожжей «*Dr Bakers*» быстродействующих, 5 г поваренной соли и 5 г какао порошка «*Красный октябрь Золотой ярлык*». Добавление бананов и какао порошка в хлебобулочные изделия позволяет не только улучшить их органолептические характеристики, но и повысить функциональность данных продуктов. Бананы, богатые клетчаткой, способствуют оптимизации пищеварительных процессов и поддержанию здоровья кишечника. В свою очередь, какао порошок привносит в хлебобулочные изделия полифенольные соединения, проявляющие мощные антиоксидантные свойства и благотворно воздействующие на общее благополучие организма.

Конечный продукт анализировали с учетом цвета, внешнего вида корки, текстуры и пористости мякиша, а также аромата, вкусовых качеств и уровня кислотности.

По результатам выпечки хлебобулочного изделия с пшеничной мукой и добавлением бананов и какао порошка, включение β-1,3/1,6-глюканов, экстрагированных из *Pleurotus ostreatus*, в рецептурный состав, изменило окрас хлеба, придавая ему более насыщенный коричневый цвет. Это также способствовало увеличению пористости мякиша и приданию ему легкой кислинки.

По органолептическим характеристикам готовое изделие не уступает изделию, произведенному по традиционной технологии и рецептуре.

Литература:

1. Dalonso, N. β- (1-3), (1-6) — Glucans: medicinal activities, characterization, biosynthesis and new horizons / N. Dalonso, G. H. Goldman, R. M. M. Gern // Applied Microbiology and Biotechnology. - 2015. - V. 99. - P. 7893-7906.

2. Shamtsyan, M. Potential to develop functional food products from mushroom bioactive compounds / M. Shamtsyan // Journal of Hygienic Engineering and Design. - 2016. - V. 15. - P. 51-59.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ДЕГРАДАЦИИ ЭКЗОГЕННОЙ ДНК В ОБРАЗЦАХ ВОДЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Ильина А.В.*, *Сахабеев Р.Г.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технологический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: Arina-Ilina-23@yandex.ru

STUDYING THE DYNAMICS OF DEGRADATION OF EXOGENOUS DNA IN SAMPLES OF LAKE LADOGA WATER

Ilina A.V., Sakhabeev R.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

ДНК окружающей среды (эДНК) — это генетический материал, полученный непосредственно из образцов окружающей среды без какого-либо контакта с целевом организмом [1]. Данный метод позволяет изучать биоразнообразия без прямого контакта с организмами. На деградации эДНК влияют микроорганизмы и внеклеточные ферменты, УФ-излучение, температура и другие факторы. Подробное изучение факторов, влияющих на время циркулирования эДНК позволяет лучше понять возможности и области применения технологии эДНК мониторинга.

В данном исследовании мы ставим перед собой **цель** изучить динамику деградации экзогенной ДНК на разработанной модели.

Материал и методы. Материалом служила природная вода из Ладожского озера и модельная геномная ДНК (домовой курицы, так как генетический материал данного вида не встречается в природной воде Ладожского озера). Образцы инкубировали при средней температуре, регистрируемой за период пробоотбора: +8. Осуществляли отбор образцов из каждой банки по 100 мл через 6 часов, 24 часа, 48 часов, 72 часа, 8 суток и 14 суток. Количество ДНК определяли при помощи ПЦР-РВ с видоспецифичными зондами и праймерами.

Результаты. В период от 6 до 72 часов в подавляющем числе образцов была обнаружена искомая ДНК. На восьмые сутки были зарегистрированы сигналы в единичных образцах. Средний период полураспада составлял для температуры +8 – 44,4 часа.

Данный эксперимент показал, что для температуры +8 ее можно детектировать в образцах вплоть до 8 суток, что открывает множество перспектив для разработки способов биомониторинга на основе молекулярных маркеров с ретроспективой до 8 дней.

Работа поддержана грантом РНФ №22-47-10043

Литература:

1. Stewart K.A. Understanding the effects of biotic and abiotic factors on sources of aquatic environmental DNA // Biodivers Conserv. 2019. – V. – 28. – P 983–1001.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУКИ ТЕФФ, ОБОГАЩЕННОЙ β-ГЛЮКАНАМИ

***Йимер Г.А.*[1], *Фриуи М.*[2]**

[1]*Национальный исследовательский университет ИТМО,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза*

e-mail: getnetddu7@gmail.com

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF TEFF FLOUR ENRICHED WITH β-GLUCANS

***Yimer G.A.*[1], *Frioui M.*[2]**

[1]*ITMO University,*

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

Рост интереса к безглютеновым продуктам стимулировал ученых использовать различные зерновые культуры, которые не содержат глютен. К таким зерновым культурам относится и тефф (Eragrostis tef). Мука, приготовленная из зерна тефф, содержит много клетчатки и аминокислот, обладает высокими питательными свойствами. Но отсутствие в муке структурообразующего белка - глютена влияет на качество готового изделия. Такие полисахариды, как β-глюканы, способны повлиять на функционально-технологические свойства муки, что приведет к улучшению структуры теста, повысить качество изделия [1]. В данном исследовании ставилась цель - изучить влияние β-глюканов, извлеченных из овса и β-глюканов, полученных из грибов, на водоудерживающую и водосвязывающую способность муки тефф. Для проведения исследований использовали муку из зерна тефф, собранного в Эфиопии в 2023 г. Были включены два типа β-глюканов: растительный β-глюкан из овса PromOat от компании Lantmannen Oats, Швеция и сухой экстракт β-глюкана, извлеченного из гриба Pleurotus ostreatus, изготовленный ООО НПФ «БИОС», Санкт-Петербург. Был приготовлен замес с использованием 100 г муки тефф, 0,2 г β-глюкана из овса и 100 см^3 воды (гидромодуль 1:1). Аналогичные соотношения были использованы для приготовления замеса с мукой тефф и β-глюканом, извлеченным из *Pleurotus ostreatus*. Водоудерживающая способность образцов была определена в соответствии с методом Инглетта [2]. Водосвязывающая способность – стандартным методом AACC 88–04 под воздействием внешней центробежной силы [3]. Полученные результаты показали, что мука тефф с грибным β-глюканом обладает более высокой водоудерживающей способностью - 2,23 г/г и водосвязывающей способностью - 1,21 г/г по сравнению с мукой тефф с добавлением овсяного β-глюкана: водоудерживающая способность - 1,79 г/г и водосвязывающая способность - 1,01 г/г. Более высокая способность муки тефф с грибным β-глюканом удерживать воду говорит о потенциале для получения более эластичного теста, что может привести к улучшенной текстуре готового продукта и сохранению влаги в выпечке, но может отрицательно сказаться на объеме готового хлебобулочного изделия, приготовленного с применением хлебопекарных дрожжей. Результаты, полученные в данном исследовании, важно учитывать при разработке безглютеновых выпечек.

Литература:

1. G. Bultosa, «Teff: Overview», in Encyclopedia of Food Grains, Elsevier, 2016, pp. 209–220, doi: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00018-8.

2. George E. Inglett, D. Chen, and Sean X. Liu, «Physical Properties of Gluten Free Sugar Cookies Containing Teff and Functional Oat Products», J. Food Res., vol. 5, no. 3, p. 72, May 2016, doi: 10.5539/jfr.v5n3p72.

3. AACC. (1983). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists.

ИЗУЧЕНИЕ КЛЕТОЧНОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ АДЕНОКАРЦИНОМЫ ТОЛСТОЙ КИШКИ ЧЕЛОВЕКА

Киндт Д.Н., Григорьева Т.А., Трибулович В.Г.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»
e-mail: Persondasha@mail.ru

THE STUDY OF HUMAN COLON ADENOCARCINOMA CELLULAR HETEROGENEITY

Kindt D.N., Grigoreva T.A., Tribulovich V.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время колоректальный рак является самой смертоносной опухолью [1]. Неудачи его медикаментозной терапии связаны в основном с формированием множественной лекарственной устойчивости клеток к препаратам различной структуры и механизма действия [2]. Известно, что любая злокачественная опухоль состоит из нескольких субпопуляций клеток, отличающихся друг от друга по уровню агрессивности. Наиболее агрессивная субпопуляция, немногочисленные раковые стволовые клетки, активно изучается учеными по всему миру, в то время как остальные субпопуляции все еще недостаточно исследованы [3].

Целью данной работы являлось изучение клеточной гетерогенности аденокарциномы толстой кишки человека HCT116. Для этого две группы клеток дикого типа проходили несколько циклов сортировки методом проточной цитометрии с накоплением наиболее и наименее агрессивных субпопуляций.

Наиболее агрессивной субпопуляцией раковых клеток являются клетки «боковой популяции» (SP-клетки). Они проявляют стволоподобные свойства и слабо окрашиваются красителем Rhodamine 123 из-за повышенной экспрессии мембранных транспортных белков [3]. Наименее агрессивная субпопуляция, наоборот, дает сильную окраску Rhodamine 123, что может свидетельствовать о недостаточной экспрессии мембранных транспортных белков.

После нескольких циклов сортировки нами были получены две стабильные клеточные популяции: первая — обогащенная SP-клетками и вторая — обогащенная наименее агрессивными клетками. В дальнейшем планируется тщательное изучение полученных популяций: оценка транспортной активности и выживаемости клеток, а также экспрессии в них маркеров стволовости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант №23-13-00344).

Литература:

1. Yau, J. N. N. Three-dimensional heterotypic colorectal cancer spheroid models for evaluation of drug response / J. N. N. Yau, G. Adriani // Frontiers in Oncology. – 2023. – Vol. 13. – P. 1148930.

2. P-glycoprotein inhibitors of natural origin as potential tumor chemo-sensitizers: A review / H. M. Abdallah, A. M. Al-Abd, R. S. El-Dine, A. M. El-Halawany // Journal of Advanced Research. – 2015. – Vol. 6. – Iss. 1. – P. 45–62.

3. Identification of key genes and pathways in myeloma side population cells by bioinformatics analysis / Q. Yang, K. Li, X. Li, J. Liu // International Journal of Medical Sciences. – 2020. – Vol. 17. – Iss. 14. – P. 2063–2076.

ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ ГРИБОВ

Кирсанова Л.С.

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

e-mail: kirslu2003@gmail.com

FUNGAL PROTEOLYTIC ENZYMES

Kirsanova L.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Пептидазы – ферменты, катализирующие распространенную химическую реакцию гидролиза пептидных связей (CO–NH) белков и расщепляющие белки на пептиды или свободные аминокислоты. По механизму катализа пептидазы делят на сериновые, цистеиновые, аспартатные, металлопептидазы, глутаминовые, треониновые – и все перечисленные группы найдены у грибов, причем один организм может продуцировать протеазы нескольких типов. Грибковые протеазы активны в широком диапазоне pH (pH от 4 до 11) и проявляют широкую субстратную специфичность. Имеются исследования о производстве протеаз грибами, принадлежащими к роду Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Humicola, Mucor, Thermomyces, Acremonium.

В целом известно, что функции пептидаз грибов часто не ограничиваются одним лишь гидролизом белков для питания. Различными методами было показано, что пептидаза может быть необходима для протекания иных (хотя и связанных с ростом) процессов - например, спорообразования, адаптации, патогенеза [1]. Также протеиназы выступают в качестве факторов вирулентности и патогенности мицелиальных грибов.

Протеиназы относятся к промышленно важным ферментам, которые успешно используются в пищевой и химической промышленности, производстве сельскохозяйственной продукции, биодеградации отходов животноводства, научных исследованиях. Ряд протеиназ применяется в медицине в качестве терапевтических средств для лечения различных заболеваний. Очень широко распространены исследования по поиску, получению и изучению внеклеточных протеиназ мицелиальных грибов, способных воздействовать на систему гемостаза млекопитающих и человека [2].

Мицеллиальные грибы являются более доступными и дешевыми продуцентами протеолитических ферментов по сравнению с аналогами растительного и животного происхождения. Однако, несмотря на свои важные биологические функции, пептидазы могут оказывать повреждающее действие на живые системы, гидролизуя белки, необходимые для их функционирования, поэтому помимо исследования грибных протеиназ перспективной областью также является изучение подавляющих их активность ингибиторов.

Литература:

1. Шамрайчук, И.Л., Белякова, Г.А. Протеолитические ферменты грибов и их ингибиторы как перспективные средства антифунгального действия / И.Л. Шамрайчук, Г.А. Белякова, И.М. Еремина // Вестник Московского университета. — 2020. — № Серия 16. Т5. №3. — С. 123-130.

2. Осмоловский, А.А., Крейгер, В.Г., Баранова, Н.А. Протеоитические ферменты мицелиальных грибов с плазминоподобной и активаторной к плазминогену активностью / А.А. Осмоловский, В.Г. Крейгер, Н.А. Баранова // Успехи современной биологии. — 2021. — № Т. 141, № 5. — С. 467-482.

ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ГРИБЫ РОДА *ASPERGILLUS* АЗОТФИКСАТОРАМИ?

Князева Т.Д.*, *Лисицкая Т.Б.

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

e-mail: tanya_knyazeva_2003@mail.ru

ARE *ASPERGILLUS* FUNGI NITROGEN FIXERS?

Knyazeva T.D.*, *Lisitskaya T.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Биологическая фиксация атмосферного азота является одним из уникальных явлений природы, от которого зависит жизнь на Земле, и значимость которого можно сравнить с фотосинтезом [1]. Азот в атмосфере находится в молекулярной форме и недоступен растениям, но в процессе фиксации он вовлекается в круговорот веществ. Это важно, поскольку азот — ключевой биогенный элемент, запасы которого в почве постоянно уменьшаются, и фиксация помогает частично восполнить их [2].

Процесс азотфиксации у бактерий хорошо изучен, но исследования азотфиксации у микромицетов, которые являются важной группой почвенных микроорганизмов, недостаточны [3]. Несмотря на распространенное мнение, что грибы не могут фиксировать молекулярный азот, это утверждение не подкреплено экспериментальными данными [4].

В работе при изучении девяти представителей рода *Aspergillus* по способности расти на агаризованной и жидкой безазотистых питательных средах установлено, что большинство видов росли на безазотистой среде Эшби с глюкозой, а также на среде Эшби с другим источником углерода – маннитом. Определены скорости радиального роста исследованных культур на агаризованных питательных средах без источника азота, которые ожидаемо, оказались существенно ниже скоростей роста на среде с азотом. Выявлены отличия в морфологических свойствах исследуемых культур, растущих на агаризованных питательных средах с различным источником углерода: глюкозой и маннитом, и средой, содержащей источник азота. По результатам глубинного культивирования исследуемых культур на безазотистых средах, составлен материальный баланс и определено количество молекулярного азота, потребленного исследованными микромицетами в процессе роста на безазотистых жидких средах.

Литература:

1. Завалин, А.А. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур / А.А. Завалин, А.А. Алферов, Л.С. Чернова // Агрохимия. — 2019. — №8. — С.83-96.

2. Кшникаткина, А.Н. Биологическая азотфиксация клевера паннонского в условиях среднего Поволжья / А.Н. Кшниткаткина, П.Г. Аленин, А.А. Галиуллин, С.А. Кшникаткин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018.– Т.20. – №5. – С.226-232.

3. Берсенева О.А. Почвенные микромицеты основных природных зон / О.А. Берсенева, Саловарова, В.П., Приставка А.А. // Известия Иркутского государственного университета, Серия «Биология. Экология». - 2008.- Т.1.- № 1.- С. 3-9.

4. Buren S., Rubio L.M. State of the art in eukaryotic nitrogenase engineering/ S. Buren, L.M. Rubio// FEMS Microbiology Letters.- 2018.- V.365.- № 2. - P.1-9.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИЗЛУЧЕНИЯ НА АДАПТАЦИЮ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES CEREVISIAE: МЕХАНИЗМЫ РОСТА И РЕПАРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

Костюк Л.А.

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

e-mail: kostukluda03@gmail.com

THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF RADIATION ON THE ADAPTATION OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE YEAST: MECHANISMS OF GROWTH AND REPAIR UNDER STRESS CONDITIONS

Kostyuk L.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Изучение воздействия различного излучения на живые организмы важно для понимания механизмов клеточной адаптации к стрессу. Дрожжи Saccharomyces cerevisiae, используемые в биотехнологии, служат моделью для экспериментов. В данной работе анализируется влияние низких доз излучения на жизнедеятельность и репарацию дрожжей, включая гамма-облучение, радиочастотное, микроволновое излучение, а также миллиметровые электромагнитные импульсы (ЭМИ).

Гамма-облучение повышало эффективность удаления пиримидиновых димеров, улучшая эксцизионную репарацию. Радиочастотное излучение (2,6–5 МГц) стимулировало рост клеток до 45 часов [1], после чего наблюдалось подавление. При 30 часах облучения рост увеличивался на 43,5 %, а через 67 и 89 часов снижался на 14,6 % и 20,7 % соответственно.

Микроволновое излучение также оказывало модулирующее влияние на дрожжи [2], увеличивая или подавляя их пролиферацию без повышения температуры. На частотах 2100 МГц наблюдалась гибель клеток с последующим восстановлением.

Исследование миллиметрового ЭМИ (53–55 ГГц) [3] показало улучшение технико-химических характеристик брожения, увеличивая биомассу и спиртообразование при снижении остаточных углеводов. Эффект сохранялся на протяжении шести поколений, но постепенно ослабевал.

Таким образом, гамма-облучение повышает эффективность репарации ДНК, в то время как радиочастотное и микроволновое излучение оказывают как стимулирующее, так и подавляющее влияние на рост клеток. Миллиметровые ЭМИ положительно влияют на технико-химические показатели брожения, однако требуют дальнейших исследований.

Литература:

1. Li Q. et al. Radio frequency–induced superoxide accumulation affected the growth and viability of Saccharomyces cerevisiae // International Microbiology. – 2020. – Т. 23. – №. 3. – С. 391-396.

2. S. Jain, V. Vojisaveljevic and E. Pirogova, «The effects of low power microwaves at 1800 MHz and 2100 MHz on yeast cells growth», 2016 IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference (IMaRC), New Delhi, India, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/IMaRC.2016.7939623.

3. Yakunov A.V. et al. Influence of processing of yeast Saccharomyces cerevisiae with millimeter waves on fermentation indices in technology of bioethanol production // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2015. – Т. 51. – С. 156-161.

МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ В ПИВЕ

Костюк Л.А.

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

e-mail: kostukluda03@gmail.com

METHODS FOR STABILIZING COLLOIDAL SYSTEMS IN BEER

Kostyuk L.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Стабилизация коллоидных систем в пиве — ключевая задача при его производстве и хранении. Коллоиды, образующиеся в процессе ферментации, влияют на вкус, аромат и внешний вид напитка. Нестабильные коллоиды могут вызывать помутнение и осадок, что негативно сказывается на качестве пива. Качество готового продукта зависит от полифенольных соединений и белков из хмеля и сусла. Избыточное количество этих компонентов может привести к образованию мути.

Способы [1], обеспечивающие коллоидную стойкость пива, условно можно разделить на три группы — химические, ферментативные и физические. К последней группе относят как фильтрование готового пива при температуре ниже 0 °С (холодная фильтрация), так и использование адсорбентов, связывающих вещества, вызывающие помутнения, например полипептиды или полифенолы. Ферментативные методы подразумевают добавление в пиво протеаз, разрушающих высокомолекулярные полипептиды, уменьшая вероятность появления мути. Химические методы: использование флокулянтов, таких как желатин или изинглас, применение стабилизаторов, таких как хитозан или бентонит, регулирование pH с помощью кислот и т.д.

Хитозан — линейный полисахарид, получаемый из хитина, представляет собой мощный сорбент. В отличие от традиционных стабилизаторов, хитозан обладает мультифункциональностью благодаря высокому содержанию амино- и гидроксильных групп, что позволяет модифицировать его свойства. Хитозан можно рассматривать как сорбент с управляемыми характеристиками [2], что делает его применение в производстве напитков практически безграничным. Его положительный заряд позволяет связываться с отрицательно заряженными поверхностями, включая полифенолы и жиры, что особенно актуально для развития технологий пивоварения.

Стабилизация коллоидных систем в пиве является важным аспектом, который напрямую влияет на его качество и потребительские свойства. Применение различных методов стабилизации — от химических до ферментативных и физических — позволяет эффективно контролировать образование нежелательных коллоидов и улучшать характеристики конечного продукта. Хитозан, благодаря своим уникальным свойствам, открывает новые горизонты для повышения стабильности пива и может стать ключевым компонентом в современных технологиях пивоварения.

Литература:

1. Царьков Д.А., Карпенко Д.В., Казьмина Е.В. Повышение коллоидной стойкости пива // Пиво и напитки. – 2006. – №. 5. – С. 26-27.

2. Ловкис З.В., Трусова М.М., Павлова О.В. Стабилизация пива при коллоидных помутнениях с использованием сорбционного потенциала хитозана. – 2022.

ПРИОНЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНОГО

Лапик Е.Д.

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

e-mail: lapik0804@gmail.com

PRIONS IN THE HUMAN AND ANIMAL BODY

Lapik E.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В начале 80-х годов С. Прузинером вместе с соавторами был выделен и очищен агент, вызывающий скрэйпи (почесуха овец), из мозга больных животных. Агент, вызывающий скрэйпи, получил название «прион» (prion – proteinacious infectious particle). Белок, из которого состоят прионы, встречается во всех частях тела у здоровых людей и животных. Нормальная форма белка называется PrP^{C} (от англ. – cellular), а инфекционная — PrP^{Sc} (от англ. – scrapie) Нормальный белок PrP^{C} играет роль в восстановлении нейронов и метаболизме микроРНК. [1]. Предполагается, что размножение PrP^{Sc} происходи путем изомеризации белка PrP^{C}. Согласно этой теории, прион способен превращать нормальный белок PrP^{C} в инфекционную изоформу, изменяя третичную структуру, что меняет его взаимодействие с другими белками. Полагают, что молекула PrP^{Sc} соединяется с молекулой PrP^{C} для образования промежуточного продукта, который превращается в две молекулы PrP^{Sc} и далее размножение происходит в геометрической прогрессии, давая при каждом цикле в два раза больше прионов, что обеспечивает экспоненциальный рост количества белка в организме. Конформационный переход Pr^{C} в PrP^{Sc} может происходить спонтанно. Он также может быть вызван попаданием в организм патологической формы PrP^{Sc} извне, либо переход может произойти из-за мутаций в гене Prnp, способствующих образованию PrPSc из PrPC. Это вызывает редкие, но неизлечимые наследственные заболевания. К ним относятся Фатальная семейная бессонница и болезнь Крейтцфельдта-Якоба, имеющие стопроцентный летальный исход [2]. Для исследований этих белков их необходимо выделить из больного организма и размножить. Способность прионов размножаться не только в организме животных, но и на культурах клеток широко используется для изучения их химико-физических свойств, а также для поиска новых химиотерапевтических средств для лечения прионных инфекций. Для культивирования прионов используют в основном культуры клеток, полученные из нервной ткани. Наиболее подходящими для культивирования прионов являются клетки, экспрессирующие на наружных мембранах PrP^{C}. [3]. В результате этих исследований есть вероятность найти способ лечения неизлечимых на сегодняшний день заболеваний, а также понять, как устроены прионы и как можно использовать их свойство цепной изомеризации в современной медицине, в том числе и для взаимодействия с бактериями и их белками.

Литература:

1. Завалишин, И.А. Прионы и прионные болезни / И.А. Завалишин. И.Е. Шитикова, Т.Д. Жученко // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. - 2000. – Т. 2. – № 2. – С. 12.

2. Шкундина, И.С. Прионы / И.С. Шкундина, М.Д. Тер-Аванесян // Успехи биологической химии. - 2006. – Т. 46. – С. 385.

3. Ковалев, Н.А. Вирусы и прионы в патологии животных и человека / Н.А. Ковалев, П.А. Красочко // Минск: Беларуская навука. - 2012. – С. 446.

КОЛЛАГЕНАЗА: ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ФЕРМЕНТ

***Лебеда М.В.*, Колесников Б.А.**
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: lebeda-misha@yandex.ru

COLLAGENASE: A PROMISING ENZYME

***Lebeda M.V.*, Kolesnikov B.A.**
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Коллагеназа (протеолитический фермент, эндопептидаза) привлекла значительное внимание в последние годы из-за возможностей её использования в различных областях, включая биотехнологию, фармацевтику, косметику и космецевтику и др. Этот фермент, способный расщеплять тройную спираль коллагена (нерастворимого природного белка) и обладающий выраженной гидролитической активностью в отношении соединительных тканей, является перспективным кандидатом для лечения различных заболеваний [1, 2].

Исследования показали, что коллагеназа может быть использована для улучшения эластичности кожи и уменьшения видимости шрамов и морщин. Кроме того, она находит применение в качестве терапевтического агента для лечения контрактуры Дюпюитрена, болезни Пейрони, а также фибротических заболеваний, таких как цирроз печени и лёгочный фиброз, для медикаментозной коррекции и профилактики рубцовых образований, послеоперационных спаек и др. [2]. Кроме того, коллагеназа используется в биотехнологии для производства биоактивных пептидов и разработки новых биоматериалов, находящих применение в тканевой инженерии и регенеративной медицине [3], а также в пищевой промышленности, например, для размягчения мяса [4].

Ряд исследований посвящены оптимизации производства и очистки коллагеназы, а также разработке новых коллагеназа-основанных анализов [5, 6]. Эти исследования внесли значительный вклад в понимание свойств фермента и его потенцильно возможных применений.

С учетом перспективности использования коллагеназы в составе препаратов различного назначения актуальными являются дальнейшее исследование потенциала этого фермента, а также разработка и постоянное усовершенствование технологий получения данной эндопептидазы.

Литература:

1. Майорова, А.В. и др. Коллагеназы в медицинской практике: современные средства на основе коллагеназы и перспективы их совершенствования // Фармация и фармакология. – 2019. – Т. 7. – №. 5. – С. 260-270.

2. Алишева Л.М., Красильников И.В. Методы получения коллагеназ из Clostridium histolyticum // Инновации в здоровье нации. – 2017. – С. 79-82.

3. Холявка М.Г. и др. Исследование процессов УФ-модификации свободной и иммобилизованной на матрице хитозана коллагеназы // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2019. – Т. 59. – №. 1. – С. 63-67.

4. Хвостов Д.В. и др. Применение протеаз в мясной индустрии: обзор // Мясная индустрия. – 2020. – №. 11. – С. 32-37.

5. Никитина З.К., оглы Насибов Э.М. Получение и свойства коллагенолитической протеиназы *Aspergillus fumigatus* // Химико-фармацевтический журнал. – 2023. – Т. 57. – №. 7. – С. 38-42.

6. Патент № 2774603 C1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50. Способ выделения эндотелия микрососудов мозга крысы: № 2021133425: заявл. 17.11.2021: опубл. 21.06.2022 / М.Р. Капкаева, А.Б. Салмина, Е.Д. Хилажева, Д.Н. Воронков; заявитель ФГБНУ «Научный центр неврологии».

МОДИФИКАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ COPRINUS CEREVISIAE

Лебеда М.В., Колесников Б.А.

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

e-mail: lebeda-misha@yandex.ru

MODIFICATION OF THE NUTRIENT MEDIUM FOR COPRINUS CEREVISIAE

Lebeda M.V., Kolesnikov B.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время разрабатывается множество ферментативных препаратов, которые демонстрируют высокую эффективность. Одним из перспективных для исследования является коллагеназа, представитель группы протеолитических ферментов. Данный фермент имеет потенциал для применения в фармацевтической отрасли, в частности, в качестве косметического средства, способного уменьшать видимость рубцов от шрамов путём разрушения избыточного коллагена в коже человека.

Однако для оценки фармацевтической эффективности коллагеназы необходимо обеспечить оптимальные условия для культивирования гриба-продуцента, что может быть достигнуто путём разработки и оптимизации питательной среды, способствующей максимальной продуктивности фермента.

Целью настоящей работы являлись проведение двухфакторного эксперимента по модификации среды гриба *Coprinus cerevisiae* и последующий анализ полученных данных.

За основу брали питательную среду следующего состава, г/л: глюкоза – 22,5, пептон – 5,25, дрожжевой экстракт – 3, NaCl – 0,75, $MgSO_4$ – 0,75, KH_2PO_4 – 0,9, K_2HPO_4 – 0,6. В рамках эксперимента исследовали влияние различного соотношения источников глюкозы и азота. Были выбраны следующие количества компонентов, г/л: глюкоза – 19, 21, 23; пептон – 4,5, 5,0, 5,5.

Объект исследования – фермент коллагеназа из культуры *Coprinus cerevisiae* из коллекции каф. ТМС СПбГТИ(ТУ).

Для определения коллагеназной активности [1] в 5 пронумерованных пробирок вместимостью (10 – 15) мл вносили по 1 мл анализируемого раствора. В 1, 2, 3 пробирки (испытуемые растворы, ИР) добавляли по 1 мл суспензии коллагена. В оставшиеся пробирки 4 и 5 (контрольные растворы, КР) – по 1 мл воды. Пробирки плотно закрывали пробками, интенсивно встряхивали на шейкере в течение 15 мин., затем помещали на 1 ч. в термостат при 37 °С. После чего их снова интенсивно встряхивали на шейкере в течение 15 мин. Из каждого ИР и КР отбирали по 1 мл, вносили в пять пробирок с притёртыми пробками вместимостью (10 – 15) мл, добавляли по 1 мл раствора нингидрина и перемешивали. Далее пробирки термостатировали при температуре 55 °С в течение 10 мин., затем прибавляли по 8 мл воды в каждую и перемешивали. Оптическую плотность приготовленных растворов измеряли на фотоэлектрокалориметре КФК-2 при длине волны 570 нм, используя компенсационный раствор.

Проводили двухфакторный эксперимент типа глюкоза-пептон для определения влияния данных факторов на активность коллагеназы. С целью осуществления анализа данных использовали метод Бокса, в соответствии с которым были выбраны представленные ранее концентрации индукторов.

По итогам эксперимента математически были выявлены зона оптимума и концентрации факторов с наибольшими показателями активности: глюкоза – 21 г/л, пептон – 5 г/л.

Литература:

1. Полыгалина, Г.В. Определение активности ферментов. / Г.В. Полыгалина, Л.В. Римарева, В.С. Чередниченко. – Москва, 2003 – 375 с.

МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОПАДА ДЛЯ ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

***Ленивцев П.И.*, Дягилева А.Б., Смирнова А.И.**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Высшая школа технологии и энергетики

e-mail: lenivcev-pavel@rambler.ru

MECHANICAL ACTIVATION AS AN ALTERNATIVE TO CHEMICAL PREPARATION OF LITTER MATERIALS FOR TARGETED USE

Lenivtsev P.I., Dyagileva A.B., Smirnova A.I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy

В работе рассматриваются природоподобные технологии, которые не наносят урон окружающей среде, а сосуществуют с ней в полной гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. Необходимость перехода к принципам «зеленой химии» обусловлена образованием и накоплением большого количества отходов, которые могут являться вторичным сырьем для целевого использования.

Опад в системе коммунального хозяйства принято относить к отходам, однако возникает проблема с его сбором для размещения на полигонах вместе с бытовыми отходами, что увеличивает не только объемы отходов, но и провоцирует образование парниковых газов при совместном разложении опада. Для урегулирования данного процесса необходимо помнить, что в лесных экосистемах листовой опад выполняет экологические функции сорбента различных компонентов, в том числе тяжелых металлов, регулирует накопление органического вещества почвы, поступление и отдачу питательных веществ. Таким образом, целью работы является сравнительное исследование свойств листового опада Северо-Западного региона, модифицированного различными способами, который может являться сырьем для регулирования качества окружающей среды.

Наиболее активно рассматриваются химические методы модификации, например карбонизация, обработка кислотами [1,2], но наиболее простым и экологичным является механический способ модификации. Основным достоинством данного метода является высокая сорбционная активность без добавления химических добавок. Известно, что листовой опад включает два основных компонента: лигнин и целлюлоза. Целлюлозосодержащие волокнистые сорбенты высокоэффективны, их получают путем диспергации и в виде готовой продукции используют при сорбции тяжелых металлов.

В качестве дополнительного метода исследования используется метод спектрометрии, который позволяет сопоставить наличие функциональных групп в различных исследуемых образцах.

Для более детального исследования ионообменных свойств листового опада различного происхождения на урбанизированных территориях требуются дополнительные комплексные исследования, что позволит включить экономику жилищно-коммунального хозяйства в цикл «зеленых» технологий и замкнутый цикл использования природных материалов.

Литература:

1. Дмитрук А.Ф., Лесишина Ю.О., Шендрик Т.Г., Галушко Л.Я., Горбань О.А., Чотий К.Ю. Возможности комплексного использования палой листвы // Химия растительного сырья. 2005. № 4. С. 71 – 78.

2. Шаймарданова А.Ш., Степанова С.В. Использование химических реагентов для увеличения сорбционной емкости листового опада по отношению к ионам железа (II) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 3. С. 31 – 35.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ФЕНОМИКЕ РАКА: ОТКРЫТИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ

Литау Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: kkaterina.abc@gmail.com

MACHINE LEARNING IN CANCER PHENOMICS: UNCOVERING NEW PATHWAYS TO PERSONALIZED MEDICINE

Litau E.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы машинное обучение (МО) стало преобразующей технологией в различных областях, в том числе и в онкологии. Одно из направлений - феномика рака, т. е. изучение физических и биохимических признаков, стало важной областью для использования методов МО. Это позволяет анализировать большие объемы данных и разрабатывать алгоритмы ранней диагностики заболевания, оценку тяжести и прогноза пациента, и, на основе полученных данных, подбирать наиболее эффективную терапию.

Использование алгоритмов МО, таких как свёрточные нейронные сети, позволило классифицировать различные типы рака легких на основе гистопатологических изображений и соотнести их с клиническими прогнозами [1]. Кроме того, применяются алгоритмы МО для интеграции мультиомных данных с целью картирования рака молочной железы. Объединяя различные типы данных, были изучены механизмы, лежащие в основе прогрессирования рака и резистентности. Исследование выявило новые пути и потенциальные лекарственные мишени, которые могут быть использованы в дальнейшем для повышения эффективности существующих терапий.

Ещё один недавний прорыв связан с использованием машинного обучения для прогнозирования ответа на иммунотерапию. Были использованы модели МО для анализа специфического для пациента опухолевого микроокружения и прогнозирования вероятности ответа опухоли на ингибиторы контрольных точек иммунного ответа [2]. Этот подход продемонстрировал улучшенную предсказательную способность по сравнению с традиционными биомаркерами, такими как уровень экспрессии PD-L1, и может существенно помочь в выборе пациентов, которые с наибольшей эффективностью ответят на терапию.

Помимо клинических применений, МО также используется для разработки инструмента скрининга, который выявляет ранние признаки рака яичников, анализируя тонкие паттерны на ультразвуковых изображениях [3]. Алгоритм, обученный на большом наборе данных от пациентов, показал более высокую чувствительность по сравнению с традиционными методами скрининга.

Выявляя новые взаимосвязи между биологическими признаками и прогнозируя ответы на лечение, МО помогает приблизиться к цели персонализированной терапии рака — подходу к лечению, который максимизирует эффективность и минимизирует побочные эффекты. По мере того, как наборы данных продолжают расти, а алгоритмы становятся более сложными, существует надежда, что машинное обучение откроет новую эру прецизионной медицины.

Литература:

1. J. W. Yang, *et. al*, «Classification of subtypes including LCNEC in lung cancer biopsy slides using convolutional neural network from scratch», vol. 12, no. 1, pp. 1830

2. Y. Li, *et. al*, «Informing immunotherapy with multi-omics driven machine learning», *NPJ Digital Medicine*, vol. 7, no. 1, pp. 1–16, Mar. 2024

3. S.M. Ayyoubzadeh, *et. al*, «Artificial intelligence tools in the prediction of ovarian cancer», Journal of Medical Informatics, vol. 27, no. 4, pp. 100–115, Apr. 2024

ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХИТОЗАНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Макриди П.С.

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

e-mail: paru62000-1@yahoo.gr

USE OF CHITOSAN IN THE FOOD INDUSTRY

Makridi P.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения высококачественными продуктами питания, в том числе содержащими биоразлагаемые и биосовместимые полимеры.

Одним из таких биополимеров является хитозан, макромолекулы которого представляют собой цепи, состоящие из глюкозамина, соединенные бета-гликозидными связями. Эмпирическая формула хитозана имеет вид: $(C_6H_{11}NO_5)n$.

В настоящее время основными источниками получения хитозана являются панцири ракообразных (креветки, крабы, омары), экзоскелеты насекомых, морские водоросли, моллюски и грибы. В клеточной стенке некоторых грибов (например, *Rhizopus oryzae*) наряду с хитином содержится хитозан [1, 2].

Основными способами получения микро - и наноразмерных частиц хитозана являются: эмульсионное сшивание, коацервация/осаждение при изменении кислотности среды, ионотропное гелеобразование, осушение спрея раствора хитозана и некоторые другие методы [1].

На сегодняшний день хитозан широко используется в пищевой промышленности в виде:

- пищевой добавки, позволяющей улучшить текстуру продуктов, она действует как загуститель, эмульгатор и увлажнитель, что придаёт им более однородную, гладкую и сочную консистенцию за счёт физико-химических свойств [2];
- консерванта, выполняющей бактериостатическую функцию благодаря электростатическому взаимодействию с клеточными мембранами бактерий, что нарушает их целостность. Кроме того, хитозан связывается с ДНК бактерий, препятствуя их репликации и снижая способность к размножению [1];
- адсорбента, так как благодаря своим положительно заряженным аминогруппам, большой площади поверхности, гидрофильным свойствам и способности образовывать комплексы с различными загрязнителями (органическими веществами и ионами) и пигментами (антоцианы, хлорофилл, каротиноиды), что в свою очередь позволяет широко применять в производстве различных напитков [2]. Хитозан, выделенный из гриба *R. oryzae*, предложено использовать для осветления и стабилизации яблочного сидра, пива и вина [3].

В настоящее время представляют интерес исследования, направленные на поиск новых источников применения хитозана в пищевой промышленности.

Литература:

1. Роговина С.З. Биоразлагаемые смеси хитина и хитозана с синтетическими полимерами // Энциклопедия инженера-химика. 2011. № 6. С. 32-38.

2. Области применения хитозана / Г.Г. Няникова [и др.] // Известия СПбГТИ(ТУ). 2007. №2 (28). С. 20-26.

3. Новый сорбент для осветления и стабилизации яблочного сидра / А.А. Григорьева [и др.] // Материалы XVIII Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии». Казань: ИППБТ, 2023. С. 178-182.

НЕЛИПОСОМАЛЬНАЯ ТРАНСФЕКЦИЯ КАК МЕТОД ДОСТАВКИ ПЛАЗМИДЫ EXRAI-AMPKAR(T/A) В КЛЕТКИ HELA

Мамина Д.Д., Зенина А.Д., Романова А.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»

e-mail: dmamina03@gmail.com

NON-LIPOSOMAL TRANSFECTION AS A METHOD OF EXRAI–AMPKAR(T/A) PLASMID DELIVERY TO HELA CELLS

Mamina D.D., Zenina A.D., Romanova A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Важным регулятором клеточного энергетического гомеостаза является АМФ-активируемая протеинкиназа (АМФК). В настоящее время АМФК привлекает интерес как потенциальная мишень терапии заболеваний, связанных с энергетическим метаболизмом, таких как диабет 2-го типа, ожирение [1].

Одним из подходов к исследованию активности АМФК является использование биосенсоров, при использовании которых необходимо иметь соответствующий контроль. Так, для флуоресцентного биосенсора ExRai-AMPKAR в качестве негативного контроля выступает вектор ExRai-AMPKAR (T/A) – нефосфорилируемый мутант, полученный заменой треонина на аланин в сайте фосфорилирования. Непосредственная светимость плазмиды обусловлена наличием зеленого флуоресцентного белка (cpEGFP) [2].

Данная работа посвящена получению клеток HeLa, экспрессирующих зеленый флуоресцентный белок (GFP), соответствующий наличию целевой вставки.

Наработку вектора производили с помощью электрокомпетентных клеток *E.coli* DH5a. Наработанную суспензию использовали для выделения плазмидной ДНК, качество которой контролировали методом электрофореза для того, чтобы убедиться, что данная ДНК является вектором ExRai-AMPKAR (T/A) и соответствует размеру 5517 п.о. Наработанную и проверенную ДНК использовали для трансфекции опухолевых клеток для последующей оценки активности АМФК.

Плазмида pcDNA3-ExRai-AMPKAR(T/A) была вставлена в клетки HeLa дикого типа методом трансфекции с использованием реагента FuGENE. Селекция клеток проводилось на питательной среде с добавлением антибиотика G418 для быстрого отбора клеток, несущих ген устойчивости к генетицину neo.

Для проверки наличия плазмиды в трансфецированных клетках использовали имиджинговую систему Operetta и клеточный сортер S3e. На Operetta (спектр возбуждения – 360-400 нм и эмиссии – 410-480 нм) удалось детектировать зеленое свечение белка GFP, в то время как проточная цитометрия показала слабо выраженный пик свечения в зеленой области спектра (490/510 нм), что свидетельствует о необходимости оптимизации метода трансфекции для получения чувствительной и воспроизводимой клеточной тест-системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №24-73-10221).

Литература:

1. Marsin, A.S., Bertrand, L., Rider, M.H., Deprez, J., Beauloye, C., Vincent, M.F., Van den Berghe, G., Carling, D., and Hue, L. (2000) Phosphorylation and activation of heart PFK-2 by AMPK has a role in the stimulation of glycolysis during ischaemia, Curr. Biol., 10, 1247–1255.

2. Schmitt, D.L., Curtis, S.D., Lyons, A.C. et al. Spatial regulation of AMPK signaling revealed by a sensitive kinase activity reporter. Nat Commun 13, 3856 (2022). https://doi.org/10.1038/s41467-022-31190-x

ЦИТОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЯДЕРНОГО КРАСИТЕЛЯ ПРИ ВИТАЛЬНОЙ ОКРАСКЕ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК

Марголина К.Я.*, *Сагайдак А.В.*, *Трибулович В.Г.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»
e-mail: kira.margolina@gmail.com

CYTOTOXIC EFFECTS OF NUCLEAR DYE IN VITALIZED TUMOR CELL STAINING

Margolina K.Y.*, *Sagaydak A.V.*, *Tribulovich V.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

ДНК-связывающий краситель Hoechst 33342 активно применяется в ходе различных тестов, основанных на оценке светимости клеток. Синее свечение, которое испускается при связывании красителя с ядерной ДНК, не только позволяет определять количество клеток или дифференцировать клетки при сортинге, но также получить представление об активности белков-транспортеров, которые обеспечивают выброс Hoechst 33342 из клеток [1]. Один из таких транспортеров – Р-гликопротеин – представляет интерес для исследователей, так как предотвращает проникновение в клетку ксенобиотиков, но может также обеспечивать химиорезистентность опухолевых клеток.

В рамках данной работы мы исследовали цитотоксические свойства соединения, чтобы исключить риски искажения результатов при проведении многофакторных экспериментов с прижизненным анализом клеток.

В рамках эксперимента использовались две клеточные линии колоректального рака человека – опухолевые клетки дикого типа и резистентные клетки. Цитотоксичность оценивалась при помощи МТТ-теста – метода, основанного на реакции восстановления МТТ-реактива (3-[4,5-диметилтиазол-2-ил]-2,5-дифенилтетразолия бромида) митохондриями метаболически активных клеток [2].

Результаты работы показали наличие цитотоксических свойств у красителя Hoechst 33342, причем количественная оценка жизнеспособности выявила более выраженный токсический эффект в случае клеток дикого типа. Данное явление связано с повышенной экспрессией Р-гликопротеина в резистентных клетках, которая обеспечивает меньшее накопление красителя по сравнению с клетками дикого типа и, соответственно, способствует снижению цитотоксического эффекта.

Полученные данные будут использованы для выбора оптимальных концентраций красителя, соответствующих минимальному токсическому эффекту, для проведения прижизненной окраски клеток.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23–13–00344).

Литература:

1. Grigoreva T. et al. Establishment of drug-resistant cell lines under the treatment with chemicals acting through different. Chem Biol Int, 2021, 344, 109510.

2. Ghasemi M. et al. The mtt assay: Utility, limitations, pitfalls, and interpretation in bulk and single-cell analysis. Int J Mol Sci, 2021 , 22(23), 12827.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ТЕСТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОТИВОТРЕВОЖНОГО ДЕЙСТВИЯ 1-ДЕЗАМИНО-8-Д-АРГИНИН-ВАЗОПРЕССИНА У СТРЕССИРОВАННЫХ САМЦОВ КРЫС

***Матвеевская П.А.*[1,2], *Абсалямова М.Т.*[2], *Воробьева А.С.*[2], *Тимушева М.В.*[2], *Фролкова К.А.*[2], *Безнин Г.В.*[2], *Белокоскова С.Г.*[2], *Цикунов С.Г.*[2], *Апраксина Н.К.*[2]**

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

[2]*ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»*

e-mail: matveevskaya2000@mail.ru

APPLICATION OF BEHAVIORAL TESTS FOR ASSESSING THE ANXIOLYTIC EFFECT OF 1-DESAMINO-8-D-ARGININE VASOPRESSIN IN STRESSED MALE RATS

***Matveevskaya P.A.*[1,2], *Absalyamova M.T.*[2], *Vorobeva A.S.*[2], *Timusheva M.V.*[2], *Frolkova K.A.*[2], *Beznin G.V.*[2], *Belokoskova S.G.*[2], *Tsikunov S.G.*[2], *Apraksina N.K.*[2]**

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

[2]*FSBSI «Institute of Experimental Medicine»*

Витальный стресс, связанный с угрозой жизни, вызывает психоэмоциональные нарушения у крыс [1]. Разработка способов коррекции поведенческих изменений является приоритетной задачей в современном мире. В клинической практике вазопрессин применяется у инсультных больных с депрессией. Предполагается его противотревожное действие.

Цель данного исследования состояла в оценке противотревожного действия вазопрессина в дозе 2 мкг/сут в течение 14 дней у стрессированых самцов крыс в поведенческих тестах «Открытое поле» («ОП») и «Приподнятый крестообразный лабиринт» («ПКЛ»).

Опыты выполнены на половозрелых самцах крыс породы Wistar массой 300-320 г (n=50). Группа «С» - интактные (n=7), «СР» – с интраназальным введением физраствора (40 мкл/сут, 14 дней, n=7), «VS» – витальный стресс без введения раствора (n=12), «VSP» – витальный стресс + физраствор (40 мкл/сут, 14 дней, n=12), «VSV» – витальный стресс + интраназальное введение 1-дезамино-8-Д-аргинин-вазопрессина (2 мкг/сут, 14 дней (n=12). Витальный стресс моделировали ситуацией угрозы жизни в течение 40 минут. На 15, 16 сутки после стресса оценивали поведение у крыс в тесте «ОП», «ПКЛ» соответственно.

В тесте «ОП» у «VSV» наблюдалось понижение суммарной длительности актов «груминг» ($p=0.0003$), повышение «обнюхивания» ($p=0.018$), а также понижение пройденного пути за первую минуту теста в сравнении с контролем ($p=0.048$). В тесте «ПКЛ» вазопрессин приводил к снижению длительности пребывания в закрытом рукаве ($p=0.0002$) и повышению пребывания в центре по сравнению с контролем ($p=0.001$), что свидетельствует о снижении тревожности крыс.

Таким образом, применение поведенческих тестов позволило выявить противотревожное действие вазопрессина на психоэмоциональный статус стрессированных самцов крыс. Полученные данные могут быть использованы при разработке новых способов коррекции психоэмоциональных расстройств, вызванных тяжёлой психической травмой.

Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные научные исследования (FGWG-2022-0012, FGWG-2023-0001).

Литература:

1. Apraksina N.K., Avaliany T.V., Tsicunov S.G. Changes in Electrocortiographic Indicators in Rats in Situations of Real Threats to Life in a Vital Stress Model. Neurosci. Behav. Physiol. 2022. 52(5): 739–746.

МОДИФИКАЦИЯ ПРОТЕИНОВЫХ ИЗОЛЯТОВ

Ненашева П.Н., Баракова Н.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: polinanenasheva02@gmail.com

MODIFICATION OF PROTEIN ISOLATES

Nenasheva P.N., Barakova N.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последние годы гороховый изолят становится все более популярным источником растительного белка благодаря своим питательным свойствам, пищевой безопасности, устойчивости культуры гороха к изменениям в климате и комплексному профилю аминокислот. Однако его функциональные характеристики, такие как растворимость, эмульгирующая способность и текстурные свойства, часто требуют оптимизации для более широкого применения в пищевой промышленности. Рассматриваются следующие методы модификации:

– Физическая обработка с применением ультразвука и высокого давления для изменения структуры белков приводит к улучшению их эмульгирующих и пенообразующих способностей, а также улучшению текстуры конечного продукта.

– Химические методы, такие как ацетилирование и кросс-сшивание, проводят с целью улучшения функциональных свойств, таких как водоудерживающая способность и термостабильность [1-3].

Исследования показали, что применение ферментов, таких как протеазы и амилазы, значительно увеличивает степень деградации белков, что приводит к образованию пептидов с улучшенной растворимостью и функциональностью, а, следовательно, способствует улучшению его усвояемости и питательной ценности. Полученные ферментированные образцы демонстрировали улучшенные эмульгирующие способности и пенообразующие характеристики по сравнению с неферментированным изолятом. Это связано с изменением структуры белков, что способствует образованию стыковок с маслом и воде при производстве эмульсий. Таким образом, ферментация способствует не только улучшению функциональных характеристик, но и увеличивает доступность питательных веществ. Процесс ферментации предположительно разлагает антинутриенты, такие как фосфаты, и улучшает усвояемость минеральных веществ и витаминов. Проанализированные данные подтверждают потенциальные области использования ферментированного горохового изолята в пищевой промышленности. Он может быть успешно использован в разработке различных функциональных пищевых продуктов, включая альтернативы мясным изделиям, безалкогольные напитки и белковые батончики. Этот подход не только расширяет ассортимент растительных белков на рынке и способствует снижению зависимости от животных белков, но и способствует улучшению пищевой ценности продуктов, а также отвечает современным требованиям по устойчивому потреблению.

Литература:

1. Маневич Б.В. Влияние ультразвуковой обработки на свойства молочных белков // Пищевая промышленность. - 2022. - №3. - С. 43-46.

2. Shuang Yang, Qiuxia Xie, Xiuyu Liu, Min Wu, Shuangfei Wangab, Xueping Song Acetylation improves thermal stability and transmittance in FOLED substrates based on nanocellulose films // RSC Advances. - 2018. - №8. - С. 3619-3625.

3. Yaqi Wang, Jiangtao Wu, Mengxin Lv, Zhen Shao, Meluleki Hungwe, Jinju Wang, Xiaojia Bai, Jingli Xie, Yanping Wang, Weitao Geng Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. - 12 May 2021. - №9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НАБУХАЕМОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМОК

Оганнесян Ф.А.
Национальный исследовательский университет ИТМО
e-mail: philhovhannisyan@yandex.com

I DETERMINATION OF THE DEGREE OF SUMMARY OF MODIFIED APPLE PUMES

Hovhannisyan F.A.
ITMO University

Яблочные выжимки являются ценным источником биологически активных веществ. Высушенные яблочные выжимки можно использовать как пищевой ингредиент, который включается в рецептуры различных пищевых продуктов или входит в состав питательных сред для культивирования микроорганизмов. В ранее приведенных исследования была обоснована целесообразность проведения гидратации сухих ингредиентов перед их использованием, при этом необходимо знать условия, при которых следует проводить гидратацию. Для проведения исследований использовали яблочные выжимки, полученные после отжима сока из мезги яблок сорта Симиренко, обработанной ферментным препаратом Vegazym M в количестве 0,09 % от массы мезги, высушенной разными способами сушки-конвективным и вакуумным и обработанной на установке ударно-дезинтеграторно-активаторного типа (УДА обработка). Гидратацию 1 г. модифицированных яблочных выжимок проводили при температуре 20±2 °С и гидромодуле 1:10. Отбор проб проводили каждые 5 мин, пробы центрифугировали при скорости вращения ротора 6000 об/мин в течение 5 мин. Степень набухания порошков оценивали по массе осадка, полученного после центрифугирования. Результаты эксперимента представлены на диаграмме.

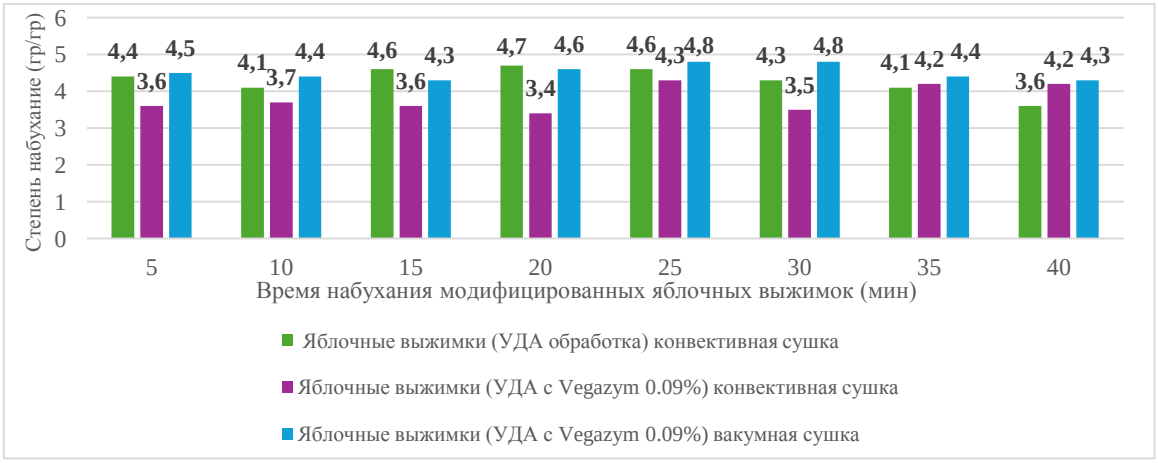


Рисунок – Динамика набухания модифицированных яблочных выжимок

Исходя из результатов, представленных на диаграмме, следует, что в зависимости от способа модификации яблочных выжимок время, при котором наступает максимальное поглощение воды, меняется. Отличается также и количество поглощенной воды. Самое большее количество воды поглотили выжимки, полученные из яблочной мезги, обработанной ферментным препаратом и высушенные в вакуумной сушилке. И самое маленькое количество воды поглотили выжимки, полученные из яблочной мезги, обработанной ферментным препаратом и высушенные в конвективной сушилке. Полученные результаты говорят о том, что способом модификации мы можем регулировать свойства выжимок.

ОЦЕНКА СПОСОБОВ ДЕКОНТАМИНАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЦР-ИССЛЕДОВАНИЙ

***Олофинская Н.А.*[1,2], *Виноходов Д.О.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии,*

[2]*Централизованная бактериологическая лаборатория СПБ ГБУЗ «Городской противотуберкулезный диспансер»*

e-mail: yeuxbleus@mail.ru

ASSESSMENT OF DECONTAMINATION METHODS IN PCR-STUDY

***Olofinskaya N.A.*[1,2], *Vinokhodov D.O.*[1]**

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

[2]*Saint-Petersburg TB Dispensary bacteriological laboratory*

Высокая чувствительность полимеразной цепной реакции (ПЦР) может стать причиной появления контаминации объектов окружающей среды нуклеиновыми кислотами и привести к появлению ложноположительных результатов. Деконтаминационные мероприятия играют весомую роль в обеспечении надлежащего качества ПЦР-исследований. Существуют физические, химические, ферментативные способы деконтаминации.

Цель: анализ эффективности разных способов деконтаминации.

Материалы и методы: взвесь ДНК микобактерий туберкулезного комплекса (МБТ); объекты внешней среды (рабочие поверхности); ПЦР-буфер в пробирках типа эппендорф для взятия смывов; набор ПЦР-реагентов для количественного определения ДНК МБТ в реальном времени «Амплитуб-РВ» производства НПК «Синтол», РФ; средства для деконтаминации: химической – деионизированная вода (ddH_2O), раствор «Хлормисепт Р» (дезинфицирующий раствор производства ООО «Полисепт», РФ); «DNArid» (средство для деконтаминации производства «Биомедицинские инновации», РФ); физической – источник УФ-излучения (30 Вт) внутри ламинарного бокса микробиологической безопасности класс II В2.

Основные положения: на рабочие поверхности наносили взвесь ДНК МБТ с известной концентрацией 100-120 копий ДНК/мкл, высушивали, затем с помощью ПЦР-буфера брали смывы для определения концентрации ДНК МБТ на контаминированной поверхности путем постановки количественной ПЦР-РВ. Далее на участки контаминированных рабочих поверхностей воздействовали вышеуказанными средствами для деконтаминации и снова брали смывы для определения эффективности проведенных мероприятий.

Результаты: в результате проведенного исследования установлено, что все испытанные нами средства в большей или меньшей степени обладают способностью к деконтаминации объектов внешней среды. Однако наиболее эффективными являются «Хлормисепт Р» и «DNArid». После их применения на рабочих поверхностях ДНК МБТ не обнаруживалась. Тогда как после использования ddH_2O ДНК МБТ выявилась в количестве 21 копии ДНК/мкл, а после воздействия УФ-излучения - в количестве 3 копий ДНК/мкл.

ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ МУТАЦИЙ УСТОЙЧИВОСТИ К ФТОРХИНОЛОНАМ В ДНК ИЗОЛЯТОВ КУЛЬТУР MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS COMPLEX С ПОДТВЕРЖДЕННОЙ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ И С МОНОУСТОЙЧИВОСТЬЮ К РИФАМПИЦИНУ

***Олофинская Н.А.*[1,2], *Виноходов Д.О.*[1]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии,*

[2]*Централизованная бактериологическая лаборатория СПБ ГБУЗ «Городской противотуберкулезный диспансер»*

e-mail: yeuxbleus@mail.ru

FLUOROQUINOLONES MUTATIONS FREQUENCY IN DNA OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS COMPLEX ISOLATES WITH CONFIRMED MULTIDRUG RESISTANCE AND MONORESISTANCE TO RIFAMPICIN

***Olofinskaya N.A.*[1,2], *Vinokhodov D.O.*[1]**

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

[2]*Saint-Petersburg TB Dispensary bacteriological laboratory*

Фторхинолоны - препараты второго ряда, применяемые в лечении туберкулеза.

Механизм их действия связан с ингибированием топоизомераз II и IV типа (ферментов, способных релаксировать топологическое напряжение ДНК) и нарушением синтеза ДНК.

Мишенью фторхинолонов в микобактериях туберкулезного комплекса (МБТ) является ДНК-гираза – тетрамерный белок, состоящий из двух субъединиц, кодируемых генами gyrA и gyrB. Основные мутации, приводящие к устойчивости МБТ к фторхинолонам, расположены в кодонах 90, 91, 94 гена gyrA.

Наличие мутаций устойчивости к фторхинолонам определяли в ДНК изолятов культур МБТ с подтвержденной множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ - устойчивость МБТ к сочетанию рифампицина и изониазида независимо от устойчивости к другим противотуберкулезным препаратам), а также в ДНК культур с монорезистентностью к рифампицину методом мультиконкурентной аллель-специфичной ПЦР-РВ набором реагентов «Амплитуб-FQ-РВ», НПК «Синтол», РФ, позволяющим выявить 6 наиболее часто встречаемых мутаций в кодонах 90, 91, 94 гена gyrA.

Культуры были выделены методом посева диагностического материала от пациентов противотуберкулезных учреждений на плотные питательные среды Левенштейна-Йенсена и Финн-2 или жидкую питательную среду Миддлбрук 7H9.

В июне-августе 2024 г. было проведено 138 исследований по выявлению мутаций к фторхинолонам.

93 МЛУ- штамма оказались чувствительными к фторхинолонам (67.4 %), 45 изолятов - среди них 44 МЛУ-штамма и 1 изолят с моноустойчивостью к рифампицину - устойчивыми, что составило (32.6 %).

Проведен анализ частоты встречаемости мутаций к фторхинолонам. Среди мутаций резистентности к фторхинолонам, изменения в gyrA94 обнаружены в 34 случаях (75.5 %), в gyrA90 - в 10 случаях (22.2 %) , в gyrA91 - в 1 случае (2.2 %).

По результатам нашего исследования среди мутаций, детерминирующих устойчивость к фторхинолонам, самыми распространенными оказались изменения в 94 кодоне гена gyrA: в 27 случаях (60 %) произошла замена Asp-Gly (GAC-GGC), в 7 случаях (15.5 %) Asp-Tyr (GAC-TAC).

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБМЕННОЙ ЕМКОСТИ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ

Пилецкая А.С.*, *Смирнова А.И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Высшая школа технологии и энергетики

e-mail: smirnova_nasty87@mail.ru

FEATURES OF DETERMINING THE EXCHANGE CAPACITY OF NATURAL PLANT SORBENTS BY POTENTIOMETRIC TITRATION

Piletskaya A.S.*, *Smirnova A.I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy

В настоящее время повышенный интерес в области защиты окружающей среды от различных загрязнителей представляют растительные сорбенты (мох, торф), которые являются природными сорбционными материалами. Высокая способность к ионному обмену, развитая капиллярно-пористая структура, наличие в составе лигногуминовых кислот обуславливают способность данных материалов к поглощению различных веществ.

В процессе потенциометрического титрования растительных сорбентов в системе одновременно могут находиться как диссоциированные, так и недиссоциированные кислотные группы в зависимости от pH системы: COOH- и OH-, что определяется химической гетерогенностью функциональных групп каждого типа.

При прямом кислотно-основном титровании природных материалов растворами соляной кислоты происходит постепенный переход соли гуминовых кислот в Н-форму, что сопровождается процессом поликонденсации с образованием самоорганизованных структур. Постепенное изменение конформации молекулы приводит к экранированию части еще не оттитрованных COOH- и OH- групп, которые становятся недоступны для определения потенциометрическим методом. Различия при определении количества определяемых COOH- и OH-групп в растворах гуминовых кислот, входящих в состав природных сорбентов, могут быть связаны со способностью их макромолекул к ассоциации. Ассоциация гуминовых веществ в растворе может приводить к образованию агрегатов макромолекул, в результате чего часть функциональных групп оказывается, экранирована фрагментами макромолекул [1].

По полученным результатам исследования можно сказать, что точка нулевого заряда (ТНЗ) у мха равна pH~7, у торфа – pH~3,5. Обычно при титровании гуминовой кислоты раствором NaOH достижение при pH~7 считают окончанием титрования всех карбоксильных групп, а pH = 10,5 – кислотных групп. Область pH = 7÷9 является областью преодоления гетерогенности, то есть переход гуминовой кислоты из нерастворимого в воде твердого состояния в растворимую в воде соль гуминовых кислоты.

Для растительных полимеров (в том числе лигнина) в свое время был проведен метод обратного титрования, который предполагается использовать в дальнейшем [2].

Поиск возможностей более точного определения количества OH-групп в макромолекулах природных полимеров на основе гуминовых веществ является важным фактором для определения ионообменных свойств.

Литература:

1. Хилько С.Л., Ковтун А.И., Рыбаченко В.И. Потенциометрическое титрование гуминовых кислот // Химия твердого топлива. 2011. №5. с. 50-62.

2. Чернобережский Ю.М., Дягилева А.Б Потенциометрическое титрование сульфатного лигнина // Коллоидный журнал. 1990. Т 52. № 6. с. 1213-1216.

ИЗУЧЕНИЕ ИММУНОТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДНК ИЗ МОЛОК ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

Подцыкина П.А.

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

e-mail: kem-polina@mail.ru

THE STUDY OF THE IMMUNOTROPIC EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE DNA SUBSTANCES FROM SALMON FISH MILT

Podtsykina P.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Иммуномодулирующую активность проявляют и ДНК, и РНК молекулы определенного строения. Данный фак позволят говорить о том, что некоторые иммуностимулирующие эффекты достигались только при использовании бактериальной ДНК, но не ДНК позвоночных. Существует несколько факторов указывающих на то, что иммунокомпетентные клетки млекопитающих отличают ДНК бактерий или других прокариотов от ДНК эукариотов при связывании неметилированных динуклеотидов CpG в контексте специфических оснований. ДНК, полученная из молок разных рыб, также обладает иммуномодулирующими свойствами [1].

На основе этой нуклеиновой кислоты созданы множество фармакологических препаратов: деринат – натриевая соль низкомолекулярной нативной ДНК; препарат «Ферровир» и БАД к пище – «Биостим»; «Полидан» – стандартизованную смесь натриевых солей полихлоргидратов дериватов ДНК и РНК, получаемых из молок осетровых; «Нуклеоспермат натрия»; «Плацентекс-интегро» - обладает репаративными свойствами и используется в косметологии и дерматологии; «Дезоксинат» - представляющий собой 0,25 % раствор натриевой соли частично деполимеризованной ДНК, выделенной из молок осетровых рыб; БАД к пище – препараты дезоксирибонуклеиновых кислот: ДНК-С (ДНК с аскорбиновой кислотой) и ДНКаВИТ (ДНК с витаминами В1, В2, В6, С) [2].

Литература:

1. Krieg A.M. Mechanisms and applications of immune stimulatory CpG oligodeoxynucleotides // Biochim. Biophys. Acta. – 1999. - № 93321. P. 1-10.

2. Федянина Л.Н. Лекарственные препараты и биологически активные добавки к пище на основе нуклеиновых кислот различного происхождения / Л.Н. Федянина, Н.Н. Беседнова, Л.М. Эпштейн, Т.К. Каленик, Ю.Г. Блинов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2007. - №4. – С. 9-12.

ОЦЕНКА ГЕТЕРОЗИГОТНОСТИ STR-МАРКЕРОВ ПОЛОВЫХ ХРОМОСОМ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

***Политова И.В.*[1], *Тарасенко О.А.*[2], *Тонян З.Н.*[2], *Насыхова Ю.А.*[2]**

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

[2]*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта»*

e-mail: ivvpll8@gmail.com

ASSESSMENT OF HETEROZYGOSITY OF SEX CHROMOSOME STR MARKERS FOR MOLECULAR GENETIC DIAGNOSTICS

***Politova I.V.*[1], *Tarasenko O.A.*[2], *Tonyan Z.N.*[2], *Nasykhova Yu.A.*[2]**

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

[2]*Federal State Budgetary Scientific Institution «D.O. Ott Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology»*

Цель. Оценить гетерозиготность (информативность) системы STR-маркеров половых хромосом для молекулярно-генетической диагностики.

Материалы и методы. В работе было проведено исследование 850 образцов ДНК, выделенной из амниотической жидкости, полученной от женщин на сроке беременности от 16 до 21 недель. Анализ проводили с помощью мультиплексной ПЦР с использованием флуоресцентно меченых праймеров для анализа STR-маркеров, локализованных на хромосах X и Y. Всего было использовано 3 STR-маркера, расположенных на X хромосоме (DXS981, P39, XHPRT) и 1 STR-маркер, расположенный в псевдоаутосомном регионе хромосом X и Y (X22). Анализ флуоресцентных ПЦР-продуктов проводили с помощью капиллярного электрофореза на автоматизированном ДНК-секвенаторе GA 3130 (Applied Biosystems, США). Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программы Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, США).

Результаты. Согласно полученным данным наиболее высокий уровень гетерозиготности STR-маркеров, локализованных на хромосоме X, соответствует маркеру X22 (83,41 %), а наименьший для маркера P39 (66,24 %). При увеличении числа использованных STR-маркеров на хромосому информативность исследования увеличивается. При использовании двух маркеров суммарная рассчитанная гетерозиготность находится в диапазоне от 91,02 % до 95,53 %. При использовании трех маркеров вероятность того, что хотя бы один из них будет информативен, достигает 98,81 %. Соответственно, при использовании четырех маркеров ожидаемая гетерозиготность достигает 99,60 %.

Заключение. Была подобрана комбинация STR-маркеров, обладающих высоким уровнем гетерозиготности в российской популяции. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной возможности использования данной комбинации с целью определения пола плода, детекции числовых нарушений по хромосомам X и Y, в том числе в рамках пренатальных исследований, а также для судебно-медицинских экспертиз и генеалогических исследований.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА

Полякова И.М.

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

e-mail: ipolakova814@gmail.com

USING METHANE TO PRODUCE FEED PROTEIN

Polyakova I.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Кормовой белок – белок, используемый в качестве добавки к кормам, в которых собственного белка недостаточно. Он необходим сельскохозяйственным животным и птицам, от его содержания зависит их продуктивность. Потребность животноводства в белке удовлетворяется существующей кормовой базой лишь на 70–75 % [1].

Микробный синтез — перспективный путь получения белка. Метанотрофные бактерии в подходящих условиях активно перерабатывают природный газ, быстро размножаются и наращивают свою биомассу, богатую белком и витаминами [2].

Такой способ получения кормового белка основан на процессе непрерывного культивирования метанотрофов в биореакторах различной конструкции. Правильный выбор продуцента важен для обеспечения высокого выхода конечного продукта. В промышленном производстве часто используется *Methylococcus capsulatus*, наиболее изученный из метанотрофных бактерий. У *M. capsulatus* самая высокая производительность белка среди других видов, культивируемых метанотрофов (содержание в них белка может достигать 70 % сухого веса для, в менее идеальных условиях – обычно превышает 50 %). Также достаточно отработана технология ферментации с использованием непатогенных штаммов, например бактерии рода *Methylomonas, Methylococcus, Methylocystus,* с непрерывной подачей в биореактор кислородсодержащего газа и метаносодержащего газа [3].

Дальнейшие стадии переработки получаемой биомассы включают процессы концентрирования клеток, термостерилизации и сушки с получением готового продукта в виде порошка или гранул [4].

Таким образом, с помощью метанотрофных бактерий можно получить высокобелковую биомассу, также утилизировать опасные для человечества излишки метана. Такой белок не патогенен и не опасен для живых существ. А использование неорганического сырья, то есть природного газа, позволяет сохранить земельные и морские ресурсы планеты.

Литература:

1. Троицкая, Е.В. Пути получения кормового белка методами биотехнологии / Е.В. Троицкая, И.В. Артамонов //Агрозоотехника. – 2021. – Т. 4. – №. 1. – С. 1-14.

2. Любинская, Т.В. Получение кормового белка из биогаза полигона ТБО / Т.В. Любинская, В.С. Орлова, В.С. Любинский // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 100-104.

3. Какаев, Н.А., Технология микробной ферментации газа для производства белка / Н.А. Какаев, О.В. Байбакова, Н.Р. Колган // НефтеГазоХимия. – 2024. – № 2. – С. 9-13.

4. Винаров, А.Ю. БИОГАЗ – СЫРЬЕ ДЛЯ КОРМОВОГО БЕЛКА / А.Ю. Винаров // Направления развития естествознания и технических наук в современных условиях. – Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2018. – С. 25-26.

ПРОИЗВОДСТВО СИДРА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Попова В.Д., Ячкова В.А., Беляева А.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: popvasilisa@gmail.com

CIDER PRODUCTION: POSSIBILITIES AND PROSPECTS

Popova V.D., Iachkova V.A., Beliaeva A.D.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сидр, традиционный напиток, производимый из яблок, является популярным продуктом во многих странах мира. Однако традиционные методы производства сидра имеют свои ограничения, такие как зависимость от сезонности яблок, вариабельность качества и вкуса, а также ограничения в масштабе производства. Биотехнология предлагает новые возможности для производства сидра, которые могут преодолеть эти ограничения и обеспечить более высокое качество и стабильность продукта.

Одной из основных задач в производстве сидра является переработка яблок в сок. Традиционные методы переработки яблок включают в себя механическую дробилку и прессование, что может привести к повреждению яблок и потере ценных компонентов. Биотехнологические методы, такие как ферментативное разрушение клеток яблочных плодов, могут обеспечить более эффективную и щадящую переработку яблок, что позволяет сохранить ценные компоненты и получить более высококачественный сок [1].

Другой важной задачей в производстве сидра является контроль над процессом брожения. Традиционные методы основаны на естественной ферментации, что может привести к различию в качественных и вкусовых характеристиках продукта. Биотехнология предлагает новые возможности для контроля над процессом ферментации, такие как использование микроорганизмов, с определённым профилем ферментации, что позволяет получать продукт с более стабильным качеством и вкусом [2].

Кроме того, биотехнологические методы могут быть использованы для улучшения вкуса и аромата сидра. Например, использование генетически модифицированных дрожжей может позволить получать сидр с более сложным и интересным вкусом. Также возможно производить сидры, обладающие уникальными свойствами, такими как сидр с антиоксидантными свойствами или сидр с низким содержанием сахара [2, 3].

В целом, биотехнология предлагает новые возможности для производства сидра, которые могут преодолеть ограничения традиционных методов и обеспечить более высокие качество и стабильность продукта. Дальнейшие исследования в области биотехнологии производства сидра могут привести к созданию новых и инновационных продуктов, которые будут отвечать растущим требованиям потребителей.

Литература:

1. Стальная М.И. Исследование ароматических веществ в соках из плодов адыгских сортов яблони // Современные научные исследования и разработки. – 2016. – №. 7. – С. 499-501.

2. Войцеховский В.И., Токарь А.Е., Ребезов М.Б. Качество сидровых виноматериалов в зависимости от сорта яблок и расы дрожжей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2014. – Т. 2. – №. 4. – С. 42-49.

3. Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Оценка антиоксидантных свойств яблочного сидра, реализуемого на потребительском рынке // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – №. 4. – С. 72-76.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЦЕПТУР ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Правда А.В.

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

e-mail: artem.pravda.2000@mail.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF COMPUTER MODELING IN THE DEVELOPMENT OF FOOD FORMULATIONS

Pravda A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Все большее распространение получают научные направления исследований, позволяющие разрабатывать многокомпонентные продукты с помощью математических моделей. В рецептурных расчетах данные модели представляют собой с точки зрения математики систему линейных алгебраических балансовых уравнений и неравенств [1]. Система уравнений и неравенств позволяет адекватно описывать изменение химического, витаминного, минерального и аминокислотного составов разрабатываемых композиций в зависимости от соотношения и норм используемых ингредиентов. Это позволяет заменить экспериментальные исследования технологического процесса формирования состава продуктов анализом и синтезом его математической модели.

Сырьевая база современной пищевой промышленности насчитывает тысячи ингредиентов, каждый из которых имеет свои особенности, различается по функционально-технологическим, физико-химическим и органолептическим характеристикам. Оптимизацию рецептур можно проводить по различным показателям: соотношение белков к углеводам, сбалансированность по аминокислотам, микроэлементам [2]. Проектирование заключается в подборе такой комбинации ингредиентов, при которой медико-биологические характеристики итогового продукта были бы наилучшими.

Автоматизация процесса проектирования рецептур позволит сотрудникам пищевых предприятий оперативно реагировать на изменение свойств и видов сырьевых ингредиентов, изменение потребительских предпочтений и создавать продукты с заранее заданным химическим составом, пищевой ценностью и функциональной направленностью. Оптимальные решения этих задач при проектировании пищевых продуктов могут быть достигнуты с помощью их математических моделей, отражающих множества функциональных связей между технологическими, экономическими и другими параметрами сырьевых ингредиентов. Моделирование осуществляется при помощи поиска решения нелинейных задач методом понижающего градиента.

Литература:

1. Анистратова, О.В. Разработка рецептуры йогурта, обогащенного растительными компонентами / О.В. Анистратова, В.Г. Оникиенко, Н.М. Гаплевская // Балтийский морской форум: Материалы VII Международного Балтийского морского форума. В 6-ти томах, Калининград, 07–12 октября 2019 года. Том 5. – Калининград: Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет», 2019. – С. 7-12.

2. Лисин П.А. Компьютерные технологии в производственных процессах пищевой промышленности – СПб.: Лань, 2016. – 256 с.

ПРЕИМУЩЕСТВО СЕКВЕНИРОВАНИЯ ПО МЕТОДУ СЭНГЕРА

Рудова Е.А.*, *Куприна Е.Э.*, *Фалалеева Д.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: czvetova123@mail.ru

THE ADVANTAGE OF SANGGER SEQUENCING

Rudova E.A.*, *Kuprina E.E.*, *Falaleeva D.A.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Секвенирование – определение последовательности биополимеров, в частности, определение нуклеотидной последовательности молекулы ДНК. На настоящий момент существует уже три поколения секвенирования. К первому поколению относят метод «обрыва цепи» Ф. Сэнгера (1977 г.). Идея метода – получение из матричной молекулы ДНК её фрагментов с разными длинами для того, чтобы по распределению фрагментов по длинам в процессе электрофореза восстановить искомую последовательность.

Для получения фрагментов молекулы ДНК разной длины используются модифицированные нуклеотиды – динуклеотиды (вместо гидроксильной группы у третьего атома углерода – атом водорода). К динуклеотиду ДНК-полимераза не может присоединить следующий нуклеотид, после встраивания динуклеотида синтез цепи прерывается. Метод заключается в проведении 4 полимеразных реакций, для каждой, из которой пробирка должна содержать: матричную ДНК, праймеры, ДНК полимеразу, четыре вида нуклеотидов и один из четырех видов динуклеотидов. В каждой пробирке на матричных цепях ДНК-полимераза собирает комплиментарные цепи с некоторым количеством обычных нуклеотидов и одним терминирующим динуклеотидом на конце. ДНК-полимераза синтезирует цепи разных длин и статистически получается, что в продуктах реакции оказываются фрагменты ДНК всех возможных длин с одним из 4 динуклеотидов на конце. Результат каждой из четырех пробирок помещают в отдельную лунку полиакриламидного геля. В процессе электрофореза под действием электрического поля, отрицательно заряженные молекулы ДНК распределяются по длинам. Радиоактивно меченные динуклиотиды визуализируют 4 дорожки с полосами ДНК. На каждой дорожке – фрагменты ДНК со своим последним динуклеотидом. При последовательном прочтении полос всех 4 дорожек одновременно, по последнему динуклеотиду восстанавливается искомая последовательность [1]. Секвенирование по Сэнгеру высокоточно, позволяет читать последовательности до 1000 bp. Но из-за времязатратности и дороговизны появились следующие поколения секвенирования.

Методы секвенирования второго поколения: секвенирование путем синтеза (SBS) и секвенирование путем лигирования и обнаружения олигонуклеотидов (ABI/Solid). Данные методы производительнее и экономичнее метода Сэнгера, их недостаток – короткая длина прочтений, которая может приводить к неправильной сборке геномов.

Методы секвенирование третьего поколения: одномолекулярное секвенирование в реальном времени (SMRT) и нанопоровое секвенирование. Их преимущество – прочтения до десятков тысяч нуклеотидов, недостаток – высокая частота ошибок [2].

Метод секвенирования по Сэнгеру остаётся актуальным в настоящее время, его преимущество перед более современными и производительными методами секвенирования заключается в точности, воспроизводимости и адеакватности.

Литература:

1. Goodwin S., McPherson J. D., McCombie W. R. Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies //Nature reviews genetics. – 2016. – Vol. 17. – Iss. 6. – P. 333-351

2. Next-generation sequencing technologies: An overview / Taishan Hu, Nilesh Chitnis, Dimitri Monos et al. // Human Immunology. – 2021. – Vol. 82. – Iss. 11. – P. 801-811

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СМЕСЕЙ ДЛЯ ШПРИЦЕВАНИЯ РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Рудова Е.А., Куприна Е.Э.

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

e-mail: czvetova123@mail.ru

THE DEVELOPMENT OF A FORMULATION FOR MIXTURES FOR EXTRACTION OF SEMI-FINISHED FISH PRODUCTS

Rudova E.A., Kuprina E.E.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время в пищевой индустрии остаётся актуальным вопрос потери влаги при размораживании продукции из сырья рыбного происхождения.

Для минимизации этого процесса используется несколько приёмов:

– шприцевание рыбы растворами фосфатов и цитратов, сдвигающими кислотность среды от изоэлектрической точки белка, что увеличивает влагоудерживающую способность мышечной ткани.

– шприцевание смесью, содержащей гидроколлоиды, которые аккумулируют влагу.

Среди гидроколлоидов – соединений, способных загущать раствор или формировать гель, распространены: пектин, агар, каррагинан, камеди, альгиновая кислота и ее соли, крахмал, модифицированная целлюлоза, желатин и пр. [1].

В данной работе были исследованы следующие гидроколлоиды: крахмал, желатин, йота-каррагинан. Были приготовлены образцы смеси крахмала и желатина (образец 1), крахмала и йота-каррагинана (образец 2), йота-каррагинана и желатина (образец 3) и чистого желатина (образец 4). Смешанные с водой образцы были поставлены на водяную баню до растворения. Далее наблюдение за образцами проводилось при нормальной температуре в течение суток. Спустя 3 часа все образцы оставались жидкими. Спустя 6 часов образец 3 образовал гель. Спустя сутки образец 4 сформировал упругий и прозрачный гель. Образцы 1 и 2 оказались термодинамически неустойчивы и распались на 2 фазы, что, по-видимому, свидетельствует о плохой совместимости крахмала с желатином и йота-каррагинаном. Образцы 3 и 4 были подвергнуты замораживанию и размораживанию для определения влагоудержания. После размораживания образец 4 не потерял влагу, а образец 3 в результате потери влаги уменьшился в объёме на 14,9 %.

В результате проделанной работы, было выявлено, что смесь йота-каррагинана и желатина образует термодинамически устойчивый гель, это может быть связано с образованием полиэлектронных комплексов желатина и йота-каррагинана, что согласуется с данными работы [2]. По данным ИК-спектроскопии положительно заряженные амидные группы полипептидной цепи желатина взаимодействуют с имеющимися в каррагинане отрицательно заряженными сульфатными группами с формированием комплекса за счёт электростатических взаимодействий. Так как образец желатина сохранял текучесть продолжительное время и образовывал гель только спустя сутки, всё это время он пригоден для формирования инъекционных растворов и смешения с другими компонентами, что важно с технологической точки зрения.

Данные результаты будут использованы при разработке рецептур для инъектирования сырья животного происхождения в пищевой промышленности.

Литература:

1. Никифорова Т.А., Меледина Т.В. Органические продукты и пищевые добавки для их производства. – 2012.

2. Маклакова А.А. и др. Взаимодействие желатины с к-каррагинаном по данным ИК-спектроскопии // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2014. – Т. 17. – №. 1. – С. 53-60

ВЛИЯНИЕ pH НА СКОРОСТЬ РОСТА БАКТЕРИИ *METHYLOCOCCUS CAPSULATUS*

Савенков И.Д., Латыпова У.М., Полякова И.М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: ilya_savenkov_93@mail.ru

INFLUENCE OF pH ON THE GROWTH RATE OF BACTERIA *METHYLOCOCCUS CAPSULATUS*

Savenkov I.D., Latypova U.M., Polyakova I.M.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Метанотрофные бактерии, играют важную роль в биоконверсии метана и его окислении в природных и техногенных системах. Эти микроорганизмы используют метан как основной источник углерода и энергии, что делает их перспективными объектами для биотехнологий, направленных на утилизацию метана. В данном исследовании изучалось влияние pH среды на культуру *Methylococcus capsulatus.* Данная культура является одной из самых перспективных для производства кормовых добавок для животных, так как ее биомасса содержит 50-70 % белка от сухой массы клеток. Однако их рост и метаболическая активность зависят от многих факторов, одним из которых является кислотность среды.

pH среды оказывает значительное влияние на удельную скорость роста *Methylococcus capsulatus*. Оптимальный диапазон pH для роста большинства метанотрофов варьируется в пределах 6,5–7,5. В этом диапазоне ферментативные процессы протекают наиболее эффективно, обеспечивая максимальную скорость роста. Отклонение pH в сторону более кислых значений приводит к ингибированию ферментативной активности, нарушению клеточных процессов и снижению скорости роста. В щелочных условиях наблюдаются проблемы с транспортом ионов через мембраны клеток, что также негативно сказывается на делении и развитии бактерий [1].

Был проведён эксперимент, где культура выращивалась на 12 колбах с различным значением pH. На рисунке показана зависимость оптической плотности от времени, каждая кривая обозначается своим pH.

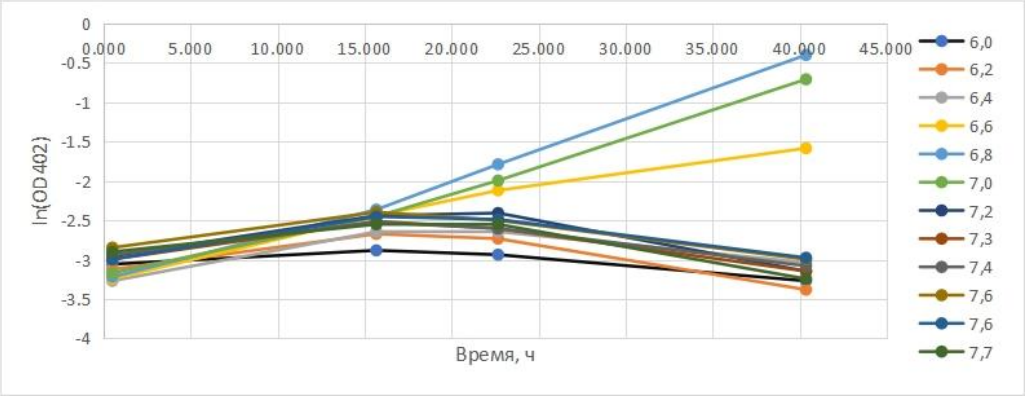


Рисунок – График зависимости оптической плотности от времени

Таким образом, поддержание pH в диапазоне около 6,8 является важным условием для обеспечения максимальной удельной скорости роста *Methylococcus capsulatus*. Это важно для применения данных бактерий в промышленных биотехнологических процессах, таких как очистка выбросов метана или производство биопродуктов из метана.

Литература:

1. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. — М.: ГЕОС, 2001. — 500 с.

ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ГРИБНОГО ХИТОЗАНА

Сахипова А.Р.

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

e-mail: alfiya.sakhipova@mail.ru

STUDY OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF FUNGAL CHITOSAN

Sahipova A.R.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Широкий спектр биологической активности, биосовместимость, биодеградируемость, нетоксичность делают хитозановый полимер перспективным объектом для использования в разнообразных целях. Антибактериальная и противогрибная активности хитозана в настоящее время интенсивно осваиваются медициной, сельским хозяйством и пищевой промышленностями.

Механизм антимикробного действия хитозана основывается на наличии положительно заряженных аминогрупп глюкозаминных звеньев, которые связываются с отрицательно заряженными поверхностными структурами клеток микроорганизмов. Проникновение в клетку осуществляется за счет нарушения барьерной функции наружной мембраны у грамотрицательных бактерий и активации автолизинов у грамположительных [1, 2]. Высокомолекулярный хитозан не проникает в клетку, но в результате взаимодействия с поверхностными структурами клетки снижает степень диффузии питательных веществ в клетку.

Целью нашего исследования было определение антибактериальной активности хитозана, полученного из биомассы гриба *Rhizopus oryzae*, регистрационный номер в ВКПМ F-814. Данный штамм непатогенный, является продуцентом альфа-амилазы, глюкоамилазы, L(+) - молочной кислоты. Отличительной особенностью *R. oryzae* является образование в клеточной стенке хитозана из хитина при участии фермента хитиндезацетилазы.

Изучение антимикробной активности грибного хитозана проводили методом лунок на ГМФ-агаре. Посевную суспензию тест-культур готовили по стандарту мутности 0,5 McF и вносили в чашки Петри в количестве 50 мкл. В качестве тест-культур были выбраны микроорганизмы, вызывающие гнойные и кишечные инфекции. Растворы хитозана готовили в трех концентрациях: 0,5, 1,0 и 2,0 мг/мл и вносили в лунки в количестве 200 мкл. Инкубирование проводили в термостате при температуре 28 °С в течение двух суток. Установлено, что грибной высокомолекулярный хитозан оказал наибольшее ингибирующее действие на рост *Bacillus cereus* в концентрации 0,5 мг/мл (диаметр зоны подавления роста 25 ± 1 мм). В отношении *Pseudomonas putida* - также в концентрации 0,5 мг/мл (25 ± 1 мм). Ингибирующая рост *Escherichia coli* концентрация хитозана составила 2,0 мг/мл (18 ± 2 мм).

Таким образом, экспериментальным путем были показаны антибактериальные свойства хитозана, выделенного из гриба *R. oryzae.* В дальнейшем планируем продолжить работу в этом направлении, а именно, изучить антифунгальную активность грибного хитозана и антимикробную активность комплексов хитозана с другими лекарственными средствами.

Литература:

1. Куликов С.Н. Антибактериальная активность хитозана в отношении энтеробактерий и стафилококков, выделенных у пациентов с дисбактериозом кишечника // Казанский медицинский журнал. 2010. Т.91 № 5. Р. 656-660.

2. Ke C.-L. Antimicrobial Actions and Applications of Chitosan. / C.-L. Ke, F.-S. Deng, C.-Y. Chuang, C.-H. Lin // Polymers. 2021. V.13. №904. 21 P.

МИКРООРГАНИЗМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ СНИЖАЮЩИХ УРОВЕНЬ ХОЛЕСТЕРИНА В КРОВИ

Селезнева В.В.

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

e-mail: verronnya@mail.ru

THE ROLE OF CHOLESTEROL IN THE HUMAN BODY

Selezneva V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Холестерин (ХС) — это жироподобное вещество, присутствующее в каждой клетке нашего тела. 75 % всего ХС организм вырабатывает самостоятельно — в основном в печени и тонком кишечнике. Оставшиеся 25 % поступают с пищей. ХС не способен самостоятельно проникать в клетки, т.к. нерастворим в воде, для этого ему необходимы липопротеиды, транспортирующие его. Существуют различные типы липопротеидов: липопротеиды низкой плотности (ЛПНП), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП). ЛПНП и транспортируют ХС от печени к тканям, а ЛПВП — от тканей к печени для переработки и выведения из организма. ЛПНП, циркулируя в крови, могут откладываться на внутренней стенке артерий и вызывать образование атеросклеротических бляшек, что приводит к сужению просвета сосуда и нарушению кровоснабжения. ЛПВП захватывают ХС из тканей и доставляют его в печень для переработки и выведения, предотвращая тем самым развитие атеросклероза [1]. Существуют следующие пути снижения риска образования бляшек: аэробные нагрузки, укрепляющие сердечно-сосудистую систему, отказ от продуктов с насыщенными жирами. Необходимо контролировать уровень сахара в крови, т.к. при диабете повышается уровень ЛПНП. Самый эффективный способ — прием препаратов — статинов. На фоне статинотерапии отмечено снижение среднего показателя холестерина на 6 % в сравнении с первоначальными данными и составило 4,98$\pm$0,89 ммоль/л. Они относятся к классу ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы, фермента, который участвует в образовании мевалоната — предшественника холестерина. Синтетические статины получают химическим путём из различных исходных веществ. Например, из ловастатина, который получают из гриба *Aspergillus terreus*. Также используются другие микроорганизмы, например, *Penicillium citrinum* и *Pseudomonas putida* [2]. Когда ГМГ-КоА-редуктаза блокируется статинами, печень вынуждена использовать уже имеющиеся запасы холестерина для производства необходимых веществ. В результате уровень холестерина в крови снижается [3].

Литература:

1. Драпкина О.М., Корнеева О.Н., Палаткина Л.О., Ивашкин В.Т. Статины при лечении хронической сердечной недостаточности: за гранью гиполипидемических свойств // Артериальная гипертензия. 2012. Т. 18. № 1. С. 11–17.

2. Manzoni M, Rollini M. Biosynthesis and biotechnological production of statins by filamentous fungi and application of these cholesterol-lowering drugs. Appl Microbiol Biotechnol. 2002 Apr;58(5):555-64. doi: 10.1007/s00253-002-0932-9. Epub 2002 Feb 14. PMID: 11956737.

3. Лангсьон П.Х., Лангсьон А.М. Медицинское применение ингибиторов ГМГ–КоА–редуктазы и сопутствующий дефицит коэнзима Q10. Обзор экспериментальных работ, выполненных на млекопитающих и человеке. РМЖ. 2007;9:747.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ EXRAI-БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ АМФ-АКТИВИРУЕМОЙ ПРОТЕИНКИНАЗЫ

Семенова Т.Э., Сагайдак А.В., Новикова Д.С.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), НИЛ «Молекулярная фармакология»
e-mail: tanya7nova@mail.ru

EXRAI-BIOSENSOR FOR AMPK ACTIVITY ASSESSING

Semenova T.E., Sagaydak A.V., Novikova D.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

АМФ-активируемая протеинкиназа (АМФК) является регулятором клеточного энергетического гомеостаза; в стрессовых состояниях и во время физических нагрузок происходит активация АМФК, запускающая различные процессы, направленные на сбережение энергии в условиях ее дефицита. Активность АМФК подавляется при различных заболеваниях, таких как диабет и ожирение, и тогда киназа не может в полной мере реализовывать свои функции энергетического регулятора. В свою очередь, стимуляция активности АМФК с помощью фармакологических агентов является перспективным способом борьбы с указанной группой заболеваний [1].

ExRai AMPKAR – чувствительный флуоресцентный биосенсор, позволяющий мониторить активность АМФК в живых клетках. Между ответственными за измерение активности АМФК доменами - субстратным доменом АМФК и доменом 1, связывающим фосфоаминокислоту (FHA1) - в плазмиду вставлен усиленный зеленый флуоресцентный белок (cpEGFP), дающим светимость в области спектра ~500 нм. При фосфорилировании репортера и связывании домена FHA1 с фосфорилированной последовательностью субстрата АМФК происходит увеличение эмиссии флуоресценции при возбуждении 480 нм и снижение при возбуждении 400 нм. Отношение этих двух интенсивностей флуоресценции (Ex 480 нм/400 нм) можно использовать в качестве критерия оценки активности АМФК [2].

Для получения клеточной линии, стабильно экспрессирующей ExRai AMPKAR, плазмида была наработана в клетках *E.coli*, качество выделенного материала подтверждено электрофорезом. Полученную плазмиду использовали для трансфекции клеток HeLa с использованием реагента FuGENE. Клетки культивировали в присутствии антибиотика Geneticin® Selection Antibiotic (G418 Sulfate). Трансфецированные клетки показывали более высокие показатели роста по сравнению с контрольными клетками в присутствии антибиотика, однако последующий анализ свечения клеток на проточном цитометре показал, что характерный пик присутствует только в 2 % клеток. Повысить эффективность удалось благодаря периодическому сортингу клеток и дальнейшему культивированию образцов, демонстрирующих свечение в области ~500 нм.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №24–73–10221).

Литература:

1. Tsou P. et al. A fluorescent reporter of AMPK activity and cellular energy stress. Cell Metab. 2011, 13(4):476-486.
2. Schmitt D. et al. Spatial regulation of AMPK signaling revealed by a sensitive kinase activity reporter. Nat Commun. 2022 13(1):3856.

РЫНОК ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ СОКОВ В РОССИИ

Силина М.Д.

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

e-mail: mashasilina2010@yandex.ru

THE MARKET OF FERMENTED JUICES IN RUSSIA

Silina M.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Производство напитков из натурального сырья, которое может храниться дольше положенного, иметь полезные для организма свойства и прекрасный вкус, возможен благодаря процессу ферментации. Данный процесс преобразует соки в хорошо усваиваемые продукты с повышенным уровнем кислотности, благодаря чему формируется сложный и приятный вкус.

Актуальность вопроса заключается в том, что расширение рынка производства сока внутри России растет, в связи с пандемией большая часть населения задумывается о натуральности и качестве пищи, которую употребляет, растет интерес к напиткам, способным не только утолять жажду, но и оказывать позитивное влияние на различные системы человеческого организма и его состояние в целом [1-2]. Производство ферментированных напитков на основе соков включает стадию внесения микроорганизмов, в том числе и с пробиотическими свойствами. Наличие живых клеток микроорганизмов-пробиотиков и продуктов их метаболизма – витаминов, аминокислот, антибактериальных веществ, органических кислот формирует ценность таких напитков.

Ферментированные напитки высоко ценятся на мировом рынке. Годовой объем продаж ферментированных напитков превышает 2 трлн долларов [3]. По прогнозам, рынок напитков на основе чайного гриба к 2027 году составит 10,24 млрд долларов [4]. В качестве примера ферментированного сока можно привести разработку Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), ими был получен патент на «Безалкогольный напиток на основе ферментированного сока рябины черноплодной», в качестве заменителя морса. Возможное инициирование лактобактериями или дрожжами добавляет продукту: биозащиту, усвояемость, доступность питательных веществ, здоровье пищеварительной системы, улучшение вкуса.

С уходом импортных товаров из России производство безалкогольных напитков за период с 2022 по 2023 год выросло на 13 %. В перспективе данный процент возрастет до 35 %. Проведя анализ рынка, на данный момент можно сказать, что использование микроорганизмов в пищевом производстве только развивается и имеет большую перспективу в будущем.

Литература:

1. Бакулина О.Н. Обогащение сокосодержащих напитков / О.Н. Бакулина, Т.Е. Лейн // Пищевая промышленность. – 2005. – № 3. – С. 82–84.

2. Зуев Е.Т. Функциональные напитки: их место в концепции здорового питания // Пищевая промышленность. – 2004. – № 7. – С. 90–95.

3. Dunn R.R. Toward a global ecology of fermented foods. Current Anthropology, 2021, 62 (S24): S220-32. DOI: 10.1086/716014.

4. Фролова Ю.В. Российский рынок ферментированных напитков на основе чайного гриба / Ю.В. Фролова // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91. – № 3. – С. 115-118. DOI: 10.33029/0042-8833-2022-91-3-115-118.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЙ ОБРАБОТКИ НА РАССЛОЕНИЕ ЧАСТИЦ MXen $Ti_3C_2T_x$

Синичкина А.А.*, *Пахомов А.А.

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

e-mail: alesyasinichkina@gmail.com

IMPLICATIONS OF ULTRA-SOUND PROCESSING ON PARTICLE DISTRIBUTION MXen $Ti_3C_2T_x$

Sinichkina A.A.*, *Pakhomov A.A.

Saint-Petersburg Institute of Technology

MXen-ами называют слоистые 2D-материалы, отвечающие общей формуле $M_{n+1}X_nT_x$, где M – ранний переходный металл, X - углерод или азот, n = 1–3, а T_x представляет собой поверхностные функциональные группы, такие как O, OH и/или F.

Механизм получения MXen принципиально можно разделить на две стадии: селективное химическое травление и интеркаляция слоёв.

Стадии химического травления схематично можно описать следующей последовательностью реакций:

$$Ti_3AlC_2 + 3HF = AlF_3 + 3/2H_2 + Ti_3C_2 \quad (1)$$

$$Ti_3C_2 + 2H_2O = Ti_3C_2(OH)_2 + H_2 \quad (2)$$

$$Ti_3C_2 + 2HF = Ti_3C_2F_2 + H_2 \quad (3)$$

Для интеркаляции слоёв на сегодняшний день используются следующие методы: промывка органическими растворителями, добавление неорганических интеркалянтов, механическое разделение слоёв.

Для получения MXen-ов в качестве прекурсора использовали Ti_3AlC_2 (содержание основной фазы не менее 86 об. %), который подвергали разному по продолжительности травлению в растворе 40 % плавиковой кислоты, совмещенному с обработкой в ультразвуковой ванне.

Полученные суспензии сушились в вакуумном сушильном шкафу при температуре 120 °C в течение 4 ч. Микроструктуру полученных порошков изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа с приставкой для энергодисперсионного анализа. Основные стадии, происходящие с частицой $Ti_3C_2T_x$ в ходе интеркаляции слоёв под действием ультразвука приведены на рисунке. Частица претерпевает постепенное разделение на отдельные наноламинатные слои. Слои MXen представляют из себя тонкие пластины размер, которых тоньше 1 мкм.

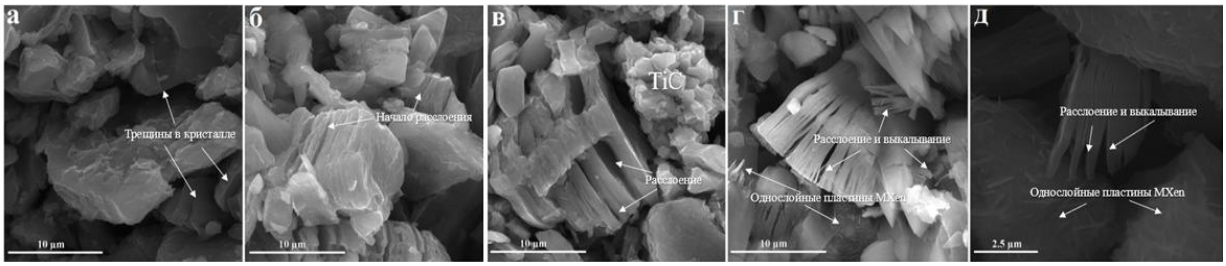


Рисунок – Микрофотографии образцов $Ti_3C_2T_x$ полученных травлением в растворе HF в течение 4 ч (а); травление с ультразвуковой обработкой в течение 4 (б) и 6 ч (в); травление с ультразвуковой обработкой в течение 4 (г) и 6 ч (д) с постобработкой в ультразвуке в течение 2ч.

По результатам проведённых исследований можно заключить, что ультразвуковая обработка в процессе синтеза позволяет значительно повысить степень разделения без использования дополнительных веществ.

ФЕРМЕНТЫ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ФАРМАКОЛОГИИ

Смелик А.М.

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

e-mail: nastya.smelik@gmail.com

PLANT ENZYMES USED IN PHARMACOLOGY

Smelik A.M.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Ферменты, также известные как энзимы, представляют собой органические вещества белковой природы. Все живые клетки обладают обширным набором ферментов, чья каталитическая активность играет ключевую роль в функционировании клетки. Практически каждая из многочисленных химических реакций, происходящих внутри клетки, требует присутствия специфического фермента. В настоящее время ферменты, способствующие пищеварению, активно используются в лечении различных гастроэнтерологических заболеваний [1]. Ферментные препараты представляют собой группу лекарственных средств, которые помогают улучшить процесс пищеварения. Нарушения пищеварения различной степени выраженности наблюдаются практически при всех заболеваниях желудочно-кишечного тракта [2]. Некоторые ферменты для производства таких препаратов получают из растений. Среди них: бромелайн — из ананаса; папаин и химопапаин — из папайи; нанокиназа — из ферментированной сои; фицин — из млечного сока инжира. Папаин — это наиболее широко используемый в производстве фермент протеолитического действия. Он ускоряет процесс расщепления пептидных связей в молекулах белков и их производных [3]. Папаин – монотиоловая цистеиновая эндопротеаза. По характеру ферментативного действия ее называют «растительным пепсином» [4]. Но, в отличие от пепсина, папаин активен не только в кислых, но и в нейтральных и щелочных средах. Химопапаин – монотиоловая цистеиновая протеиназа. Благодаря субстратной специфичности похожа на папаин, но отличается от него электрофоретической подвижностью, стойкостью и растворимостью. Также используются ферменты солода. Солод - искусственно пророщенное зерно при определенных температуре и влажности. В процессе прорастания в зерновке активизируются ферментные системы. Эти изменения создают в солодовом зерне мощную ферментную систему, содержащую ферменты широкого спектра действия, в основном гидролазы (амилазы, протеазы, липазы, цитазы и т.д.). Эти протеолитические ферменты растительного происхождения обладают противовоспалительными, антикоголяционными, диградрационными, болеутоляющими, бактерицидными, гемолитивными свойствами. Данные ферменты широко применяются в медицинской практике: офтальмологии, хирургии, нейрохирургии, ортопедии, урологии, гастроэнтерологии и др. Они способствуют разрушать белки полупепдидов и аминокислот, растворяют мертвые клетки, при этом не влияя на нормальные, здоровые клетки.

Литература:

1. Плотникова Е.Ю. Роль энзимов неживотного происхождения при нарушениях пищеварения различной этиологии // Лечащий врач – 2019. – № 1. – С. 56-61.

2. Саблин О.А., Бутенко Е.В. Ферментные препараты в гастроэнтерологии // Consilium-Medicum. – 2004. – Том 6. – № 1. Гастроэнтерология.

3. Крахмалева Т.М., Манеева Э.Ш., Халитова Э.Ш. Ферментные препараты в пищевой промышленности // ФГБОУ «Оренбургский государственный университет»

4. Пенджиев А.М., Абдуллаев А. Эффективность использования протеолитческих ферментов папайи в медицинской практике // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 1 – С. 57-72

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРА PARP1

Собченко П.К.

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

e-mail: polina.sobchenko@mail.ru

MECHANISM OF ACTION OF THE PARP1 INHIBITOR

Sobchenko P.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

PARP1- фермент поли(ADP-рибозо)полимераза 1, участвующий во многих клеточных процессах, начиная от репарации ДНК до гибели клеток. Является одной из распространенных мишеней, используемых при разработке противоопухолевых препаратов [1].

Известно, что в ответ на повреждение ДНК PARP1 связывается с одно- и двухцепочечными разрывами ДНК. PARP катализируют полимеры АДФ-рибозы, которые, в свою очередь, модифицируют гистоны и ядерные белки, таким образом выполняя важную роль в поддержании целостности генома. PARP1 отыскивает разрывы в ДНК, действуя как сенсор и обеспечивая быстрое привлечение белков, требуемых для репарации, к месту повреждения. PARP1 контролирует несколько путей репарации ДНК, в том числе эксцизионную репарацию оснований (base excision repair, BER) и нуклеотидов (nucleotide excision repair, NER), репарацию мисматчей (mismatch repair, MMR), репарацию двухцепочечных разрывов с помощью гомологичной рекомбинации (HR) и с помощью негомологичного соединения концов (non-homologous end joining, NHEJ). Активная выработка PARP – один из защитных механизмов опухолевой клетки [2].

Ингибирование PARP приводит к инактивации системы репарации и сохранению спонтанных одноцепочечных разрывов (SSB), что может быть причиной последующего формирования двухцепочечных разрывов ДНК (DSB). DSB можно устранить двумя способами – либо «репарацией ДНК без ошибок» с помощью HR, либо репарацией с возможностью замены в последовательности нуклеотидов путем NHEJ. В ряде опухолевых клеток с нарушениями в системе гомологичной рекомбинации (например, BRCA-мутантные клетки) может включаться система NHEJ, однако использование NHEJ в этих опухолях приводит к дестабилизации генома и, в конечном итоге, к гибели клеток из-за быстрого накопления генетических ошибок [1].

Ингибиторы PARP1 не всегда оказывают прямое цитотоксическое действие на опухолевые клетки. В таких случаях желаемый эффект может быть достигнут при совместном использовании ингибиторов PARP1 и других препаратов, вызывающих повреждения ДНК.

Ингибиторы PARP усиливают действие агентов, метилирующих ДНК. ДНК-метилирующие агенты, такие, как дакарбазин (DTIC), темозоломид (TMZ), активно используются в настоящее время в терапии опухолей головного мозга и меланомы [1].

Литература:

1. Н.В. Малюченко, Е.Ю. Котова, О.И. Кулаева, М.П. Кирпичников, В.М. Студитский. Ингибиторы PARP1: разработка противоопухолевых препаратов. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12

2. Грицкевич А.А., Русаков И.Г., Байтман Т.П., Мишугин С.В. Новые подходы к лечению кастрационнорезистентного рака предстательной железы: ингибиторы PARP. Медицинский совет. 2021;(4S):44–50. doi: 10.21518/2079-701X-2021-4S-44-50.

ОЦЕНКА ПОЛНОТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ МАЦЕРАЦИИ И ЭКСТРАКЦИИ ПО СОКСЛЕТУ

Торопова А.В.*, *Крыласов Д.А.

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

e-mail: atoropova1380@gmail.com

ASSESSMENT OF THE COMPLETENESS OF EXTRACTION OF ABSCISIC ACID FROM VEGETABLE RAW MATERIALS BY MACERATION AND EXTRACTION BY SOXLET

Toropova A.V.*, *Krylasov D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Абсцизовая кислота (АБК) — сесквитерпеноидный растительный гормон, относящийся к группе изопреноидов. АБК играет важную роль в физиологии растений и модулирует несколько важнейших процессов, таких как реакция, на стресс, покой и прорастание семян, а также регулирует рост и развитие растений. В последние годы возрос интерес к терапевтическому потенциалу АБК за пределами его классической роли в физиологии растений. Достижения в биохимических и фармакологических исследованиях выявили его иммуномодулирующие, противовоспалительные и метаболически регулирующие свойства, что предполагает новые применения в области здоровья человека. В связи с растущим интересом к функциональным свойствам АБК возникает необходимость в различных методах получения данного фитогормона. Существуют различные способы получения АБК, такие как экстракция из растительных источников, биотехнологический синтез с использованием микроорганизмов, а также прямой химический синтез. Извлечение АБК из растительного сырья имеет многочисленные преимущества, этот метод обеспечивает более простой механизм извлечения, в сравнении с микробиологическим синтезом, и потенциальные преимущества безопасности конечного продукта. Более того, возможность совместного извлечения других ценных фитохимических веществ делают этот подход хорошо подходящим для применения в нутрицевтиках, фармацевтических препаратах и космецевтиках. В данной работе нами было была проведена сравнение полноты экстрагирования абсцизовой кислоты из кожуры плодов вида Eureka Lemon двумя различными способами: мацерацией и экстракцией по Сокслету. Для экстракции АБК используются органические растворители, оптимальным вариантом является этанол в связи с относительной безопасностью и его способностью хорошо растворять АБК. Условиями оптимальными условиями экстрагирования путем мацерации являлись: 20 часов при 5 °С с соотношением веса кожуры к объему экстрагента (80 % р-р этанола) 1:5 [1]. Для экстракции по Сокслету также были выбраны следующие параметры: соотношением веса кожуры к объему экстрагента (80 % р-р этанола) 1:5, температура экстракции 80 °С, цикл повторяли дважды. Оценка полноты извлечения АБК основывается на максимальном показателе сухих веществ (СВ) в экстракте, косвенно связанным с содержанием абсцизовой кислоты. По результатам эксперимента средний показатель выхода СВ при экстракции путем мацерации составил 19,2 %, для экстракции по Сокслету данный показатель составил 20,3 %. Исходя из этого, можно утверждать, что экстракция по Сокслету повышает общий выход СВ в сравнении с мацерацией, однако процент повышения мал и стремится к показателю статистической погрешности.

Литература:

1. Торопова А.В., Баракова Н.В. Выбор способа экстрагирования абсцизовой кислоты из кожуры плодов вида Eureka Lemon // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание – 2021.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Фалалеева Д.А.

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

e-mail: f.daria@list.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF NEXT GENERATION SEQUENCING METHODS

Falaleeva D.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Появление технологий секвенирования за последние несколько десятилетий коренным образом изменило медицину, биотехнологию и биологические исследования. Но технологии продолжают развиваться, и на смену секвенированию по Сэнгеру (т.е. «первому поколению» технологий, которые также использовались в проекте «Геном человека») пришли методы секвенирования нового поколения (англ. next generation sequencing, NGS). Для сравнения в таблице представлены основные характеристики наиболее распространенных технологий NGS [1, 2].

Таблица — Характеристики основных существующих платформ NGS

Платформа		Технология	Длина прочтения, п.н.	Максимальный выход, п.н.	Время анализа, ч.	Уровень ошибок, %
«II поколение»	Illumina	Секвенирование путем синтеза	NovaSeq X Series			
			2 × 150	$1{,}6 \cdot 10^{13}$	~17 – 48	0,1
			MiSeq System			
			2 × 300	$1{,}5 \cdot 10^{10}$	~ 5 – 56	0,1
	IonTorrent	Ионное полупроводниковое секвенирование	Ion GeneStudio S5 Prime System			
			600	$5{,}0 \cdot 10^{10}$	~ 3 – 8,5	1,0
«III поколение»	Pacific Biosciences (PacBio)	Одномолекулярное секвенирование в реальном времени (SMRT)	Sequel IIe system			
			$3{,}0 \cdot 10^{5}$	$6{,}0 \cdot 10^{12}$	~ 30	1,0
	Oxford Nanopore Technologies	Нанопоровое секвенирование	PromethION R10			
			> $4{,}0 \cdot 10^{6}$	$3{,}0 \cdot 10^{12}$	1 мин. – 72 ч.	~ 1,0

В технологии секвенирования следующего поколения есть две основные парадигмы: секвенирование «второго поколения» с короткими прочтениями и секвенирование «третьего поколения» с длинными прочтениями.

До недавнего времени считалось, что секвенирование «второго поколения» обеспечивает высокую точность, ограниченную длиной прочтения, в то время как технологии «третьего поколения» позволяют читать последовательности значительной длины, но с большей частотой ошибок. Новые разработки для технологий «третьего поколения» должны совместить большую длину прочтения с высокой точностью [1].

Литература:

1. Next-generation sequencing technologies: An overview / Taishan Hu, Nilesh Chitnis, Dimitri Monos et al.// Human Immunology. – 2021. – Vol. 82. – Iss. 11. – P. 801-811

2. Goodwin S., McPherson J. D., McCombie W. R. Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies //Nature reviews genetics. – 2016. – Vol. 17. – Iss. 6. – P. 333-351

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ИЗОЛЯТОВ РОДА BACILLUS, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

***Федорова Н.А.*[1,2], *Иванова М.А.*[1,2], *Шарова Н.Ю.*[2], *Свердлова О.П.*[2]**

[1]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза,*

[2]*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН*

e-mail: info@vniipd.ru, fjodnata@gmail.com

STUDY OF CELLULASE ACTIVITY OF ISOLATES OF THE GENUS BACILLUS, ISOLATED FROM PLANT RAW MATERIALS

***Fedorova N.A.*[1,2], *Ivanova M.A.*[1,2], *Sharova N.Y.*[2], *Sverdlova O.P.*[2]**

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

[2]*All-Russian Research Institute of Food Additives – branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS*

В течение последних лет мировой рынок ферментов гидролаз был самым быстрорастущим сегментом рынка ферментов. Однако российский рынок не в состоянии удовлетворить потребности промышленности в ферментных препаратах. Поэтому сейчас актуальны поиск и разработка новых препаратов, включающих в своем составе ферменты целлюлазы с применением в питательной среде для культивирования дешевого и распространенного растительного сырья и отходов его переработки [1].

Исследованы бактериальные изоляты, выделенные из растительного сырья, на наличие целлюлазной активности (таблица). Для этого все образцы были выращены на плотной агаризованной среде Мендальса [2].

Таблица – Результаты качественной реакции на целлюлазу бактериальных изолятов

Бактериальный изолят, выделенный из растительного сырья	Наличие целлюлазной активности
Bacillus velezensis (красный малиновый жмых)	+
Bacillus subtilis (красный малиновый жмых)	-
Bacillus tequilensis (красный малиновый жмых)	-
Bacillus stercoris (желтый малиновый жмых)	+
Bacillus tequilensis (желтый малиновый жмых)	+
Bacillus stercoris (рапсовый жмых)	+
Bacillus sp. (рапсовый жмых)	-

Среди 4 из 7 изолятов видны зоны гидролиза после окрашивания конго красным. Следовательно, данные бактериальные изоляты обладают целлюлазной активностью и имеют перспективы в разработке новых ферментных препаратов. Исследование проведено по теме FGUS-2022-0003 в рамках государственного задания № 075-01190-22-00 ВНИИ пищевых добавок – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Литература:

1. Ферменты промышленного назначения – обзор рынка ферментных препаратов и перспективы его развития / А.А. Толкачева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. – №. 4 (74). – С. 197-203.

2. Isolation, screening and optimization of cellulase production by a novel bacterial isolate of *Enterococcus durans* / N. Bhati [et al.] // The Applied Biology & Chemistry Journal. – 2022. – Т. 3. – №. 4. – С. 71-78.

ВЛИЯНИЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА pH ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА COPRINUS LAGOPIDES

Черкесова В.А.*, *Соколова А.В.

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

e-mail: wcherkesowa@gmail.com

THE EFFECT OF STERILIZATION ON THE pH OF THE CULTURE MEDIUM FOR THE CULTIVATION OF THE FUNGUS COPRINUS LAGOPIDES

Cherkesova V.A.*, *Sokolova A.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Влияние стерилизации на pH питательных сред является важным аспектом при культивировании гриба *Coprinus lagopides*. В данном исследовании анализируется, как стерилизация влияет на pH двух специфических питательных сред: с добавлением молочной сыворотки и глюкозо-пептонной среды, каждая из которых имеет уникальный состав и буферные свойства. Данные среды были выбраны для оценки влияния их химического состава и буферной емкости на стабильность pH после стерилизации.

Ранними исследованиями установлено, что *Coprinus lagopides* чувствителен к pH, и даже небольшие изменения могут существенно повлиять на его рост и активность, поэтому оптимальный диапазон pH для этого гриба должен быть поддержан для обеспечения успешного культивирования гриба [1].

Целью работы: определение изменения pH (ΔpH) в двух различных питательных средах после стерилизации и выбор более устойчивой питательной среды.

Обе среды подвергались автоклавированию (130℃). Корректировка pH проводилась с использованием 0,1M HCl для снижения pH и 0,1M NaOH для повышения pH до оптимального значения. Водородный показатель измерялся до и после стерилизации с использованием калиброванного pH-метра. Изменение pH (ΔpH) рассчитывалось как разница между значениями до и после стерилизации.

У среды с молочной сывороткой наблюдалось значительное снижение pH на ΔpH = -0,56. Это может быть связано с разложением лактозы и белков, приводящим к образованию кислых продуктов. После стерилизации глюкозо-пептонной среды изменение pH составило ΔpH = -0,46, что указывает на более стабильные буферные свойства по сравнению с молочной сывороткой.

Исследование показало, что стерилизация оказывает существеннон влияние на водородный показатель питательных сред. Глюкозо-пептонная среда продемонстрировала большую устойчивость к изменениям pH, что делает её более предпочтительной для культивирования гриба *C.lagopides*. Для успешного культивирования гриба *C.lagopides* – контроль и корректировка pH являются ключевыми условиями после стерилизации питательных сред.

Литература:

1. Яровенко В.Л. Производство ферментных препаратов из грибов и бактерий / В.Л. Яровенко, К.А. Калунянц, Л.И. Голгер. – Москва: Изд-во «Пищевая промышленность», 1970. 444 с.

ФАРМАКОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ

Чумакова О.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: mailto:ooolllgggaaa.ch@mail.ru

PHARMACOGENETIC TESTING

Chumakova O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При лечении различных заболеваний важно учитывать влияние мутаций не только в генах, напрямую ответственных за то или иное заболевание, но и генетически детерминированные особенности метаболизма лекарственных препаратов.

Если у пациента встречается полиморфные аллели «фармакокинетических» генов, то изменяется синтез ферментов биотрансформации и белков-транспортеров лекарственных средства. Наличие мутаций нарушает работу гена и приводит к синтезу белков с повышенной или пониженной активностью, синтезу неизмененного белка в избыточном или недостаточном количестве или полному отсутствию его образования [1].

Генетические особенности пациентов, связанные с изменениями фармакологического ответа, можно выявить при проведении фармакогенетического тестирования. Этот процесс включает в себя выявление конкретных генотипов, связанных с изменением фармакологического ответа. Основой таких тестов является полимеразная цепная реакция (ПЦР). Для извлечения ДНК используется кровь пациента. Сбор этого генетического материала не требует предварительной подготовки и дополнительных усилий со стороны пациента. Результаты фармакокинетического теста представляют собой идентифицированные генотипы больного по тому или иному полиморфному маркеру [2].

Таким образом, выявление у больных определенных аллельных вариантов генов, ответственных за метаболизм фармакологических препаратов позволяет прогнозировать эффективность проводимой терапии, предсказывать и избегать нежелательных эффектов приема лекарств.

Литература:

1. Сычев, Д.А. Персонализированная антикоагулянтная терапия на основе результатов фармакогенетического тестирования: методическое пособие / Д.А. Сычев. - С-Пб.: Алкор Био, 2010. – 42 с.

2. Журавлева, М.В. Эффективность и безопасность применения лекарственных средств: значение и возможности клинической фармакологии / М.В. Журавлева, В.Г. Кукес, А.Б. Прокофьев, В.В. Архипов, Ю.В. Олефир, С.Ю. Сереброва, А.В. Соколов, Д.А. Сычев // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. – 2015. - № 2. – С. 20–24.

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

Чумакова О.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра молекулярной биотехнологии

e-mail: mailto:ooolllgggaaa.ch@mail.ru

THE METHOD OF DNA EXTRACTION USING MAGNETIC PARTICLES

Chumakova O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В настоящее время имеется множество методов, позволяющих извлекать нуклеиновые кислоты из разнообразных образцов. Ключевой целью этого процесса является получение очищенных препаратов ДНК, которые могут быть использованы для решения различных задач.

К началу нового тысячелетия был разработан наиболее эффективный метод выделения и очистки ДНК с использованием магнитных частиц, которые состоят из железосодержащих материалов, таких как магнетит (Fe3O4), на поверхности которых наносится кремнеземное покрытие (SiO2) с задействованными функциональными группами, способными связываться с ДНК. Метильные, гидроксо- или аминогруппы, позволяют магнитным частицам селективно связываться с целевой ДНК и избежать связывания с другими молекулами в экстракте образца [1].

Для связывания нуклеиновых кислот предпочтительны материалы с большей площадью поверхности. Такие носители обычно имеют неровную поверхность и могут быть пористыми. Материалы в виде частиц, например, полимерные гранулы, обычно предпочтительнее из-за их большей связывающей способности. Монодисперсные частицы обладают преимуществом обеспечения равномерной воспроизводимости выделения [2].

Метод экстракции с помощью магнитных частиц обладает рядом преимуществ: минимальный набор оборудования; отсутствие стадий центрифугирования; нуклеиновые кислоты могут быть выделены непосредственно из исходных образцов материалов (кровь, питательные среды для культивирования, вода и т.д.). Тем не менее, данный метод обладает рядом недостатков. Один из них заключается в необходимости использования специализированного оборудования для выполнения процедуры выделения, что значительно увеличивает его стоимость. Кроме того, магнитные частицы могут оказывать влияние на концентрацию ДНК в образце; при неправильном выборе связывающего агента они способны связываться с другими молекулами, что снижает чистоту выделения.

Литература:

1. Berensmeier, S. Magnetic particles for the separation and purification of nucleic acids. Appl Microbiol Biotechnol. – 2006. – Vol. 73. – P. 495-504.

2. Magnetic separation of nucleic acids from various biological samples using silicacoated iron oxide nanobeads / Yue, H., Shin, J.M., Tegafaw, T., et al. // J Nanopart Res. - 2020. -Vol. 22. - P. 366.

РЕПА (BRASSICA RAPA L.) КАК ИСТОЧНИК ГЛЮКОЗИНОЛАТОВ - ЦЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

***Швиндина Ю.А.*[1], *Баракова Н.В.*[2]**

[1]*ООО «ВИС»,*

[2]*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза*

e-mail: yshvindina@gmail.com

TURNIP (BRASSICA RAPA L.) AS A SOURCE OF GLUCOSINOLATES – VALUABLE BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES

***Shvindina Y.A.*[1], *Barakova N.V.*[2]**

[1]*LLC «VIS»,*

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

Репа (лат. Brassica rapa) – растение рода Крестоцветные, легкодоступный источник ценных биологически активных веществ (БАВ) [1]. Противоопухолевые и антиоксидантные свойства репы связаны с различными группами БАВ, включая глюкозинолаты (GSL) [2]. GSL репы исследуются как потенциальные средства при онкологических, сердечно-сосудистых и неврологических заболеваниях. На тип и концентрацию GSL в растениях влияют генотип, сорт, место выращивания, условия роста, условия хранения. Анализ 74 исследований GSL корней и побегов 29 видов растений показал, что в целом корнеплод имеют более высокие концентрации и большее разнообразие GSL, чем побеги [3]. Для более эффективного использования разных частей репы в качестве источника GSL актуальны исследования параметров экстракции GSL, которые позволят получать экстракты с максимальным количеством GSL. Одним из GSL репы является глюкорафанин, который под действием фермента мирозиназы, находящегося в растении, и при разрушении клеточной стенки растения, биотрансформируется в 4-метилсульфинил бутил изотиоцианат - сульфорафан (SFN). SFN демонстрирует очень широкий спектр положительного воздействия на здоровье человека [2]. Глюкорафанин и мирозиназа присутствуют в репе совместно, но они физически разделены до тех пор, пока клеточная структура растительного сырья не разрушена при жевании, разрезании, измельчении, замораживании, оттаивании, термообработке или тому подобном. Структура SFN нестабильна и легко разлагается, поэтому ученые исследуют методы увеличения его содержания при экстракции [3]. Общее содержание GSL в экстракте репы может быть оценено титриметрическим или спектрофотометрическим методом анализа. Для более эффективного использования разных частей репы в качестве источника GSL актуальны исследования параметров экстракции, которые позволят получать экстракты с максимальным количеством GSL.

Литература:

1. Разработка новых видов продуктов функционального назначения с применением пищевых волокон корнеплодов репы / С.Ю. Чурикова, В.И. Манжесов, М.В. Аносова [и др.] // В мире научных открытий. – 2016. – № 12(84). – С. 188-199. – EDN XGYTWF.

2. Miękus, N., Marszałek, K., Podlacha, M., Iqbal, A., Puchalski, C., and Świergiel, A. H. (2020). Health Benefits of Plant-Derived Sulfur Compounds, Glucosinolates, and Organosulfur Compounds. Molecules (Basel, Switzerland) 25 (17), 3804.

3. Van Dam, N.M., Tytgat, T.O.G. & Kirkegaard, J.A. Root and shoot glucosinolates: a comparison of their diversity, function and interactions in natural and managed ecosystems. Phytochem Rev 8, 171–186 (2009). https://doi.org/10.1007/s11101-008-9101-9

ВЛИЯНИЕ ВЫЖИГАНИЯ НА АВТОФЛУОРЕСЦЕНЦИЮ ЛИПОФУСЦИНА В КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЯХ HUVEC И EA.HY926

***Ширгалеева Э.Р.*[1], *Маммедова Д.Т.*[1,2], *Старикова Э.А.*[2]**

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

[2]*ФГБНУ «Институт Экспериментальной Медицины»*

e-mail: evelina.shirgaleeva@mail.ru

THE EFFECT OF PHOTOBLEACHING ON LIPOFUSCIN AUTOFLUORESCENCE IN HUVEC AND EA.HY926 CELL LINES

***Shirgaleeva E.R.*[1], *Mammedova J.T.*[1,2], *Starikova E.A.*[2]**

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

[2]*FSBSI Institute of Experimental Medicine*

Липофусцин – образуется в клетках в результате клеточного стресса и старения. При возбуждении светом липофусцин проявляет автофлуоресценци в синем спектре (360–490 нм), излучая в зелёной области (500–550 нм) и слабо в красной (600–700 нм). Эта особенность мешает точной интерпретации результатов, так как флуоресценция может накладываться на сигналы, других флюорохромов с похожими спектрами возбуждения. Целью исследования был_подбор времени воздействия LED-лампы на препараты эндотелиальных клеток для устранения автофлуоресценции липофусцина.

В работе использовали первичные ЭК вены пупочного канатика человека (HUVEC) и ЭК перевиваемой линии EA.hy926 . Препараты фиксировали в 4 % растворе формальдегида. Липофусцин выжигали 0, 24 и 48 часов. Ядра клеток окрашивали DAPI. Стёкла помещали в среду для заключения и анализировали интенсивность флуоресценции с помощью микроскопа AxioObserver. D1 (Zeiss) и программы AxioVisionRel. 4.7.

Результаты. Автофлуоресценция липофусцина (зеленое) наиболее выражена на снимках, сделанных до начала выжигания. Интенсивность свечения значительно снижается к 24 и 48 часам.

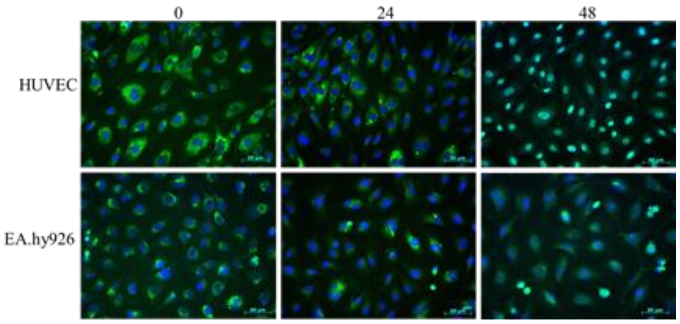


Рисунок – Интенсивность автофлуоресценции препаратов после облучения

Ядра клеток, окрашенные DAPI (синий цвет), позволяют проследить за целостностью клеток на протяжении времени выжигания (0, 24, 48 часов). Через 48 часов, наблюдается снижение интенсивности изменение окраски ядер и контрастности этих органоидов. Таким образом, оптимальное время воздействия LED-лампы для гашения автофлуоресценции липофусцина 36 часов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (госзадание FGWG-2022-0005).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТА ГИДРОЛИЗАТА M. EDULIS НА НАРУШЕННУЮ ТРОМБИНОМ КОНФЛЮЭНТНОСТЬ МОНОСЛОЯ

***Якупов А.М.*[1], *Маммедова Д.Т.*[1,2], *Старикова Э.А.*[2]**

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

[2]*Институт Экспериментальной Медицины, отдел иммунологии*

e-mail: arsl@n-yakupov.ru

EVALUATION OF THE EFFECT OF *M. EDULIS* HYDROLYSATE PREPARATION ON THROMBIN-IMPAIRED MONOLAYER CONFLUENCE

***Yakupov A.M.*[1], *Mammedova J.T.*[1,2], *Starikova E.A.*[2]**

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

[2]*Institute of Experimental Medicine*

Тромбин – фактор коагуляции, который способствует активации эндотелия сосудов и повышению проницаемости эндотелиального барьера. Было показано, что препарат кислотного гидролизата *M. edulis* обладает вазопротекторным действием. Целью исследования была оценка влияния препарата кислотного гидролизата *M. edulis* на целостность монослоя эндотелиальных клеток (ЭК) нарушенную тромбином.

Для оценки гидролизата *M. edulis* использовали ЭК линии EA.hy926. Исследуемые вещества (гидролизат *M. edulis* в разведении 1/3 (v/v) и тромбин в концентрации 4 Ед/мл) предварительно смешивали и вносили в культру. После окончания культивирования клетки фиксировали с помощью 0,2% красителя кристаллического фиолетового на 10 % метаноле. Препараты анализировали с использованием микроскопа AxioObserver D1 и программы AxioVisionRel 4.7 (Zeiss, Германия).

Было установлено, что тромбин и гидролизат *M. edulis* в исследуемых концентрациях не обладали токсическим действием в отношении эндотелиальных клеток.

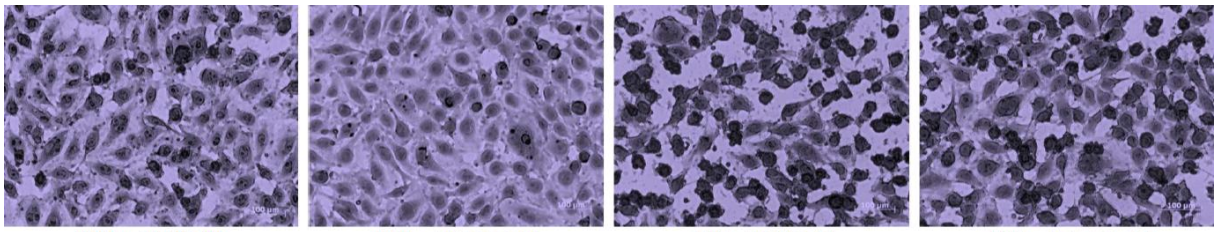


Рисунок - Сравнительная микроскопическая картина, отражающая морфологические изменения клеток

В стандартных условиях ЭК образовывали монослой с хорошо сформированными межклеточными контактами (рисунок). Инкубирование клеток с тромбином в течение 20 мин нарушало непрерывность монослоя ЭК, при этом появлялись отдельные участки, в которых межклеточные контакты были разрушены. При внесении гидролизата *M. edulis* одновременно с тромбином конфлюэнтность монослоя сохранялась. Самостоятельного действия гидролизата *M. edulis* на исследуемый параметр выявлено не было. Таким образом, препарат гидролизата мидий можно рассматривать как перспективное средство для терапии заболеваний, связанных с развитием эндотелиальной дисфункции.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (госзадание FGWG-2022-0005).

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДРОЖЖЕЙ НА ВКУСОВЫЕ КАЧЕСТВА СИДРА

Ячкова В.А., Попова В.Д., Няникова Г.Г.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии микробиологического синтеза
e-mail: mcrnb101@gmail.com

THE EFFECT OF DIFFERENT YEAST TYPES ON THE CIDER FLAVOUR

Iachkova V.A., Popova V.D., Nianikova G.G.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сидр − популярный алкогольный напиток из яблок, известный разнообразием вкусов и ароматов. Эти качества зависят от ферментации, в ходе которой дрожжи превращают сахара яблочного сока в этанол и углекислый газ. Вид дрожжей определяет вкусовые и ароматические характеристики, стабильность и консистенцию. Дрожжи делятся на дикие (природные, натуральные) и селективные (культурные).

Дикие дрожжи, присутствующие на поверхности яблок и в окружающей среде, могут придавать сидру уникальные и сложные ароматы. Такие дрожжи, как *Brettanomyces spp., Kluyveromyces thermotolerans, Metschnikowia pulcherrima, Torulopsis spp.* и др. часто используются в сидровых производствах для создания неповторимого вкусового профиля. Однако их применение связано с определёнными рисками: нестабильность ферментации и возможность появления нежелательных вкусовых нот. *Brettanomyces spp.* могут вызывать появление фенольных соединений, придающих сидру характерный «конский» или «древесный» вкус, который может быть желанным лишь в некоторых стилях напитка, а в иных случаях испортит конечный продукт [1, 2].

Селективные дрожжи специально отобраны и культивированы для достижения определённых вкусовых характеристик и стабильности. Наиболее часто используемые виды − *Saccharomyces cerevisiae, S. bayanus* и *S. uvarum*. Они обеспечивают более предсказуемый и контролируемый процесс ферментации, производители сидра могут достигать желаемых вкусовых и ароматических профилей. *S. cerevisiae* способны производить фруктовые и цветочные ароматы и вкусы, что позволяет создавать сидры с ярким и свежим оттенком; ферментация проходит быстро и эффективно, возможно минимизировать риск контаминации другими микроорганизмами, получая сидр с чистым, ярким вкусом и хорошей стабильностью. *S. bayanus* (используются для производства игристых вин) − более сложные ароматы и высокая алкогольная крепость; обладают способностью ферментировать остаточные сахара, возможно создание полусладких и сладких сидров [1, 2].

Дикие дрожжи способствуют созданию сложных ароматов, ценных для уникальных продуктов, в то время как селективные обеспечивают доступный вкус для широкой аудитории. Эксперименты с дрожжами помогают производителям разрабатывать новые стили, соответствующие запросам рынка и открывающие новые горизонты для любителей сидра.

Литература:

1. Сидры. Актуальные вопросы отрасли / А.А. Ширшова, Н.М. Агеева, Е.В. Ульяновская [и др.] // Традиционная и инновационная наука: сборник статей межд. науч. конф., СПб, 16 марта 2023 года. – СПб.: ООО «МИПИ им. Ломоносова», 2023. – С. 33-41.

2. Нано-, био-и когнитивные технологии в производстве сидров и плодовой алкогольной продукции / А.А. Ширшова, Н.М. Агеева, Е.В. Ульяновская [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2024. – №. 88(4). – С. 97-106.

СЕКЦИЯ 18.

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ



НАУЧНЫЙ ВКЛАД ДЖОЗЕФА ПРИСТАЛИ

Александров С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной защиты окружающей среды.

e-mail: wannabe8881234@gmail.com

SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS OF JOSEPH PRISTALY

Alexandrov S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Исследование научного вклада Джозефа Пристли, как одного из основоположников химии и философии, подчеркивает его революционные открытия в области газов, включая кислород, а также его влияние на развитие просветительских идей и политической мысли XVIII века, что делает его ключевой фигурой в понимании взаимосвязи науки и общества в эпоху Просвещения [1-10].

Литература:

1. Priestley, Joseph. *Experiments and Observations on Different Kinds of Air.* London: J. Johnson, 1774.
2. Priestley, Joseph. *The History and Present State of Electricity.* London: J. Johnson, 1767.
3. Schofield, Robert E. *The Enlightenment of Joseph Priestley: A Study of His Life and Work.* University of California Press, 2004.
4. Cohen, I. Bernard. *Franklin and the Scientific Revolution.* University of California Press, 1990.
5. Baker, W.J. *Joseph Priestley: Scientist, Philosopher, and Theologian.* University of Pittsburgh Press, 2012.
6. Bennett, J. *The Life and Works of Joseph Priestley: A Study in the History of Science and Philosophy.* Cambridge University Press, 1991.
7. Miller, D. *The Age of Enlightenment: A History of Western Philosophy.* Routledge, 2008.
8. Baker, W.J., Houghton, R.J. *Joseph Priestley: A Biography.* New York: Harper Brothers, 1940.
9. Rudolph, F. *The American Enlightenment: The Story of the Age of Reason in America.* Harvard University Press, 1979.
10. Browne, J. *Joseph Priestley: The Man Who Discovered Oxygen.* London: HarperCollins, 2001.

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВА МОДЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРУДИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ В XIX ВЕКЕ

Воронов И.И.

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

e-mail: voronov.ii@sut.ru

ON THE ISSUE OF PRODUCTION OF MODELS OF AGRICULTURAL IMPLEMENTS AT THE TECHNOLOGICAL INSTITUTE IN THE XIX CENTURY

Voronov I.I.

St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich

В 1802 – 1830 гг. в России было всего пять предприятий, производивших сельскохозяйственную технику [1]. Одним из инструментов популяризации среди населения земледельческих машин стало изготовление и демонстрация их моделей. Для этого в 1828 г. Вольное экономическое общество открыло мастерскую [2], но её возможности были ограничены. В 1835 г. Комитет об усовершенствовании земледелия в России предложил учредить при Технологическом институте мастерскую для изготовления земледельческих орудий. Главой мастерской с бюджетом 8 тыс.руб. был назначен К.Х. Рейсиг, а её штат составили кузнец, слесарь, колесник [3]. Мастерская обеспечивалась информацией о новых изобретениях и получала чертежи машин непосредственно от их производителей [4].

С 1836 г. модели сельскохозяйственных машин выставлялись для всеобщего обозрения в губернских структурах Министерства финансов, отвечавших за сельское хозяйство [2]. А с 1837 г. новым заказчиком мастерской стало Министерство государственных имуществ (МГИ), к которому перешло управление государственными крестьянами и сельским хозяйством [5]. По заказу МГИ были изготовлены коллекции моделей для редакции Земледельческой газеты, Горыгорецкой земледельческой школы, Третьего департамента МГИ, Луганской фермы и Харьковского университета [4] и др. учреждений. В течение 1836 – 1846 гг. мастерская обеспечила моделями земледельческих машин учреждения МГИ в 44 губерниях и областях России [3]. В 1859 г. по инициативе Н.В. Черняева был учрежден музей МГИ, значительную часть которого составили изделия Технологического института [6]. Так, модели сельскохозяйственных машин стали одним из инструментов усовершенствования земледелия в России.

Литература:

1. Полная Энциклопедия Русского Сельского хозяйства и соприкасающихся с ним наук. Т. 8. Пшеница-Соломорезки. – СПб.: Издание А.Ф. Девриена, 1903. 665 с.

2. Ходнев А.И. История Императорского Вольного экономического общества с 1765 до 1865 года. – СПб.: Типография тов-ва «Общественная польза», 1865. 667 с.

3. Сто лет. Технологический институт им. Ленинградского совета рабочих крестьянских и красноармейских депутатов. Т. 1. – Л.: Типография им. Е. Соколовой, 1928. 840 с.

4.Пятидесятилетний юбилей Санкт-Петербургского практического Технологического института. – СПб.: Типография императорской академии наук, 1879. 524 с.

5. Учреждение Министерства государственных имуществ. – СПб.: Б.и., 1837. 23 с.

6. Николаенко В.А. Императорский сельскохозяйственный музей в Санкт-Петербурге и некоторые вопросы аграрной истории России второй половины XIX и начала XX вв. / Дисс… канд. истор. наук: 0700.02. – СПб., 2000. 212 с.

АНАЛИЗ РОСТА ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА В ПРОХОЖДЕНИИ ПРОЦЕДУРЫ НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ

Далидович В.В., Шляго Ю.И., Самонин В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники, Экзаменационный Центр

e-mail: dalidovich.vera@mail.ru

ANALYSIS OF THE GROWTH OF INTEREST OF UNDERGRADUATE STUDENTS IN PASSING THE PROCEDURE OF INDEPENDENT ASSESSMENT OF QUALIFICATION

Dalidovich V.V., Shlyago U.I., Samonin V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Значительным спросом среди студентов СПбГТИ(ТУ) пользуются процедуры независимой оценки квалификации (НОК), осуществляемые в форме профессиональных экзаменов (ПЭ), проведение которых регламентировано постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2016 г. № 1204. Иллюстрацией этой тенденции является 867 ПЭ, принятых Экзаменационным Центром СПбГТИ(ТУ) в составе Центра оценки квалификаций ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды» (ЭЦ СПбГТИ(ТУ) в составе ЦОК Завода «КП»).

В связи с этим интересно проследить рост заинтересованности студентов бакалавриата СПбГТИ(ТУ) в сдаче ПЭ на примере отдельно взятой кафедры – кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники (ХТМИСТ), которая с 2023 года включилась на постоянной основе в работу по организации участия студентов в процедурах НОК и дальнейшему расширению области деятельности ЭЦ СПбГТИ(ТУ) в составе ЦОК Завода «КП» (приказом ректора от 28.11.2022 №360-01-03 в его составе организован модуль оценки квалификаций «Сорбционные материалы и технологии»).

За прошедшее время студенты, обучающиеся на кафедре ХТМИСТ по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, приняли участие в трех экзаменационных сессиях по сдаче ПЭ по квалификации «Химик-аналитик по сопровождению разработки наноструктурированных композиционных материалов» (6 уровень квалификации).

Динамика их участия в сдаче ПЭ представлена в таблице.

Таблица – Динамика участия студентов бакалавриата кафедры ХТМИСТ в сдаче ПЭ

год	подавшие заявку на сдачу ПЭ	участвовавшие в сдаче ПЭ	успешно сдавшие ПЭ	сдававшие ПЭ повторно
2023 весна	18 из 19 (94,7 %)	12 из 18 (63,2 %)	4 из 12 (33,3 %)	0
2023 осень	7 из 13 (53,8 %)	6 из 7 (85,7 %)	3 из 6 (50 %)	0
2024 весна	6 из 13 (46,1 %)	5 из 6 (83,3 %)	5 из 5 (100 %)	3

Анализ таблицы свидетельствует о росте заинтересованности студентов в сдаче ПЭ, что обусловлено, прежде всего, учетом успешных результатов в индивидуальных достижениях при поступлении в магистратуру, а значит, дает поступающим дополнительную возможность зачисления именно на выбранное ими направление подготовки и направленность. Осознание этого привело к повышению ответственности студентов при подаче ими заявлений на сдачу ПЭ и дальнейшему реальному участию в них, а заинтересованность в успешной сдаче – к повторной подготовке и пересдаче. Все поступившие в магистратуру на кафедру ХТМИСТ в 2024 году успешно сдали ПЭ.

Таким образом, участие студентов в процедурах НОК способствует формированию обоснованного выбора ими будущей профессии.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ УЧЁНОГО В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Карпухин С.В.

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

e-mail: karpukhin.s@yandex.ru

SOCIAL RESPONSIBILITY OF A SCIENTIST IN RESEARCH ACTIVITIES

Karpukhin S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Неоспоримым фактом нашего времени является активное развитие науки и привлечение её открытий к решению повседневных потребностей человека во всех сферах его жизнедеятельности. Вместе с тем уместным становится вопрос: «Ограничен ли учёный в своей свободе исследовательской практики?».

В свое время Роберт Кинг Мертон предложил придерживаться четырём основным императивам научного этоса. Это:

- универсализм, где научное знание носит внеличностный характер;
- коллективизм, при котором сообщения о каких-либо открытиях другим учёным осуществляются свободно и без предпочтений;
- бескорыстие, когда выстраивание научной деятельности осуществляется так, что единственным приоритетом является постижение истины;
- организованный скептицизм, который исключает некритическое принятие результатов исследования [1].

Если рассматривать проблему более широко и полно, то в данном случае уместно будет говорить о социальной ответственности ученого в исследовательской деятельности, поскольку социальная ответственность – это системное понятие, которое включает и этические элементы [2].

Диалектическая предопределенность взаимозависимости свободы и ответственности выступает важнейшим фактором исследовательской деятельности. Ответственность не может реализоваться без свободы, и, наоборот, свобода без ответственности порождает анархию, хаос и произвол.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что социальная ответственность ученого оказывает непосредственное воздействие на определение тенденций развития как науки, так и отдельных дисциплин. Она во многом предопределяет и проблематику исследований.

Главным выводом является то, что абсолютная свобода исследовательской деятельности не должна приниматься однозначно без учета социальной ответственности.

Регулятором данных взаимозависимых отношений, как правило, выступает государство и общественные институты, а уровень научных достижений во много свидетельствует о гармоничной и слаженной работе этих структур.

Литература:

1. Цит. по Мирская Е. З. Р. К. Мертон и этос классической науки // Философия науки. Вып. 11: Этос науки на рубеже веков. — М.: ИФ РАН, 2005. — С. 13.

2. Карпухин С.В. Социальная ответственность как философская проблема: дис. доктор философских наук: 09.00.11 – Социальная философия. Санкт-Петербург. 2001. 342 с.

КРИТИКА РЕПРЕЗЕНТАЦИОНИЗМА В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ. КОММЕНТАРИЙ К КАРЕН БАРАД

Коломиец Г.Г.

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

e-mail: gkolomiets@eu.spb.ru

ON CRITICISM OF REPRESENTATIONISM IN THE SCIENCES. A COMMENT ON KAREN BARAD

Kolomiets G.G.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Онтологическую позицию множества современных ученных можно охарактеризовать как реалистическую. Как отмечает специалист по философии науки Анжан Чакравартти, научный реализм в своем онтологическом измерении предполагает убежденность в том, что наука познает мир, независимый от познающего субъекта (в данном случае – ученого), или, конкретнее, его сознания [1].

Этой онтологической установке соответствует эпистемологическое предположение: ученый лишь наблюдает мир, фиксируя значения и высказывая утверждения, прямо и непосредственно соответствующие изначально данным свойствам объектов исследования. По мнению А. Чакравартти, это побуждает большинство реалистов принимать корреспондентную теорию истины [1].

Из этих установок должна вытекать позиция, в которой деятельность ученого трактуется как простая фиксация того, что изначально дано в реальности. Наблюдение, измерение и даже эксперимент могут при этом трактоваться как отражение предмета, не вовлеченное в сам предмет. И это может даже подчеркивать статус «объективности», «непредвзятости» ученого, наблюдающего свой предмет будто бы в отдалении.

В работе «Навстречу вселенной» исследовательница науки Карен Барад критикует все перечисленные установки, обозначая их как репрезентационизм. Прежде всего, она отмечает, что онтологический реализм не поддерживается эмпирической базой современной физики: отдельные объекты не предшествуют познавательной деятельности, а учреждаются в ходе сложных взаимодействий материи с исследовательскими аппаратами. Это приводит ее к познавательной установке, которая исходит из представления о том, что научные высказывания отсылают не к объектам, а к практикам, производящим эти объекты. Поэтому Барад настаивает на перформативном прочтении научной практики, когда высказывание ученого будет одновременно и действием [2].

К. Барад, таким образом, предлагает понимание научной практики, которое делает акцент на вовлеченность исследователя в свой объект. Наука предстает как практика, постоянно производящая объект исследования параллельно со знанием о нем. Причем, без раскрытия перформативной составляющей научной практики, подход реалистов приводит лишь к превращенной форме знания [3]. Критика научного реализма у К. Барад, таким образом, ведет к деидеологизации науки и раскрытию производственных отношений, лежащих в основании научного знания.

Литература:

1. Chakravartty, Anjan. A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 251 p.

2. Barad K. Meeting the universe halfway: quantum physics and the entanglement of matter and meaning. Durham: Duke University Press, 2007. 524 p.

3. Мамардашвили М.К. Превращенные формы (о необходимости иррациональных выражений) // Мамардашвили М.К. Как я понимаю философию. М., 1990. С. 315-328.

КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Муравьёва И.Б.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), отдел редкой книги фундаментальной библиотеки

e-mail: redkkniga@technolog.edu.ru

WORK COLLEAGUES AND FRIENDS OF D. I. MENDELEEV

Muravjeva I.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

24 декабря 1862 учёный выехал из Петербурга вместе с химиком А.К. Рейхелем [1]. Они направлялись в Кошели (близ Боровичей), где находился принадлежавший А.К. Рейхелю завод по перегонке древесной смолы. У Д.И. Менделеева была идея (неосуществлённая), осмотрев этот завод, устроить собственное производство [2]. Алексей Казимирович Рейхель (1834-1871) окончил в 1855 Петербургский университет, учился у химика П.А. Ильенкова [3]. Д.И. Менделеев окончил Главный педагогический институт в том же году. Эти учебные заведения располагались в здании Двенадцати коллегий, и дружба А.К. Рейхеля и Д.И.Менделеева началась во время учёбы. В 1860 А.К. Рейхель был назначен помощником инспектора классов Петербургского Технологического института. С 1862 стал профессором и деканом химического отделения. 19 декабря 1863 Д.И.Менделеев был избран профессором на кафедру химии Технологического института. Именно А.К. Рейхель, как декан, сообщил ему об этом [4]. На литографированных «Лекциях по органической химии, читанных Д.И. Менделеевым в Технологическом институте» (1868) стоит обязательная роспись декана А. Рейхеля. Менделеев по-дружески заходил к нему домой и засиживался подолгу [5]. А.К. Рейхель был одним из первых членов Русского Химического общества [6]. Умер в 37 лет.

В 1898 в Петербурге вышла книга С.П. Петухова «Стеклоделие». В предисловии к ней Д.И. Менделеев называет автора «моим другом». Сергей Петрович Петухов (1842-1912) окончил химическое отделение С.-Петербургского Технологического института (1866). Служил техником на Елецко-Орловской железной дороге, затем работал в Иркутске. В декабре 1868 вышел в отставку, приехал в Петербург и поступил на Императорский стеклянный завод, объединившийся затем с Фарфоровым заводом. Заведовал там отделением по производству смальт и эмалей для Академии художеств [7]. С Д.И. Менделеевым имел тесные научные и дружеские связи. В Фундаментальной библиотеке есть принадлежавшие ему книги Д.И. Менделеева: «Аналитическая химия» (Санкт-Петербург, 1866) и «О барометрическом нивелировании и применении для него высотомера» (Санкт-Петербург, 1876). Ряд статей с авторством С.П. Петухова есть в Энциклопедическом словаре Ф. Брокгауза и И. Ефрона, химическую часть которого редактировал Д.И. Менделеев.

Литература:

1. Летопись жизни и деятельности Д.И. Менделеева / АН СССР; Отв. ред. А.В. Сторонкин. – Ленинград, 1984. - С. 77

2. Дневники Д.И. Менделеева 1861 и 1862 гг. // Научное наследство: Естественнонаучная серия: Т.2 / АН СССР. – Москва., 1951.- С. 205

3. Волков В.А., Куликова М.В. Российская профессура XVIII– начало XX вв.. Химические науки: Биографический словарь – С.-Петербург, 2004. - С. 188-189

4. Тищенко В Е., Младенцев М.Н. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность: Университетский период. 1861-1890 гг. - Москва, 1993.- С. 74-75

5. Дневники Д.И. Менделеева 1861 и 1862 гг…с.219, 234

6. Журнал Русского Химического Общества. 1968. Т. 1. Вып. 1. С. 4

7. Вестник Общества технологов. 1903. Т. X. № 2. С. 39-40

АЛХИМИЧЕСКИЕ ИСТОКИ ПОРОХА И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Быданов В.Е.[1], Овчинникова В.Л.[2]

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра философии, [2]кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений

e-mail: homostudenticus@yandex.ru, ovchinnikova.lera2015@yandex.ru

THE AICHEMICAI PROVENANCE OF GUNPOWDER AND EXPIOSIVES

Bydanov V.E., Ovchinnikova V.L.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Основная задача современной химии – это получение веществ с заданными свойствами. Это определяет содержание научных исследований: с одной стороны, генезиса свойств веществ, с другой, разработку на этой основе методов получения веществ с заранее заданными свойствами.

Алхимия, выявившая целый ряд химических веществ и описавшая их взаимодействие друг с другом, явилась предшественницей, возникшей в XVII в. науки химии. Алхимики накопили большой эмпирический опыт в познании химических процессов. Алхимия складывалась в эпоху эллинизма на основе слияния прикладной химии египтян с греческой натурфилософией, мистикой и астрологией. Конкретная практическая технохимия алхимиков привели к открытию способов получения серной, соляной, азотной кислот, селитры, сплавов ртути с металлами и др.

Порох, основными компонентами которого являлись селитра и сера, был впервые изобретён в VI в Китае, где он вначале использовался для врачевания, а потом им стали начиняться ракеты для фейерверков. Из Китая порох попал в Индию, а первое боевое применение его в качестве зажигательного средства имело место при осаде Константинополя в 668 г. Впервые состав пороха (селитра – 60 %, сера – 20 %, опилки – 20 %) был описан китайским алхимиком Сун Сымяо в 682 г. приведён в 846 г. в рукописи Мари Грена. Потом его стали «изобретать» вновь и совершенствовать европейские алхимики [1]. Поначалу порох приготовлялся в виде порошка, очевидно, потому и получил такое название, а с 20-х гг. XV в. начал выпускаться зернистый порох, который в отличие от порошкового, сгорал практически мгновенно. С тех пор чёрный (дымный) порох стал использоваться не как зажигательное, а как взрывчатое вещество и после замены опилок на уголь его состав практически не менялся на протяжении многих веков.

До середины XIX века основным взрывчатым веществом был порох. В 1845-46 годах был получен пироксилин, а через год итальянский химик А. Собреро изобрёл нитроглицерин, применяющийся для изготовления нитроглицериновых взрывчатых веществ, бездымных порохов и в медицине. В 80-е годы XIX в. во Франции изобрели порох Poudre B (70 % пироксилина, 30 % так называемого растворимого пироксилина, полученного в результате нитрования с более высокой долей азотной кислоты) [2]. В 1863 г. А. Нобель изобрёл и запатентовал динамит, а также создал баллистит, нитроглицерин и коллоксилин, которые важны для производства боеприпасов.

С созданием бездымного пороха вновь возродился интерес к РДТТ (ракетные двигатели на твердом топливе.), так уже в 1916 г. русский инженер И.П. Граве создал тип боевой ракеты с составом из бездымного пороха. В дальнейшем развитие ракетных технологий продолжалось, и в 1930-х годах начались эксперименты с различными составами твердого топлива, что привело к созданию более совершенных ракетных систем.

Литература:

1. Дятчан Н.И. История развития техники. Ростов-н-Д: Феникс, 2001. С. 105-106.
2. Дерри Т., Уильямс Т. Краткая история технологий. Центрполиграф, 2021. С.609

СМЕСЕВОЕ РАКЕТНОЕ ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО: ИННОВАЦИИ С.П. КОРОЛЕВА В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Овчинникова В.Л.*, *Ищенко М.А.

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

e-mail: ovchinnikova.lera2015@yandex.ru, ishchen0815@mail.ru

MIXED ROCKET SOLID FUEL: S.P. KOROLEV'S INNOVATIONS IN ROCKET ENGINEERING

Ovchinnikova V.L., Ishchenko M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Сергей Павлович Королев (1907–1966) — выдающийся советский ученый и конструктор, основоположник практической космонавтики. Во время Второй мировой войны Королев работал над созданием реактивных снарядов и ракет. После войны он возглавил работы по созданию баллистических ракет и ракет-носителей на криогенном топливе, открывших дорогу в космос. Под его руководством была успешно разработана и запущена межконтинентальная баллистическая ракета Р-7, которая стала настоящим прорывом в ракетной технике. Р-7 не только обеспечивала возможность доставки термоядерных боевых зарядов на большие расстояния, но и послужила основой для создания ракеты-носителя, способной выводить в космос космические аппараты и пилотируемые корабли. С.П. Королев и его команда внесли значительный вклад в развитие ракетной техники, в том числе и переход к использованию смесевого ракетного твердого топлива (СРТТ).

Первая в СССР твердотопливная ракета РТ-1 была создана на основе баллиститного пороха. Она имела дальность полета 2500 км и стартовую массу 34 тонны, что уступало ракетам США, которые имели значительно большую дальность [1]. Этот проект стал важным шагом в освоении твердотопливных технологий, но его возможности были ограничены по сравнению с тем, что можно было достичь с использованием более современных материалов и методов.

С развитием ракетной техники и увеличением тактико-технических требований возникла необходимость в создании более мощных ракет большей дальности (~10 000 км). Ракеты на баллиститном ракетном топливе не могли обеспечить необходимую дальность. С.П. Королев и его команда начали исследовать возможности использования смесевого ракетного твердого топлива. Это топливо сочетало в себе несколько компонентов (окислитель, металлическое порошкообразное горючее, полимерное связующее-горючее и др.) что позволило достичь более высокой эффективности и стабильности работы двигателей. В результате была разработана ракета РТ-2 (8К-98), которая имела дальность полета 9500 км и стартовую массу 51 тонну [2]. Использование СРТТ значительно улучшило энергетические характеристики ракет, что сделало их стратегически важными для обороны страны.

Работы С. П. Королева в области смесевого ракетного твердого топлива стали основой для дальнейших разработок в ракетостроении. В результате были созданы стратегические ракетные комплексы, такие как РТ-2ПМ «Тополь», РТ-2ПМ2 «Тополь-М» и РС-24 «Ярс» как шахтного, так и мобильного базирования. Эти комплексы составляют основу наземного ядерного щита Российской Федерации и играют важную роль в обеспечении стратегических сил сдерживания.

Литература:

1. Кулаков, В.В. Отечественная артиллерия. Краткая история и перспективы развития / В.В. Кулаков, В.А. Шаманов, М.М. Матвеевский. - М.: Прометей, 2022. - 432 с.

2. Первов, М.А. Отечественное ракетное оружие 1946-2000 / М.А. Первов - М.: Москва, 1999. - 143 с.

«HOMO ECOCONCIUS» - ЦЕЛЬ СОВРЕМЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Селиверстова Н.А.

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

e-mail: nina-seliverst@yandex.ru

«HOMO ECOCONCIUS» - THE GOAL OF MODERN CHEMICAL EDUCATION

Seliverstova N.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Воспитание человека экологически сознательного – «homo ecoconcius» – проблема, которую человечество пытается разрешить уже как минимум полвека. Основоположник русского космизма Н.Ф.Федоров почти сто лет назад отмечал, что цивилизация, эксплуатирующая природу, и не восстанавливающая её, обречена на самоуничтожение. Эти пророческие слова русского мыслителя имеют непосредственное отношение к экологическим последствиям нынешнего этапа развития химии и химических технологий.

Существование технологический цивилизации во многом основываются на химическом синтезе, результат которого применяется повсеместно. Современное химико-технологическое знание ориентировано на решение таких важных проблем, как оптимизация химико-технологических процессов, усовершенствование доставки биологически активных веществ к отдельным органам и клеткам, развитие химических нанотехнологий и т.п. Поэтому профессиональная подготовка специалистов в области химических технологий имеет огромное значение для нашей страны. Однако процесс обучения будущего специалиста в области химических технологий должен непременно дополняться культурно-воспитательными аспектами, акцентированием на мировоззренческие, экологически значимые проблемы.

Студентов иногда называют «интеллектуальной элитой» молодежи. Термин «студент», как известно, в переводе с латыни означает «усердно работающий, занимающийся, овладевающий знаниями». Но с другой стороны общеизвестно, что мировоззрение современного студента прагматично, в нем господствует меркантильное и прозаическое стремление учиться тому, что может принести непосредственную выгоду, практическую и материальную пользу.

Узкопрофессиональный подход к образованию, концентрация на научно-профессиональной составляющей в работе со студентами в ущерб гуманитарной, общекультурной - опасная тенденция высшей школы, которая может в итоге привести к появлению в обществе «образованных варваров» с дипломами. Такие дипломированные «варвары» в области химических технологий особенно опасны для современной цивилизации; они опасны везде, где профессионализм при дефиците экологической культуры и нравственности могут привести к экологической катастрофе.

Противостояние «образованному варварству» и экологическому нигилизму – важнейшая задача химического образования, в решении которой участвуют не только профессиональные дисциплины, но и весь блок социально-гуманитарных наук, особенно философия. Их главная цель – формирование экологически ориентированного менталитета и экологического мировоззрения будущего специалиста - человека «экологически сознательного» – «homo ecoconcius».

НАИМЕНОВАНИЯ КИСЛОТЫ В ЯЗЫКЕ РУССКОЙ ХИМИИ XVIII – НАЧАЛА XIX ВЕКА

Соколов А.И. [1,2]

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

[2]*Институт лингвистических исследований РАН*

e-mail: albanev@ya.ru

DENOMINATIONS OF ACID IN THE RUSSIAN CHEMISTRY LANGUAGE OF THE 18TH – EARLY 19TH CENTURY

Sokolov A.I. [1,2]

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

[2]*Institute for Linguistic Studies of the Russian Academy of Sciences*

В докладе на материале группы наименований кислоты, функционировавших в языке русской химии XVIII – начала XIX века, показывается, что сокращение терминологического ряда до одного термина было обусловлено сменой научных взглядов, пересмотром старой, неупорядоченной квазитерминологии [1] и созданием новой химической номенклатуры (А. Лавуазье, Л. Гитон де Морво и др.).

С точки зрения времени вхождения термина в лексическую систему, выделяются единицы, появившиеся еще в XVII в. как общие термины медицины и химии (*дух*, *спирт*, *водка, аква фортис*), и собственно новации XVIII в. (*кислота*, *кислость*, *кислая соль*, *аква регия* / *акварегис*). С точки зрения языка – источника заимствования, отмечается непосредственное влияние научной латыни: *спирт* < spiritus, *аква фортис* < aqua fortis «азотная кислота», *акварегис* < aqua regis «царская водка, смесь азотной и соляной кислот». Термин *водка* рассматривается как заимствование XVI в. из польского языка [2; 3].

Рассматриваются способы языковой номинации терминов – обозначений веществ (methods of naming substances [4]): заимствование и калькирование. В последнем случае терминологизации подвергаются исконные лексические единицы, ранее использовавшиеся в общелитературном языке с иным значением: *кислота* и *кислость* «свойство кислого» → «химическое вещество, кислота».

Уточняется датировка терминологизации слова *кислота* (1738 г.), в связи, с чем сомнению подвергается утвердившееся в истории русской химии мнение (берущее начало от работ Б.Н. Меншуткина), согласно которому автором термина является М.В. Ломоносов [7].

Вначале XIX в. авторы первых русских переводов новой химической номенклатуры А. Лавуазье (академики Я.Д. Захаров, А.И. Шерер) для обозначения вещества с кислотными свойствами используют исключительно термин *кислота*.

Литература:

1. Крушанов А.А. Ситуация предстандарта в динамике научного познания // Вопросы философии. 2006. № 8. С. 54-66.

2. Моисеенко В.Е. Еще раз об истории слова *водка* (этимологический этюд) // Славянский вестник / МГУ им. М.В. Ломоносова. Вып. 1. 2003. С. 84-95.

3. Соколов А.И. *Водка* как обозначение кислоты в русской химической терминологии XVIII века // Славянская историческая лексикология и лексикография. 2022. Вып. 5. С. 101-123.

4. Crosland M. Historical Studies in the Language of Chemistry. Cambridge: Harvard University Press, 1962. P. 68.

7. Арапова Н.С. Кальки в русском языке послепетровского периода: Опыт словаря. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 116.

РЕКЛАМНЫЕ ОБЪЯВЛЕНИЯ ВТОРОЙ ЧЕТВЕРТИ XIX ВЕКА КАК ИСТОЧНИК ПО ИСТОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Фарберов П.Я.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра управления персоналом и рекламы

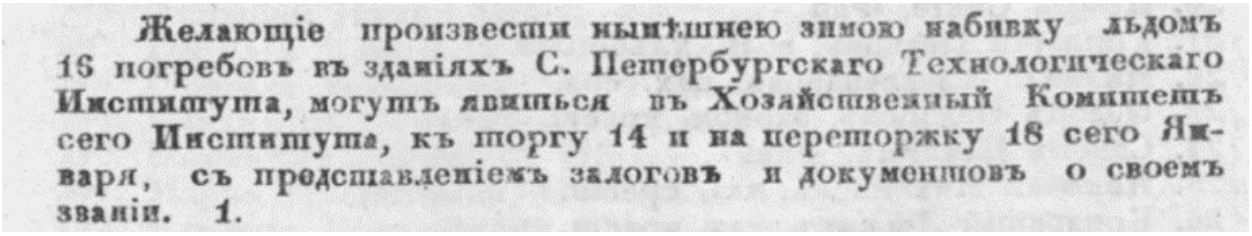
e-mail: pf@gtifem.ru

ADVERTISEMENTS OF THE SECOND QUARTER OF THE XIX CENTURY AS A SOURCE ON THE HISTORY OF THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Farberov P.Ya.

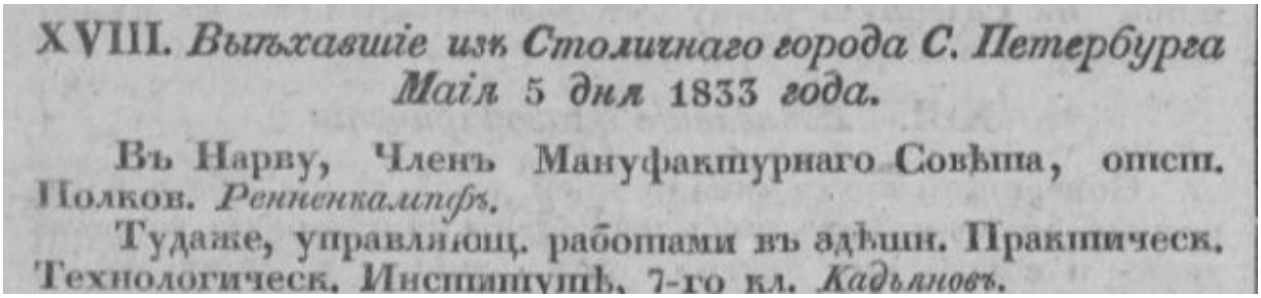
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Рекламные объявления как массовый источник, насколько известно автору, ранее не использовался в исследованиях по истории Технологического Института. В докладе вводятся в научный оборот выявленные газетные рекламные объявления 30-40 годов XIX века, затрагивающие различные аспекты деятельности Института и его сотрудников (рисунок 1-3).



Желающіе произвести нынѣшнею зимою набивку льдомъ 16 погребовъ въ зданіяхъ С. Петербургскаго Технологическаго Института, могутъ явиться въ Хозяйственный Комитетъ сего Института, къ торгу 14 и на переторжку 18 сего Января, съ предоставленіемъ залоговъ и документовъ о своемъ званіи. 1.

Рисунок 1- Пример рекламного официального объявления коммерческого характера [1]

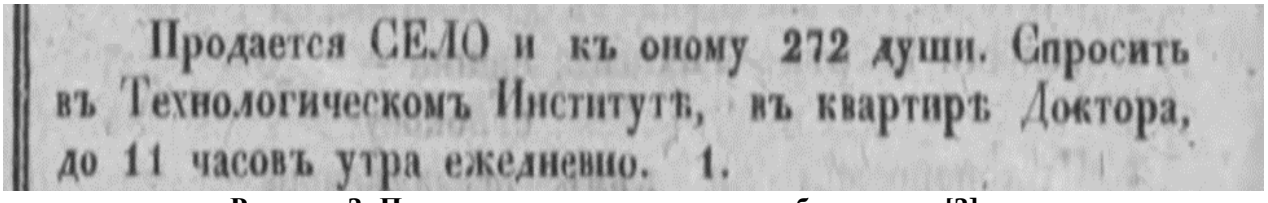


XVIII. *Выѣхавшіе изъ Столичнаго города С. Петербурга Маія 5 дня 1833 года.*

Въ Нарву, Членъ Мануфактурнаго Совѣта, описп. Полков. *Ренненкампфъ.*

Тудаже, управляющ. работами въ адѣшн. Практическ. Технологическ. Институтѣ, 7-го кл. *Кадьяновъ.*

Рисунок 2- Пример рекламного официального объявления информационного характера [2]



Продается СЕЛО и къ оному 272 души. Спросить въ Технологическомъ Институтѣ, въ квартирѣ Доктора, до 11 часовъ утра ежедневно. 1.

Рисунок 3- Пример частного рекламного объявления [3]

Источники:

1. Прибавление №7 к «Санкт-Петербургским ведомостям. Содержащие: казеныя и частныя известия первым, вторым и третьим разом» 11.01.1838. С.68

2. Прибавление №107 к «Санкт-Петербургским ведомостям. Содержащие: казеныя и частныя известия первым, вторым и третьим разом» 10.05.1833. С.972

3. Прибавление №107 к «Санкт-Петербургским ведомостям» 26.09.1841. С.2340

200 ЛЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ ЧЕРЕЗ ЧЕТЫРЕ ГОДА

Чумаков С.И.

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

e-mail: srg_chumakov@mail.ru

200 ANNIVERSARY OF THE TECHNOLOGICAL INSTITUTE IN FOUR YEARS

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, служившей сначала России, а после Великой Октябрьской революции стоявшей у истоков создания Советской промышленности. До распада Советского Союза этапы развития отмерялись пятилетками. Задачи ставились на уровне правительства и Госплана, а ещё был ГКНТ. К сожалению, сейчас нет ни Госплана, ни ГКНТ.

Остается актуальной задача обеспечения технологического суверенитета. Но за 4 года можно многое успеть. Год назад я назвал 21-й век годом мыследеятельностных технологий [1]. Сейчас они применяются в социуме, в частности 7-8 -го ноября несколько лет подряд агентство стратегических инициатив [2] проводит конференции под лозунгом «Национальная технологическая инициатива». Ряд институтов участвует в этих работах, разрабатывая и реализуя свои проекты в данном направлении. В частности, МФТИ (Искусственный интеллект), МГУ (Квантовые технологии и технологии хранения и анализа больших данных), СПбПУ (Новые производственные технологии), ИТМО (Технологии машинного обучения и когнитивные технологии), ДВФУ (Нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности), МИЭТ (Технологии сенсорики), СПбГУ (Технологии распределенных реестров), МИСиС (Технологии квантовой коммуникации) и др. Сотрудники технологического института могут и должны также внести свой вклад в это движение.

Литература:

1. Чумаков С.И. Системомыследеятельностная методология и век технологий. / С.И. Чумаков // НК «Традиции и инновации», посвященная 195-й годовщине образования СПбГТИ(ТУ), 2023, СПб, СПБГТИ(ТУ), С. 363.

2. Агентство стратегических инициатив. Страница в википедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/Агентство_стратегических_инициатив_по_продвижению_новых_проектов#Национальная_технологическая_инициатива

ФАКТОРЫ, СНИЖАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОПРЯЖЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ АТТЕСТАЦИЙ С ПРОЦЕДУРОЙ НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИЙ

Шляго Ю.И., Фищев В.Н., Мякин С.В., Сивакова Ю.С.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), экзаменационный Центр
e-mail: shlyago@technolog.edu.ru

FACTORS THAT REDUCE THE EFFECTIVENESS OF THE INTEGRATION OF THE STATE FINAL CERTIFICATION AND INTERMEDIATE CERTIFICATIONS WITH THE PROCEDURE FOR INDEPENDENT ASSESSMENT OF QUALIFICATIONS

Shlyago Yu.I., Fischev V.N., Myakin S.V., Sivakova Yu.S.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

В соответствии с поручением Президента Российской Федерации по проведению на федеральном уровне внешней оценки качества подготовки обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования (ОП ВО), Минобрнауки РФ и АНО «Национальное агентство развития квалификаций» (НАРК) с 2022 года выполняют Проект по сопряжению государственной итоговой аттестации (ГИА) и промежуточных аттестаций (ПА) с процедурой независимой оценки квалификаций (НОК) посредством приема у студентов профессиональных экзаменов (ПЭ) [1]. СПбГТИ(ТУ) принимает активное участие в разработке и апробации механизмов реализации Проекта [2].

Анализ результатов приема ПЭ у 107 студентов СПбГТИ(ТУ), проведенный на основе тематической анкеты НАРК, выявил ряд факторов, снижающих эффективность сопряжения ГИА (ПА) – НОК. Прежде всего, это отсутствие методических рекомендаций для вузов по организации и проведению данных процедур, а в нормативных актах – указаний на возможность их применения; профильной общероссийской программы повышения квалификации работников вузов; системной работы по приведению ОП ВО в соответствие с положениями профессиональных стандартов (ПС) и требованиями к ПЭ, а также по устранению различий между требованиями к формату проведения ГИА (ПА) и требованиями к структуре и типам оценочных заданий ПЭ, включая повышение их качества; экономической модели сопряжения ГИА (ПА) – НОК и целевого финансирования данных процедур; отдельной дисциплины, изучение которой позволит студентам ознакомиться с НОК и подготовиться к сдаче ПЭ.

Вузам необходимо более эффективно использовать производственные практики, содержание которых должно обеспечивать выполнение трудовых функций, предусмотренных ПС.

Предложения по преодолению вышеуказанных факторов направлены в НАРК, с целью заблаговременно обеспечить максимально эффективное внедрение результатов Проекта ГИА (ПА) - НОК в образовательную деятельность вузов после его завершения.

Литература:

1. Новый проект федерального уровня. Новости сайта СПбГТИ(ТУ), 02.12.2021.
2. Панфилов, Д.А., Шляго, Ю.И. Формирование организационно-методических подходов к внедрению оптимальной модели сопряжения аттестационных процедур вузов с инструментами независимой оценки квалификаций на примере образовательной программы СПбГТИ(ТУ) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, направленность «Технология и переработка полимеров». Сб. трудов XLVIII нац. научн.-метод. конф. СПбГТИ(ТУ), 16.05.2023. СПб: изд. СПбГТИ(ТУ), 2023. – с. 35-45.

ОБЩЕСТВО ТЕХНОЛОГОВ

Щербинина О.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), историко-информационный центр
e-mail: museum@technolog.edu.ru

SOCIETY OF TECHNOLOGISTS

Shcherbinina O.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

С 1860-х годов выпускники-технологи выражали желание об основании общества «для взаимной товарищеской поддержки…и для материальной помощи нуждающимся технологам» [1]. В 1878 г. в честь 50-летия института был проведен съезд технологов, и вновь поднять вопрос о создании общества. За дело взялся технолог И.И. Беггров - выпускник института 1849 г., основатель первого в России завода типографской краски (1861). Ближайшими помощниками его стали С.П. Глезмер - выпускник 1875 г. и Ф.И. Трухманов - выпускник 1869 г., казначей Общества.

В 1880-е годы технологам рассылали приглашения участвовать в обществе, потом был разработан проект устава, который обсуждали на нескольких собраниях. 12 апреля 1884 г. устав был утвержден, а 17 мая состоялось первое учредительное собрание. Первоначальное название было «Общество взаимного вспоможения технологов». Председателем правления общества и первым его почетным членом избрали И.И. Беггрова. В первый же год в Общество приняли 171 технолога.

По уставу действительными членами Общества могли быть все лица, окончившие курс в С.-Петербургском практическом технологическом институте. Также предусматривалось наличие почетных членов, которыми могли быть «технологи, внесшие единовременно в кассу Общества 1000 р., а также технологи и посторонние лица, оказавшие особенно значительные услуги Обществу» [2].

Главные задачи, которые решало Общество: «а) разрешение и разработка технических вопросов, с помощью, существующей при Обществе технической библиотеки и т.п.; б) выдача единовременных пособий; в) выдача постоянных пособий; г) доставление членам и их семействам медицинской помощи, помещении малолетних детей членов в учебный заведения, д) приискании Технологам мест и практических занятий как на русских, так и на иностранных заводах» [2].

В мае 1890 г. Правительством был утвержден измененный Устав Общества и Собрание инженер-технологов. К своему 10-летию (1894) Общество технологов смогло организовать издание своего технического журнал «Вестник общества технологов». Численность общества достигла 740 технологов.

Также Общество устраивало беседы и публичные лекции виднейших ученых на различные темы и стало центром не только товарищеского, но и научно-технического объединения. Все годы Общество всегда плотно взаимодействовало с Технологическим институтом и постепенно стало его неотъемлемой частью, постоянно проводя в жизнь одну из главных своих целей – «поднять и укрепить, как в русской промышленности, так и во всем обществе доверие и уважение к званию технолога» [1]. С другой стороны, было отмечено, что Общество «придает нравственную силу и высокое значение технологам, ставя для каждого из них высокий идеал труда и чести» [3].

Литература:

1. Краткий исторический очерк деятельности Общества технологов. – 1884-1894. – СПб, 1894. – 35 с.: с.1-2; с.35.

2. Устав Общества технологов. - с.17-18; с.20.

3. ЦГИАСПБ. Ф.492.Оп.2.Д. 7942. О кратком отчете по Институту за 1903 год и о полугодичных отчетах за 1903-1904 учебный год.- с.102.

СЕКЦИЯ 19.

КОНКУРС ГРАНТОВ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО ПРОГРАММЕ «УМНИК» ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В СФЕРЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



МОДУЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ 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

MODULES FOR PRE-PROCESSING AND EDITING OF THE INTELLIGENT SYSTEM FOR DETERMINING THE PRESENCE OF ADULTERATION IN MEAT PRODUCTS BASED ON AUTOMATED IMAGE PROCESSING OF ITS SLICES

Ermakov D.I.*, *Bolshakov A.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для повышения результативности работы интеллектуальной системы была разработана библиотека алгоритмов поиска фальсификата. Для случаев, когда технолог затрудняется с выбором алгоритма, был разработан вспомогательный модуль, который предлагает наиболее подходящий алгоритм из семи, хранящихся в базе знаний системы [1].

Модуль предварительной обработки оценивает загруженное технологом изображение. Модуль проводит анализа уровня яркости, наличия шума, размытия, бликов, искажений изображения. На основе результатов анализа система предлагает технологу наиболее подходящий алгоритм поиска.

Также у технолога есть возможность отредактировать загруженное изображение в соответствующем модуле: изменить масштаб, угол поворота, уровень яркости и контрастности; устранить шум, размытие, блики, дисторсию. Этот функционал улучшит качество исходного изображения, что в свою очередь увеличит точность работы системы.

Интерфейс модуля редактирования изображений представлен на рисунке.

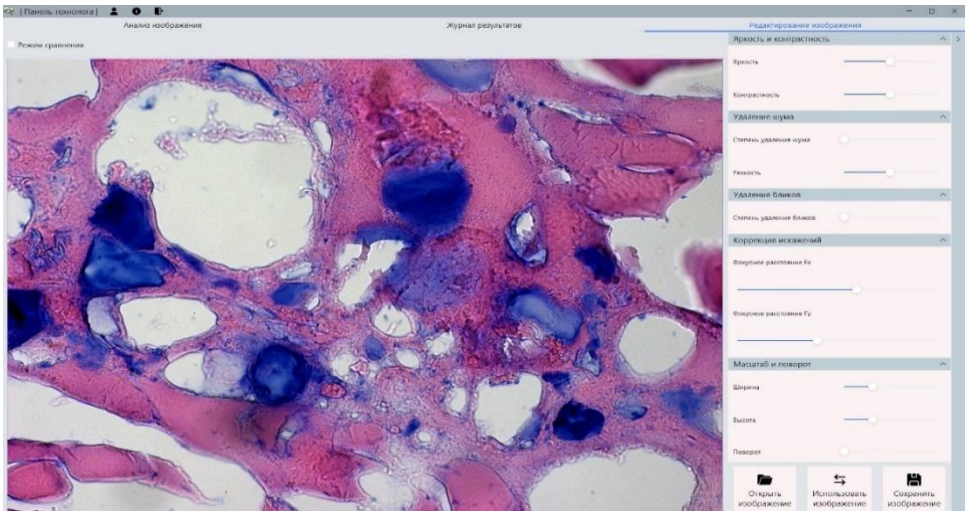


Рисунок – Интерфейс модуля редактирования изображений

Работа поддержана Фондом содействия инновациям по программе УМНИК, договор № 19396ГУ/2024 от 28 мая 2024 г.

Литература:

1. Ермаков, Д.И. Интеллектуальная система выбора алгоритма обработки изображений срезов мясной продукции для обнаружения фальсификата / Д.И. Ермаков, А.А. Большаков // Материалы XIV научной конференции «Традиции и Инновации». – 20-23 ноября 2023 год. – С. 369.

ТРИ СПОСОБА ПОДАЧИ ЖИДКОСТИ В ДВУХСТУПЕНЧАТЫЙ МИКРОРЕАКТОР С ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ: ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ

Макушева И.В.*, *Абиев Р.Ш.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

e-mail: makusheva2012@yandex.ru

THREE METHODS OF LIQUIDS FEEDING INTO A TWO-STAGE MICROREACTOR WITH SWIRLING FLOWS: NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDIES OF HYDRODYNAMICS

Makusheva I.V.*, *Abiev R.Sh.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В последнее время применение микроструктурированных реакторов в химической промышленности приобретает всё более значительные масштабы. Использование микрореакторов 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 были проведены экспериментальные исследования, а также выполнено несколько серий численных расчетов с использованием программы COMSOL Multiphysics v. 5.6 (модуль Turbulent Flow, SST). Расчёты проводились для трёх способов подачи, представленных на рисунке 1.

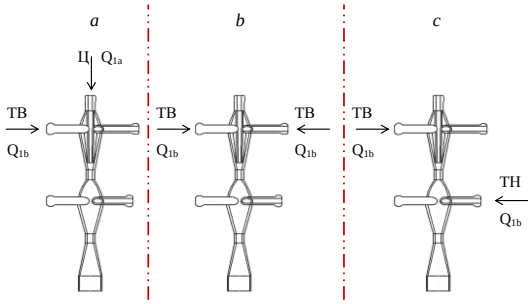


Рисунок 1 – Способы подачи жидкости в микро-ВСА-2

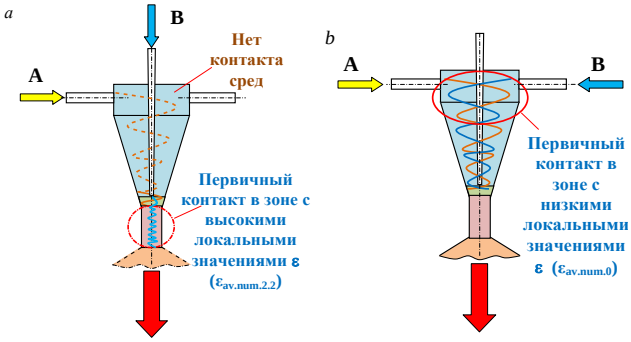


Рисунок 2 – Влияние удельной скорости диссипации энергии в зоне первичного контакта растворов на качество микросмешения

Результаты численного моделирования демонстрируют преобладающую диссипацию энергии в зоне горловины (65-75 %), что демонстрирует концентрацию энергии именно в данной зоне. Важно отметить, что при способе ТВ+Ц первичный контакт происходит в зоне с высокими локальными значениями удельной скорости диссипации энергии (рисунок 2). Удельная скорость диссипации энергии в горловине достигает 48,9 кВт/кг (способ ТВ+Ц), 23,9 кВт/кг (способ ТВ+ТВ) и 4,5 кВт для способа 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.

СВЧ-ОБРАБОТКА РАДИОЛЮМИНОФОРОВ ZnS:Cu,Br И ЕЁ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СВОЙСТВА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ

Швиндин М.А.*, *Зеленина Е.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра теоретических основ материаловедения,
e-mail: shvindin2012@yandex.ru

MICROWAVE TREATMENT OF ZnS:Cu,Br RADIOLUMINOPHORES AND ITS IMPACT ON PROPERTIES AND PHASE COMPOSITION

Shvindin M.A.*, *Zelenina E.V.

Saint Petersburg State Institute of Technology

Твердотельные радиолюминесцентные источники света на основе трития благодаря своей безопасности, компактности и энергоэффективности могут заменить применяющиеся в настоящий момент газонаполненные трубки. Одним из способов улучшения их яркостно-спектральных характеристик является использование энергетического воздействия электромагнитным полем СВЧ диапазона на кристаллическую структуру люминофора [1].

В ходе работы были приготовлены 2 шихты люминофора на основе ZnS:Cu,Br с концентрациями меди в шихте 0,005 % и 0,01 %. Стандартная стадия высокотемпературного синтеза в муфельной печи (нагрев t = 1,5 часа при T = 950 °C), необходимая для внедрения активатора и соактиватора в решётку ZnS, была заменена на СВЧ обработку в микроволновой установке с частотой магнетрона 2,4 ГГц. Время обработки шихты составило 5 минут при температуре 650 °C. Для всех образцов были измерены яркости и спектры радиолюминесценции на твердотельном тритиевом источнике в виде TiT с активностью 0,4 Ки. Также был проведён РФА анализ с обработкой дифрактограмм методом Ритвельда в программе ReX 0.9.2.

Согласно полученным данным наибольшую яркость радиолюминесценции имеет образец с концентрацией меди в шихте 0,005 %. Прирост составил до 56 % по сравнению с образцом с содержанием меди 0,01 %. Согласно данным разложения спектров радиолюминесценции на гауссовы полосы у образца с концентрацией меди в шихте 0,005 % значительно снижается доля «зелёной» полосы на 524 нм и увеличивается относительный вклад «синих» полос на 450 и 500 нм в спектр излучения, а также абсолютная интенсивность на длине волны 450 нм по сравнению с образцом, синтезированным стандартным способом в муфельной печи. Также после СВЧ обработки для всех образцов доля метастабильной фазы вюрцита возрастает до 80 %. В тоже время образец, синтезированный стандартным способом в муфельной печи, на 98 % состоит из сфалерита.

Т.о. СВЧ обработка шихты приводит к образованию в значительном количестве вюрцита ниже температуры фазового перехода (1020 °C), что вполне может коррелировать с изменениями в яркостно-спектральных свойствах люминофоров, а также во много раз снижает время и температуру синтеза по сравнению со стандартной методикой приготовления в муфельной печи.

Литература:

1. Швиндин М.А., Бахметьев В.В., Зеленина Е.В. Влияние СВЧ обработки на яркостно-спектральные свойства и фазовый состав цинксульфидных радиолюминофоров // Наука настоящего и будущего: материалы XII науч. – практ. конф. с международным участием для студентов, аспирантов и молодых ученых, 16 – 18 мая 2024 г. Санкт-Петербург, 2024. Т. 1. С. 251-254.

СЕКЦИЯ 20.

СТАРТ В НАУКУ. РАЗВИТИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУХА МОСКОВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Артеева М.В.

Государственное бюджетное образовательное учреждение гимназия № 526

e-mail: milada1983art@mail.ru

DYNAMICS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE AIR IN THE MOSKOVSKY DISTRICT OF ST. PETERSBURG

Arteeva M.V.

State budgetary educational institution gymnasium № 526

1. Основными загрязнителями воздуха Московского района являются: диоксид азота (IV)-NO_2; оксид азота (II)-NO; оксид углерода (II)-CO; диоксид серы (IV)-SO_2 [1, 2].

2. Данные мониторинга подтверждают, что ПДК загрязняющих веществ в воздухе Московского района превышен по **среднегодовым** показателям.

3. Максимальное превышение ПДК в воздухе-NO_2 наблюдалось в 2021-2022 гг. Ситуация в 2023 году изменилась к лучшему, превышение ПДК уменьшилось в 3 раза, однако, все равно превышает установленное среднегодовое значение.

4. Максимальное превышение ПДК в воздухе-NO стабильно высокое в 2021-2022 гг. За 2023 год данные не приводятся в известных источниках.

5. Содержание CO в воздухе Московского района по ПДК постоянно превышено, но в 3 раза меньше, чем NO.

6. Содержание SO_2 в воздухе Московского района по ПДК также превышено и соизмеримо с CO. Наблюдается незначительное снижение содержания SO_2 в 2023 году. Максимальное значение превышение ПДК также пришлось на 2021-2022 год.

7. Сравнение средних квартальных показателей демонстрирует, что превышение содержания CO и SO_2 не зависит от времени года; содержание NO_2 увеличивается в зимний и весенний периоды и превышают значение CO и SO_2.

8. Сравнение показателей превышения ПДК загрязнителей воздуха с соседними районами установило, что Московский район превосходит по все близлежащие районы города по диоксиду азота [1, 2].

Таким образом, на 2023 год экологическая обстановка воздушного бассейна в Московском районе изменилась в лучшую сторону, но все равно остается неблагоприятной.

Литература:

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2021 году / Правительство Санкт-Петербурга. – Санкт-Петербург, 2022. – 196 с.

2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ОХРАНОЙ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА

Донцов С.А., Новикова Е.А., Гражданкина Ю.Ю.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), центр СПО
e-mail: dontsovgroup@mail.ru, yana2607@mail.ru

POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT

Dontsov S.A., Novikova E.A., Grazhdankina Yu.Yu.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Взрывной рост возможностей искусственного интеллекта (ИТ) в различных отраслях промышленности и жизни современного человека нашел и самое активное применение в управлении безопасностью труда (БТ).

Искусственный интеллект (Artificial intelligence) – термин, используемый для описания компьютерной системы, которая может учиться и работать, самостоятельно принимая решения на основе имеющихся баз данных.

Технологии ИТ позволяют упростить работу специалиста по безопасности труда как в режиме реального времени, так и в будущем за счет минимизации потенциально возможных небезопасных ситуаций, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Использование ИТ в on line режиме позволяет сократить трудозатраты профильных специалистов, значительно снизить количество ошибок, автоматизировать процессы наблюдения за рабочим местом работника, и «фотографирования» рабочего дня, более быстро и качественно проводить аудиты безопасности, производственный контроль условий труда и оценку профессиональных рисков и др.

Центральным элементом ИТ являются огромные массивы разнообразной информации (обучение по БТ, медицинские осмотры, результаты исследований условий труда и многое другое), а также совокупность способов и инструментов для их обработки и анализа – это так называемые «Big Data».

Большие данные включают в себя как упорядоченные сведения, так и не имеющие определенной структуры, бессистемные. Их размер настолько велик, что ни человек, ни обычный компьютер не способны их обработать, это требует огромных вычислительных мощностей и специального программного обеспечения, которые доступны только в дата-центрах.

Облачные вычисления позволяют хранить, обрабатывать информацию на удаленных серверах, «Big Data» позволяют решить 3 важнейшие задачи:

1.Создавать модели (систематизировать данные, находить причинно-следственные связи и др.).

2. Оптимизировать рабочие и технологические процессы (автоматизировать рутинные или трудозатратные этапы, повышать точность расчетов и др.).

3. Выполнять прогнозы (определение численности пострадавших при несчастных случаях, профессиональных заболеваниях и др.).

Основные задачи развития ИТ в различных отраслях промышленности и сферах жизни граждан определены в Национальной стратегии развития ИИ в РФ на период до 2030 года [1].

Литература:

1. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».

СФЕРОСОТОВЫЕ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Сычев М.М.

Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Средняя Образовательная Школа №10 с Углублённым изучением химии

e-mail: deliverymail538@gmail.com

SPHEROCELLULAR ENERGY-ABSORBING STRUCTURES

Sychev M.M.

State budget educational institution Secondary Educational School No. 10 with Advanced Study of Chemistry

В работе [1] предложен новый вид энергопоглощающих сотовых конструкций – сферосотовые структуры, представляющие собой соты, заполненные полыми сферами. Добавление сфер в конструкцию повышает устойчивость, сопротивление механической нагрузке и способность поглощать ударную энергию. На рисунке представлен пример такой конструкции. Она изготовлена методом FDM печати из PLA пластика, в качестве сфер использованы полые полимерные шары.

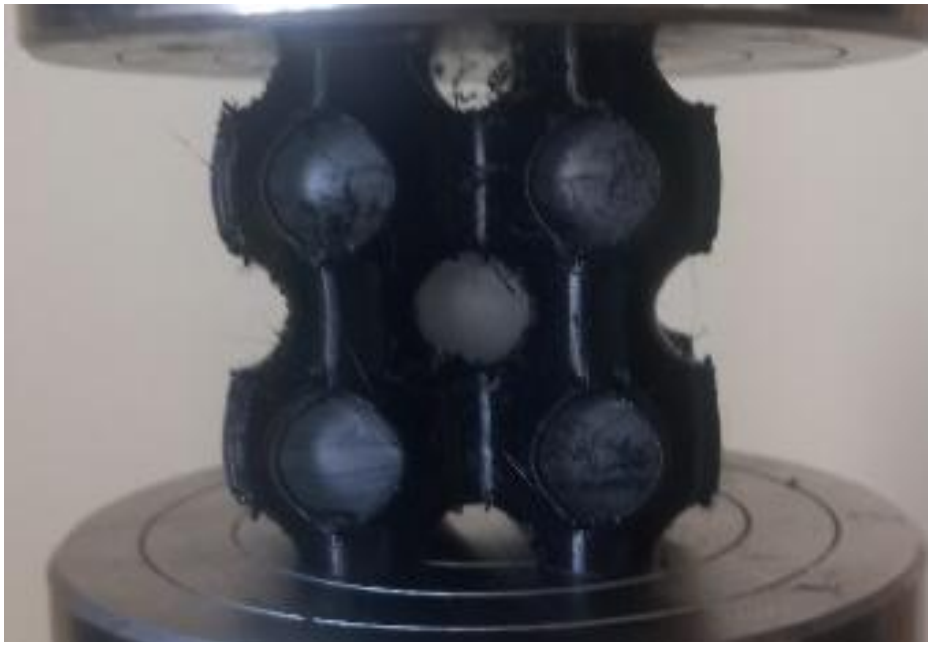


Рисунок – Сферосотовая конструкция с геометрией «Примитив Шварца»

Для данной структуры введение сфер повышает прочность с 0.56 до 9.6 МПа, при этом плотность возрастает с 0.08 до 0.16 г/см^3. Таким образом удельная прочность возрастает с 9.3 до 60 МПа/г/см^3. Разработанные конструкции сочетают низкую массу и высокие удельные характеристики.

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

Литература:

1. Сычев М.М., Долгин А.С., Балабанов С.В., Сысоев Е.И. Сферосотовые структуры – новый вид ячеистых материалов. Тезисы докл. наун. конф. Неделя науки, СПб., СПбГТИ(ТУ), 2024.

СЕКЦИЯ 21.

IV ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ»



АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ХЛАДОНОВ

Егорова А.В.[1], Бездудная О.Е.[2], Докторов Д.В.[3]

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

ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR TECHNOLOGICAL DESIGN OF CHLADONE SYNTHESIS PROCESSES

Egorova A.V.[1], Bezdudnaya O.E.[2], Doctorov D.V.[3]

[1,2]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

[3]JSC RRC Applied Chemistry (GIPH)

В связи с ужесточением экологических требований интенсификация процессов производства озонобезопасных хладонов, применяемых в холодильных агрегатах, системах пожаротушения, системах кондиционирования воздуха приводит к необходимости разработки новых гибких технологических схем (ТС) синтеза, обеспечивающих возможность получения широкой группы хладонов с использованием различных видов сырья при соответствующей корректировке режимов работы отдельных узлов технологического процесса. Производство хладонов отличается возможностью получения на одной ТС продукции различных марок (до 5), что ставит необходимость решения задачи оперативной перенастройки производства и выбора оборудования (более 20 единиц в одном процессе) [1]. Для повышения эффективности технологического проектирования процессов синтеза озонобезопасных хладонов, актуальной становится разработка интеллектуальной системы (ИС), позволяющей осуществлять выбор и проверочный расчет основного оборудования для химического процесса синтеза хладонов в соответствии с требованиями технического задания (ТЗ).

ИС включает настраиваемое информационное обеспечение (ИО) (базу данных характеристик хладонов, разработанную на основании интеллект-карт, дополняемую базу продукционных правил проектирования ТС); математическое обеспечение (МО), необходимое для реализации вычислительных алгоритмов (модуль выполнения поверочного расчета реакторов различного типа; модуль выбора метода решения (Рунге-Кутта, Гира), обеспечивающего устойчивость и точность решения в зависимости от жесткости системы дифференциальных уравнений); модуль задания механизма химических реакций в формате конструктора; модуль формирования ТС производства; модуль анализа изменения концентраций целевых и побочных продуктов; модуль формирования результатов проектирования в виде ТС, соответствующей требованиям ТЗ по производительности, энергопотреблению, конверсии сырья и селективности по целевому компоненту; а также интерфейсы проектировщика и инженера по знаниям.

Тестирование ИС на базе Лаборатории мирового уровня СПбГТИ(ТУ) по данным, предоставленным АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)», на примере процесса синтеза тетрафторэтана, подтвердило её работоспособность и возможность использования на предприятиях, выпускающих озонобезопасные хладоны.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 21-79-30029.

Литература:

1. Чистякова Т.Б., Бездудная О.Е., Докторов Д.В., Новожилова И.В. Программный комплекс для технологического проектирования процессов синтеза хладонов // Математические методы в технологиях и технике. 2024. № 1. С. 7-12. DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2024_1_7.

СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА НА КЕРАМИЧЕСКОМ НОСИТЕЛЕ К ВТОРИЧНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Беляков Н.А., Вишневская Т.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: nik.belyakov.175@mail.ru

METHODS OF PREPARING SPENT CATALYST ON A CERAMIC CARRIER FOR SECONDARY USE

Belyakov N.A., Vishnevskaya TA.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Каждый год предприятия химической промышленности образуют десятки тонн отходов, среди которых присутствуют отработанные катализаторы на керамических носителях. Такие отходы содержат ценные компоненты - оксиды переходных и редкоземельных металлов, чье выделение – дорогостоящий процесс. Так становится актуальной проблема подготовки отходов для вторичного использования.

В качестве отработанного катализатора был выбран кордиеритовый блок сотовой структуры размером 20x20x80 мм с нанесенными на него $V_2O_5/WO_3/TiO_2$. Было оценено газодинамическое сопротивление (ГДС) блока и гранул различных фракций (1-2 мм, 3-4 мм, более 4 мм), при объёмной скорости газовоздушного потока до $(8{,}0 \pm 0{,}1)\frac{дм^3}{мин}$.

Было установлено, что ГДС блока близко к сопротивлению гранул размером более 4 мм. Ключевое значение во вторичном использовании отходов имеет возможность нанесения суспензий с целью придания определенных свойств катализатору. Для этого на поверхность блока методом окунания в вакуумной среде был нанесен ghtlitcndtyybr вторичный носитель – нитрат алюминия, а после снятия излишков раствора и прокаливания блок с использованием тех же методов покрыли суспензией, содержащей CuO, CeO_2 и Co_3O_4. На данном этапе было обнаружено, что нанесенный слой недостаточно надежно закрепляется на поверхности, что ведёт к его разрушению.

В дальнейшем планируется вести исследования в нескольких направлениях: поиск способа надежно закрепить суспензию на поверхности блока путем изменения концентрации нитрата алюминия в растворе и количеств его нанесений, приготовление катализатора из осколков блоков для создания турбулентных потоков в его слое и применение мелких осколков и пыли для формования гранул, пропитанных суспензией.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

УДАЛЕНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ КАК СПОСОБ ПОДГОТОВКИ АСФАЛЬТА ПРОПАНОВОЙ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ К ЗАМЕДЛЕННОМУ КОКСОВАНИЮ

Бессонов В.В.*, *Левицкий И.В.*, *Дронов С.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств

e-mail: vladbessonov99@gmail.com

ASPHALTENE REMOVAL AS A METHOD OF PREPARING PROPANE DE-ASPHALTING ASPHALT FOR DELAYED COKING

Bessonov V.V.*, *Levitskiy I.V.*, *Dronov S.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проблема глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков, таких как асфальт пропановой деасфальтизации (далее – АПД), является актуальной задачей отечественной нефтепереработки. Одним из эффективных методов переработки АПД является замедленное коксование, которое позволяет получать нефтяной кокс, необходимый при изготовлении анодов для производства алюминия. Однако, вовлечение асфальта в процесс замедленного коксования (далее – ЗК) затруднен ввиду того, что АПД содержит значительное количество серы, а также имеет высокую зольность. Известно, что большее количество металлов и соединений серы концентрируются в асфальтенах [1]. Таким образом, удаление асфальтенов из АПД позволит в большей степени вовлечь его в процесс ЗК, обеспечив его более полную переработку. Целью данной работы является определение возможности применения процесса удаления асфальтенов в качестве подготовки АПД к замедленному коксованию.

В качестве исходного сырья использовался АПД, в качестве экстрагента процесса деасфальтизации (далее – ДА) использовался гептан в соотношении АПД-экстрагент 1:5. Условия ДА: температура – 90 °С, время – 2 часа, барботажное перемешивание инертным газом (азот). Выход ДА АПД составил 85 % масс. Полученный деасфальтизат был подвергнут коксованию при следующих условиях: температура - 480±2°, давление - 0,2 МПа и время выдержки - 5 часов. Выбранное давление позволяет получать выходы кокса, соответствующие промышленной УЗК.

Полученные результаты (см. таблицу) указывают на увеличение качества кокса, получаемого из деасфальтизируемого сырья, а также на применимость подобного способа подготовки АПД для большей степени вовлечения в процесс ЗК.

Таблица – Результаты экспериментов

Сырье коксования	АПД	ДА АПД
Выход кокса, %	41,5	34,5
Балл микроструктуры	3,2	3,8
Содержание летучих веществ, %	8,5	10,1
Зольность, %	0,42	0,05
Содержание серы, %	2,81	1,81

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21- 79-30029) и при стипендиальной поддержке Почетного профессора Санкт-Петербургского государственного технологического института А. Н. Чистякова.

Литература:

1. Хайрудинов И.Р., Тихонов А.А., Мустафина С.А., Теляшев Э.Г. Пути увеличения производства малосернистого кокса из остатков западносибирских нефтей на примере ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ» // Башкирский химический журнал. – 2009. – Т. 16. – № 4. – С. 139–144.

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ МИКРОСТРУКТУРЫ НЕФТЯНОГО КОКСА

***Галанов М.Э.*[1], *Новожилова И.В.*[2], *Запорожченко А.С.*[3], *Абрамян Л.К.*[4]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]Лаборатория мирового уровня, [3]кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств,

[4]Университет ИТМО, факультет цифровых трансформаций

e-mail: mgalanov404@mso365.technolog.edu.ru

ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR SCORING THE MICROSTRUCTURE OF PETROLEUM COKE

***Galanov M.E.*[1], *Novozhilova I.V.*[2], *Zaporozhchenko A.S.*[3], *Abramian L.K.*[4]**

[1,2,3]Saint-Petersburg State Institute of Technology,

[4]ITMO University

Микроструктура нефтяного кокса является важным качественным показателем, определяющим его физико-химические свойства, в том числе электропроводимость, коэффициент термического расширения. Данные характеристики показывают термостойкость кокса при высоких температурах, что делает анализ структуры кокса ключевым этапом при оценке потенциала его использования в электродной, электротехнической индустрии и других отраслях промышленности. Микроструктура кокса определяется по ГОСТ 26132-84, согласно которому её определение происходит визуальным методом оценки с помощью оптической микроскопии и балльной системы, где каждому образцу присваивается оценка от 1 до 10 баллов путем сравнения испытуемого образца с контрольной шкалой микроструктур указанного стандарта. Этот подход позволяет классифицировать микроструктуру в зависимости от толщины и ориентации волокнистых элементов. Однако, данный метод отличается субъективностью оценки, трудоемкостью и высокими временными затратами [1]. Таким образом, разработка интеллектуальной системы (ИС), позволяющей на основе свёрточной нейросетевой модели анализировать изображения полированных образцов кокса с использованием контрольной шкалы и определением размера волокна структурных составляющих для балльной оценки, является актуальной задачей.

Функциональная структура ИС включает базу данных (БД) фотоизображений образцов нефтяного кокса, контрольной шкалы оценки, диапазонов числовых значений размеров структурных составляющих кокса, БД учетных записей пользователей, базу правил градации структурных составляющих, модуль загрузки фотоизображений образцов кокса, модуль визуализации результатов балльной оценки микроструктуры, интерфейс технолога и интерфейс разработчика нейронных сетей. Ядром ИС является модуль машинного обучения на базе свёрточной нейронной сети, выполняющий оценку балльности микроструктуры кокса, а также оценку адекватности исследования.

Отличительной особенностью ИС является возможность автоматизированной загрузки и обработки фотоизображений, позволяющей дообучать нейросетевую модель за счет использования новых данных для повышения точности предсказания балльной оценки микроструктуры кокса. Тестирование ИС, проведенное на базе Лаборатории мирового уровня СПбГТИ(ТУ) по данным кафедры технологии нефтехимических и углехимических производств, подтвердило её работоспособность.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 21-79-30029 и при стипендиальной поддержке Почетного профессора СПбГТИ(ТУ) А.Н. Чистякова.

Литература:

1. Chistyakova etc. Predicting Coke Characteristics from the Properties of the Raw Materials and the Coking Conditions // Coke and Chemistry, 2024, Vol. 67 (6), pp. 325-330.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИЙ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разыграев А.С.[1], Гончарова Т.С.[2]

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]Лаборатория мирового уровня

e-mail: tatyana.sergeevnaa@mail.ru

THE ALGORITHM FOR THE FORMATION OF COMPOSITIONS OF SECONDARY POLYMER MATERIALS

Razygraev A.S., Goncharova T.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Загрязнение окружающей среды отходами полимерной промышленности – одна из серьёзных экологических проблем, наиболее экологичным способ решения которой – вторичная переработка полимерных материалов с целью производства новой продукции.

Для производства продукции с требуемыми показателями эксплуатационных свойств возможно варьирование соотношения исходных компонентов полимерного композиционного материала (ПКМ).

В связи с существованием более 300 видов полимерных материалов решение задачи подбора необходимых компонентов – трудозатратный процесс, следовательно, актуальная задача разработки алгоритма, автоматизирующего решение задачи. Разработанный алгоритм поможет исследователю спрогнозировать свойства композита и подобрать способ переработки.

Для получения ПКМ с заданными характеристиками исследователь задает базовые полимерные материалы, совместимость которых устанавливается на основании запроса к базе знаний (БЗ) о совместимости полимерных материалов, реализующего поиск кратчайшего пути между узлами графа (полимерными материалами) и по степени отклонения температур плавления и деструкции введенных полимеров.

Исследователь вводит допустимый процент отклонения каждого температурного показателя для дальнейшего его сравнения с реальным отклонением температур, которое рассчитывается по температурным показателям, хранящимся в базе данных (БД) свойств полимерных материалов.

В случае несовместимости полимерных материалов система предлагает связующий компонент – полимер или низкомолекулярное соединение, структура и свойства которого позволят переработать ПКМ без проявления деструктивных свойств других компонентов композиции.

После формирования ПКМ происходит расчет основных свойств (плотность, прочность, упругость). Расчет производится на основании закона аддитивности по характеристикам базовых полимеров, хранящимся в БД свойств полимерных материалов. При необходимости, исследователь может варьировать соотношение компонентов композиционного материала для достижения требуемых свойств ПКМ.

После расчета свойств исследователь вводит показатель текучести расплава, на основании которого подбираются параметры и способ вторичной переработки.

Предложенный алгоритм отличается от существующих возможностью формировать ПКМ без проведения экспериментов, настраиваемостью на различные виды полимерных материалов и возможностью подбора способа вторичной переработки.

Работоспособность алгоритма доказана в ходе тестирования на совместимых и не совместимых полимерных материалов, например, полипропилена (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ), акрилонитрил-бутадиен (АБС) и полипропилен (ПП), путем добавления полиамида (ПА), а также в ходе расчета свойств сформированных ПКМ.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Гущина М.А.*, *Ларош П.В.*, *Потапова К.К.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

THE EFFECT OF FABRICATION TECHNOLOGY ON THE CHARACTERISTICS OF CARBON MONOXIDE OXIDATION OF CATALYSTS

Gushchina M.A.*, *Larosh P.V.*, *Potapova K.K.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Исследования катализаторов для окисления монооксида углерода не теряют своей актуальности на протяжении многих лет. Это обусловлено необходимостью решения проблем утилизации этого соединения как одного из продуктов в промышленности и в действии двигателей внутреннего сгорания. Помимо решения экологических проблем, также изучается кинетика процесса и технология приготовления катализаторов.

В данной работе были исследованы катализаторы, приготовленные по двум технологиям: нанесение активного компонента посредством пропитки и методом механического смешения. В качестве активных веществ были использованы оксид меди из кристаллогидрата $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ и диоксид церия из кристаллогидрата $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ в различных массовых соотношениях. Диоксид церия, как вещество, оказывающее каталитическое воздействие, способен заменить довольно дорогостоящие благородные металлы: платину, палладий и другие.

Первый метод приготовления – пропитка носителя раствором. Суть данной технологии заключается в погружении пористого носителя в раствор, содержащий соли активных компонентов. В работе в качестве носителя был использован гамма-оксид алюминия γ-Al_2O_3, прокаленный при различных температурах: 600 °С, 750 °С и 900 °С. С увеличением температуры обработки закономерно уменьшались удельная поверхность и суммарный объем пор. Пропитка осуществлялась однократно, затем проводилась термообработка катализатора.

Такая технология позволяет более эффективно использовать активный компонент, поскольку он наносится на поверхность пор носителя.

Второй метод – сухое смешение. Исходные вещества измельчают в шаровой мельнице для повышения однородности катализаторной массы, которая имеет следующий состав, масс. %: CeO_2-7, CuO-7 и оставшееся количество распределено между разными марками сырья в различном соотношении для нескольких партий катализатора – ПГА-Р, ПГА-У (порошки переосаждённого гидроксида алюминия $AlOOH \cdot nH_2O$) и А-64 (измельченные отходы активного оксида алюминия γ-Al_2O_3). Смешение сухих компонентов производят с одновременный увлажнением образовавшейся смеси, что необходимо для получения прочных гранул при последующей формовке с помощью экструзии. Заключительным этапом в процессе приготовления также является термообработка – сушка и прокаливание сформированного катализатора.

Полученные данным методом катализаторы обладают высоким показателем прочности – около 20 МПа, при этом значение удельной площади поверхности также превосходит результаты исследования катализаторов, изготовленных методом нанесения. Значения варьируются от 166 $м^2/г$ до 190 $м^2/г$ в зависимости от исходного состава: марки сырья, содержащего оксид алюминия, и его соотношения с активными компонентами.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Долганина И.Р.*, *Виноградова А.А.*, *Александрова Ю.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа
e-mail: dolganina.ira1008@gmail.com

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING RED MUD FOR EXTRACTING VALUABLE METALS

Dolganina I.R.*, *Vinogradova A.A.*, *Aleksandrova J.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Современное состояние алюминиевой промышленности России характеризуется дефицитом (60 %) получаемого глинозема (Al_2O_3) при этом ограничение запасов высококачественных бокситов **ВКБ** приводит к необходимости переработки низкокачественных бокситов **НКБ** с высоким содержанием SiO_2 = 5 – 8 и Fe_2O_3 > 25 масс. %. Переработка бокситов и по способу Байера и спекания, ведет к росту техногенных отходов – красных шламов **КШ**, образующихся в результате очистки боксита путем выщелачивания NaOH [1]. **КШ,** как правило, содержит (масс. %): до 14 – 45 Fe, 5–14 Al, 1–9 Si, 1–6 Na и 2–12 Ti, остальное – РЗЭ, количество которых доходит до 500–1700 г/т. В зависимости от типа руды и технологии на 1 т Al_2O_3 по способу Байера приходится до 1,2 т **КШ**, по способу спекания – до 1,5 т. Накопление **КШ** связано с отчуждением больших земельных площадей, специальной защитой т.к. имеет высокую дисперсность (5-10 мкм) и щелочность (pH = 10–12), а также категорируется - 3,4 классом опасности, однако присутствие P_2O_5, CaO, Na_2O, SO_3 может повысить класс опасности до 2. Помимо большого количества Fe, Al **КШ** содержит значительное количество РЗЭ, находящих широкое применение при производстве многокомпонентных катализаторов. Извлечение ряда соединений путем выщелачивания и дальнейшей обработкой позволит утилизировать токсичный отход и снизить негативное воздействие на окружающую среду [1]. По данным различных источников, при следующих условиях выщелачивания возможно:

- 0,6М HNO_3, Т = 25 °С извлечение Sc и РЗЭ – 70 %, а Fe - 2 масс.% [2]
- 1М H_2SO_4, Т = 50 °С, 2 ч., Т:Ж=1:10 и экстракцией извлечение Sc – 99 масс.% [3]
- 3М H_2SO_4, Т = 25 °С, 1 ч., Т:Ж=1:10 - максимальное извлечение La - 99,9 % [4]
- 3М H_2SO_4, Т = 75 °С, достигнуто извлечение Ce – масс. 99,99 % [4]

Извлечение основных компонентов Al, Ca и Fe путем выщелачивания H_2SO_4, при Т:Ж = 1:30, кипячении в течение 1 ч. позволяет извлекать в ряду повышения концентраций 20→25→65 масс.%: до 76,16→75,38→79,22 масс.% Al; до 94,58→95,89→35,59 масс.% Ca; до 70,91→79,50→98,34 масс.% Fe, соответственно [5].

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (№21–79–30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3–5 классов опасности с получением полезных отходов».

Литература:

1. Зиновеев, Д.В., Известия ВУЗ. Черная металлургия, 2018, Т 61, № 11, С. 843.
2. Ochsenkuhn-Petropoulou, M.T., Ind. Eng. Chem. Res, 2002, vol. 41, №. 23, p. 5794.
3. Wang, W., Sep. Purif. Technol. 2013, vol. 108, p. 96.
4. Abhilash, S.Sinha, Int. J. Miner. Process, 2014, vol. 127, p. 70.
5. Кащеев, И.Д., Новые огнеупоры, 2014, № 4, С. 6.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РОДИЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ АФФИНАЖА ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ И РАСТВОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Егоров С.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии редких элементов

e-mail: egorovserg-92@yandex.ru

RECOVERY OF RHODIUM FROM WASTE SOLUTIONS OF PLATINUM METALS REFINING AND SOLUTIONS OF PROCESSING OF AUTOMOTIVE CATALYSTS

Egorov S.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

При аффинаже платиновых металлов (ПМ) образуются большие объемы отработанных хлоридных растворов с относительно высоким содержанием ПМ от нескольких десятков до нескольких сотен мг/л. Для извлечения ПМ из таких растворов на аффинажных заводах обычно используются методы осаждения, цементации и электролиза. Однако при этом часто не удается добиться глубокого извлечения ПМ из растворов, и, кроме того, образуются твердые продукты с низким содержанием ПМ, переработка которых вызывает существенные затруднения. Остаточное содержание родия в отработанных растворах после проведения операций по доизвлечению ПМ обычно заметно превосходит содержание в них других ПМ. Поскольку допустимый уровень содержания ПМ в отработанных растворах (не более 1−3 мг/л) не достигается, главным образом, из-за присутствия родия в повышенных концентрациях, в настоящее время на многих аффинажных заводах отработанные растворы выпаривают до т.н. сухих солей, и последние складируют и хранят до «лучших времен». Окончательно не решен и вопрос извлечения ПМ из растворов, получаемых в процессе гидрометаллургической переработки списанных автомобильных катализаторов. Известные способы переработки растворов, получаемых в результате выщелачивания ПМ из катализаторов, не обеспечивают необходимую степень извлечения родия. Между тем родий является одним из наименее распространенных и самым дорогостоящим ПМ. Среди различных методов извлечения родия весьма перспективным с точки зрения полноты извлечения, экологичности и простоты аппаратурного оформления является метод ионообменной сорбции. В связи с этим целью работы явилось нахождение условий подготовки родийсодержащих хлоридных растворов, выявление наиболее избирательных к родию типов промышленно выпускаемых ионитов и выбор способа десорбции родия из них. Выявлены условия для перевода родия в наиболее сорбционно-активную форму: предварительное выдерживание хлоридных растворов при температуре 80 °С в течение 4−7 ч. Установлено, что наиболее высокую избирательность к родию проявляют аниониты с полиаминными функциональными группами (MTS9840, MTS9841). Подобран наиболее эффективный элюент для десорбции родия – подкисленный раствор тиомочевины. Показана возможность глубокого извлечения родия (до 95−99 %) при сорбции из хлоридных растворов различного состава, предварительно выдержанных при температуре 80 °С, на анионитах MTS9840, MTS9841 в динамических условиях с последующей его десорбцией раствором тиомочевины при температуре не менее 56 °С (до 95 %). Эффективность разработанного способа извлечения родия подтверждена испытаниями, проведенными сотрудниками АО ГК «Русредмет» на отработанном растворе, образующемся в процессе аффинажа ПМ на заводе АО «УРАЛИНТЕХ».

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3–5 классов опасности с получением полезных отходов».

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕАКЦИОННОГО ОБЪЕМА ПАТРОНИРОВАННОГО БЛОЧНОГО КАТАЛИЗАТОРА ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

***Захаров И.И.*, Никитин И.Д., Мальцева Н.В.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: ilya-zakharov2001@mail.ru

PROMISING METHODS FOR ORGANIZING THE REACTION VOLUME OF A PATRONIZED CATALYTIC UNIT FOR CO OXIDATION

***Zaharov I.I.*, Nikitin I.D., Malzeva N.V.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В данной работе рассматриваются возможные варианты организации внутреннего пространства патронированного блочного носителя для турбулизации и увеличения времени контакта газовоздушного потока (ГВП) с поверхностью катализатора. В качестве сырьевой базы использовались промышленные отходы 3-5 классов опасности. Целью данной работы является сравнительный анализ вариантов организации внутреннего пространства патронированного блочного катализатора и оценка способов вовлечения технологических отходов в процесс изготовления первичного носителя.

На данный момент, при помощи гидравлического пресса (P = 50 атм, τ = 180 с), были изготовлены образцы патронированных первичных носителей на основе стружки стали 12Х18Н10Т. Этот вариант организации внутренней геометрической поверхности первичных носителей прост в реализации, однако, на практике он не раскрывает потенциал катализатора в полной мере т.к. ГВП имеет малое время контакта с реакционной поверхностью.

Был проведён сравнительный анализ способов организации внутреннего пространства в блочных катализаторах с использованием технологических отходов (металлическая стружка, минеральная вата, стеклоткань).

Отмечено, что применение микроволокнистых материалов при изготовлении носителей открывает уникальные возможности для создания новых структурированных слоёв любой формы, обладающих низким газодинамическим сопротивлением, улучшенным тепло- и массопереносом [1].

Организация местных сопротивлений на пути ГВП может быть эффективным способом увеличения времени контакта за счёт потери энергии при движении газа. Можно отметить, что теряемая механическая энергия потока рассеивается и переходит в тепловую энергию, что может оказать благоприятное влияние на каталитический процесс [2].

В дальнейшем планируется изготовить патронированные блочные носители в соответствии с предложенными выше способами, определить их газодинамическое сопротивление и сравнить с исходным образцом. Затем на поверхность носителя будет нанесён оксидный слой, содержащий активный компонент, и определена активность катализатора в реакции окисления CO.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

Литература:

1. Структурированные каталитические системы на основе стекловолокнистых катализаторов: монография / А.Н. Загоруйко, С.А. Лопатин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 207 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

2. Процессы и аппараты химической технологии: лекции / В.Ф. Фролов. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2003. – 608 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ КИСЛЫХ ГАЗОВ

Зотов А.С.*, *Самонин В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов сорбционной техники

e-mail: alexandrzotov1990@yandex.ru

THE USE OF EASILY SOLUBLE COMPONENTS OF ASH WASTE TO PRODUCE A CHEMICAL ABSORBER OF ACID GASES

Zotov A.S.*, *Samonin V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Для поглощения углекислого газа в системах жизнеобеспечения, в промышленности и в медицине применяются поглотители различного принципа действия. Нерегенерируемые твердые химические поглотители выделяются среди других классов таких материалов высокой глубиной очистки газов, минимальным риском выделения побочных продуктов реакции и удобством организации процесса очистки. Одним из наиболее распространенных представителем данного класса материалов является химический поглотитель известковый (ХП-И). Для улучшения свойств химических поглотителей применяются различные добавки, задачей которых является изменение pH водной пленки на поверхности материала, растворимости основного действующего вещества поглотителя и улавливаемого газа, пористой структуры материала [1].

В представленной работе рассматривается возможность использования растворимых компонентов зольных отходов в качестве модифицирующей добавки для химического поглотителя известкового. Предпосылками данной работы является химический состав зольных отходов, содержащих от 0,5 % масс. (зола каменного угля) до 20 % масс. (растительная зола) соединений натрия и калия [2].

В качестве образцов зольных отходов рассматривались зола каменного угля и зола кофейного жмыха. На первом этапе было произведено извлечение легкорастворимых компонентов. Для этого зола заливалась водой в соотношении 5 мл/г, после чего полученная суспензия выдерживалась в течение суток, после чего раствор отфильтровывался, а зола дополнительно промывалась водой из расчета 5 мл на 1 г. В результате получились растворы щелочей, преимущественно гидроксидов натрия и калия, с концентрацией, подходящей для получения поглотителя. Далее из полученных растворов и порошка гидроксида кальция получался гранулированный поглотитель.

При исследовании защитных и структурных характеристик установлено, что материал, поученный с использованием зольных отходов, не уступает по защитным свойствам стандартному ХП-И и имеет сходную пористую структуру.

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. Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Абылгазина Л.Д., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Маслов Н.А. Исследование химического состава золы углей. Наука, техника и образование. №8 (49). С.10-14. 2018.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАСКАДОВ РЕАКТОРОВ ЭКСТРАКЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

***Иванов В.С.*[1], *Козлов А.В.*[1], *Чистякова Т.Б.*[1,2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]Лаборатория мирового уровня

e-mail: vivanov413@mso365.technolog.edu.ru, andrej.kozlov.1976@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INTERFACE FOR SIMULATION WITH A COMPUTER MODEL OF A PROGRAM COMPLEX FOR AUTOMATED DESIGN OF CASCADE REACTORS FOR THE EXTRACTION OF RARE EARTH METALS FROM INDUSTRIAL WASTE

Ivanov V.S., Kozlov A.V., Chistyakova T.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Редкоземельные металлы (РЗМ): лантаниды, а также часто причисляемые к этой группе иттрий и скандий, имеют стратегическое значение для всех развитых стран мирового сообщества. Для извлечения РЗМ из сырья необходимо проводить процесс экстракции, который требует тщательного выбора входных параметров. Для предотвращения значительных трат времени и ресурсов при проектировании экстракционных каскадов необходимо внедрить программный комплекс, выполняющий задачу нахождения оптимального проектного решения. На основе подхода, базирующегося на использовании закона действующих масс и примененного для создания компьютерной модели, разработан программный комплекс для автоматизации технологического проектирования экстракционных каскадов редкоземельных элементов [1]. В отличие от известных способов расчета экстракции, реализованных, например, в пакете Aspen Plus [2], новизна предлагаемого вычислительного метода заключается в том, что неидеальность водной фазы учитывается не через коэффициенты активности, а через ионную силу в водной фазе и эмпирический параметр, вычисляемый на основе экстракционных данных [3]. Однако при осуществлении вычислительного эксперимента на компьютерной модели экстракционного каскада, характеризующегося большой размерностью решаемой задачи, проектировщику необходимо предоставить возможность отслеживать процесс вычисления равновесных концентраций базовых химических форм, при необходимости осуществлять прерывание выполнения программы с корректировкой параметров вычислительного метода. Интерфейс программного комплекса также позволяет генерировать протоколы результатов расчета и инициировать процесс заново, используя достигнутые к этому моменту результаты.

Таким образом, разработка интерфейса для проведения вычислительных экспериментов, протестированного на 3-экстракционном каскаде, предназначенном для извлечения лантана с применением три-н-бутилфосфата в качестве экстрагента, призвана решить вычислительные проблемы, встающие перед проектировщиком, и, следовательно, позволяет сократить расход денежных средств и значительно уменьшить время, затрачиваемое на проектирование экстракционных каскадов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 21-79-30029).

Литература:

1. Чистякова Т.Б., Федоров В.А., Плонский В.Ю., Козлов А.В. // Математические методы в технологиях и технике. – 2024. – № 7. – С. 45-50.

2. Kamal I.M. Al-Malah. Aspen Plus: Chemical Engineering Applications. Wiley, 2023.

3. Афонин М.А. // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2013. – № 46. – С. 22–29.

АЛГОРИТМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДОНОВ

***Кондиляброва В.Д.*[1], *Латыпов А.А.*[1], *Новожилова И.В.*[2], *Докторов Д.В.*[3]**

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: novozhilova@technolog.edu.ru

ALGORITHM OF TECHNOLOGICAL DESIGN OF OZONE-SAFE CHLADONS SYNTHESIS PROCESSES

***Kondilyabrova V.D.*[1], *Latypov A.A.*[2], *Novozhilova I.V.*[3], *Doctorov D.V.*[4]**

[1,2]Saint-Petersburg State Institute of Technology,
[3]JSC RRC Applied Chemistry (GIPH)

Как объект проектирования процесс синтеза озонобезопасных хладонов характеризуется выпуском продукции различного типа обширной номенклатуры; сложными химическими реакциями; наличием рециклинга; возможностью получения продукции из сырья разных видов по различным рецептурам на одной технологической линии; строгими требованиями к эксплуатационным свойствам хладонов для применения в системах пожаротушения и кондиционирования воздуха. Отработавшие срок эксплуатации хладоны, для уменьшения загрязнений окружающей среды и сокращения затрат на их производство, целесообразно подвергать регенерации для вторичного использования [1]. С учетом особенностей производства решение задачи технологического проектирования процессов синтеза хладонов включает два этапа:

1) для выпуска хладона с заданным составом сырья, рецептурой, требованиями к эксплуатационным свойствам, временем контакта реакционной смеси τ_{ej} необходимо сформировать последовательность стадий, оборудования и выбрать рабочие объемы реакторов V_j в соответствии с требованиями технического задания (ТЗ) (производительность оборудования, не ниже заданной $Q \geq Q_{ТЗ}$, энергопотребление, не выше заданного $E \leq E_{ТЗ}$, суммарный выход целевого компонента, не ниже заданного $C_{ЦП} \geq C_{ЦП\ ТЗ}$, при соблюдении ограничений на образование побочных компонентов $C_{ППj} \leq C_{ПП\ ТЗj}$, j – принадлежность к стадии производства);

2) для выбранной конструкции реакционного узла, заданной рабочими объемами реакторов и диапазонами температур, необходимо провести поверочный расчет основного оборудования процесса синтеза хладона, включающего вычисление допустимых значений температуры процесса и времени контакта $U_{ДОПj} = \{T_j,\ \tau_{ej}\}$, обеспечивающих заданные концентрации целевых $C_{ЦП} \geq C_{ЦП\ ТЗ}$ и побочных $C_{ПП} \leq C_{ПП\ ТЗ}$ компонентов $Y_j = \{C_j^i\}$, $(i = \overline{1,N}$, N – число компонентов, участвующих в реакции) при различных исходных составах реакционной смеси $X_j = \{C_{0j}^i\}$.

Проектным решением является технологическая схема процесса синтеза хладона, включающая описание оборудования со значениями рабочих объемов реакторов V_j и допустимые значения режимов $U_{ДОПj} = \{T_j,\ \tau_{ej}\}$, удовлетворяющих требованиям ТЗ: $Q \geq Q_{ТЗ}$, $E \leq E_{ТЗ}$, $C_{ЦП} \geq C_{ЦП\ ТЗ}$, $C_{ППj} \leq C_{ПП\ ТЗj}$. Реализация алгоритма, отличающегося адаптацией на различные характеристики хладонов, позволяет решать задачу проектирования процессов синтеза хладонов, обеспечивая гибкость производства.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 21-79-30029.

Литература:

1. Чистякова Т.Б. и др. Программный комплекс для технологического проектирования процессов синтеза хладонов // Математические методы в технологиях и технике. 2024. № 1. С. 7-12. DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2024_1_7.

СФЕРИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФОЖАЗИТОВ И ПЕНТОСИЛОВ

Коновалова Ю.И.*, *Андреева О.М.*, *Мальцева Н.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей технологии и катализа

e-mail: julietteisnothere@gmail.com

SPHERICAL ZEOLITE-CONTAINING CATALYSTS BASED ON MODIFIED FAUJAZITES AND PENTOSILS

Konovalova Yu.I.*, *Andreeva O.M.*, *Maltseva N.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

На данный момент наблюдается зависимость от поставок зарубежных катализаторов для российской нефтехимии и нефтепереработки, по некоторым оценкам необходимая доля импорта составляет 70-80 %. Наиболее востребованными группами являются катализаторы каткрекинга, гидроочистки и гидрокрекинга, суммарный спрос составляет до 18 тыс. т.

В рамках исследования была поставлена следующая задача – оценить структурные характеристики полученных ранее сферических катализаторов на основе оксида алюминия [1].

Объектом исследования являлись сферические катализаторы, полученные из гидроксида алюминия (ПБР – дисперсный (менее 40 мкм) порошок моногидроксида алюминия алюминатной технологии переосаждения) – преимущественно псевдобемитной модификации. В качестве активного компонента образцы содержали декатионированные цеолиты HY и HCaX. Дополнительно в состав формовочной пасты в качестве инертной гетерогенной добавки вводили 10 % масс. измельченных отходов от производства активного оксида алюминия (ɣ-$A1_2O_3$, в таблице обозначен АОА).

По результатам эксперимента был проведен анализ изотерм сорбции азота, из которых получены следующие параметры пористой структуры: удельная площадь поверхности, размер и объем пор. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица – Параметры пористой структуры сферических гранул, рассчитанные из изотерм (77К) адсорбции-десорбции азота

Образец	$S_{МР\ ВЕТ}$, $м^2/г$	$V_{<350}$,	V_{mi},	d_{pore}, нм
		$см^3/г$		
ПБР	227	0,550	0,019	9,5
ПБР-HY30	265	0.581	0.023	3,1
ПБР-CaHX30	273	0,582	0,011	8,9

Введение цеолита развивает мезопористую структуру катализатора и приводит к увеличению суммарного объема пор. Наблюдается незначительно увеличение удельной поверхности.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

Литература:

1. Одинцова, Н.А. Получение сферических Al_2O_3-носителей / Н.А. Одинцова, Н.В. Мальцева, Т.А. Вишневская // Инновационные материалы и технологии в дизайне: Материалы II Всероссийской научно-технической конфенренции (с участием молодых ученых) – СПб: СПБГИКиТ, 2016.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ФОРМОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Копылова О.И.*, *Лаврищева С.А.*, *Александров В.Д.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: lavrischeva_sa@technolog.edu.ru

THE INFLUENCE OF FORMING METHODS ON THE STRENGTH OF VANADIUM CATALYSTS

Kopylova O.I.*, *Lavrischeva S.A.*, *Alexandrov V.D.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Известно, что силикагель является традиционным носителем ванадиевых катализаторов [1]. В промышленности он также используется в качестве адсорбента, но со временем теряет свою эффективность. Альтернативой утилизации отработанных сорбентов может быть их вторичное использование с целью уменьшения затрат на производство катализаторов и улучшения экологической обстановки.

В зависимости от области первоначального применения силикагеля возникает необходимость в его регенерации, в том числе путем термообработки для удаления адсорбированной воды и других соединений. В данной работе методом механического смешения был получен катализатор состава: V_2O_5 – 8 %, K_2O – 11,3 %, сульфаты (в пересчете на SO_3) - 13,2 % и SiO_2 - 67,5 % на основе силикагеля марки КСКГ, термообработанного в течение 2 ч при t = 500 °С. Формование проводили двумя способами: экструзией (лабораторный шнековый экструдер с фильерой из фторопласта) и таблетированием при Р = 1,5 кгс (настольный гидравлический пресс). Затем полученные образцы подвергались сушке при t= 120 °С и прокаливанию при t = 550 °С 4 ч. Значения прочности (Р) и удельной поверхности ($S_{уд}$) катализаторов представлены в таблице.

Таблица – Характеристики полученных катализаторов

№	t термообработки носителя, °С	Способы формования	Р, МПа	$S_{уд}$, $м^2/г$
1	-	Экструзия (цилиндры, 4×5-6 мм)	4,2	94
2	500		<1,0	19
3	-	Таблетирование (цилиндры, 20×3-4 мм)	13,6	20
4	500		11,4	23

Установлено, что регенерация носителя ухудшает характеристики образцов, полученных методом экструзии. Вероятно, происходящая при термообработке силикагеля дегидратация с удалением водородсвязанных гидроксилов за счет выделения воды и образования силоксановых групп [1] приводит к ухудшению течения пасты в экструдере и, как следствие, существенному снижению прочности, поэтому возникает необходимость в проведении стадии восстановления химии поверхности SiO_2.

Метод таблетирования позволяет получить образцы, отличающиеся повышенной прочностью и достаточно высокой удельной поверхностью, следовательно, его можно рекомендовать и при использовании регенерированного силикагеля в качестве носителя ванадиевых катализаторов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (№21-79-30029).

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.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Куценко А.С.*, *Аверина Ю.М.
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»
e-mail: kutsenko.a.s@muctr.ru

OPTIMIZATION OF THE RECYCLING PROCESS OF USED CHEMICAL CURRENT SOURCES

Kutsenko A.S.*, *Averina I.M.
Mendeleev University

Использование портативных источников питания (аккумуляторов) неуклонно растет с каждым годом. Они применяются в широком спектре техники, включая мобильные телефоны, ноутбуки и другие портативные устройства, что привело к значительному увеличению номенклатуры подобных устройств за последние десятилетия. Помимо этого, аккумуляторы используются в системах питания автомобилей, дронах и других технических средствах. Отчет «Глобальный мониторинг электронных отходов», выпущенный ООН в 2020 году, указывает на то, что в 2019 году было произведено 53,6 миллиона тонн электронных отходов, что на 8,85 миллиона тонн больше, чем в 2016 году [1]. Аккумуляторы обладают своими достоинствами, такими как мобильность, высокая энергетическая плотность и минимальные требования к обслуживанию. Тем не менее, технологии аккумуляторов сталкиваются с проблемой ограниченного срока службы, что требует регулярной замены. Хотя аккумуляторы обладают рядом преимуществ, таких как мобильность, высокая энергетическая плотность и низкие требования к обслуживанию, они сталкиваются с проблемой ограниченного срока службы, требующей регулярной замены. Несмотря на относительно небольшую долю в общей массе ТКО, аккумуляторы представляют наибольшую опасность из-за высокой токсичности своих компонентов. Увеличение количества устройств, использующих портативные источники питания, создает риски, связанные с отложенным негативным воздействием этих потенциально опасных элементов. Существуют различные решения для утилизации отходов аккумуляторов. По сути, утилизацию аккумуляторных отходов можно разделить на: сокращение отходов, захоронение и термическую обработку. Последние применяются на крупных предприятиях и основаны на гидрометаллургическом и пирометаллургическом способах переработки. Главное преимущество гидрометаллургического способа заключается в его универсальности, поскольку он может быть использован для любых батарей, независимо от их химического состава и конструкции. Кроме того, этот метод обеспечивает высокую степень извлечения вторичного продукта и требует небольших энергетических затрат. Пирометаллургический способ также обладает универсальностью, однако его недостатком является необходимость дорогостоящей очистки газов для предотвращения токсичных выбросов в атмосферу [2].

С ростом объемов использования аккумуляторов и аккумуляторных батарей усиливается угроза для окружающей среды. В связи с этим необходимо уделять особое внимание созданию прогнозируемого жизненного цикла химических источников тока и оптимизации технологий их производства для максимального продления срока службы и эффективного извлечения ценных компонентов с минимальным вредом для окружающей среды.

Литература:

1. Forti, V., Balde, C.P., Kuehr, R., Bel, G., The Global E-waste Monitor 2020, p. 13.
2. Ермакова, Л.С., Кудрявцева, Ю.С., Горлов, С.С., Лучшая научная статья 2021, 2021, С. 198.

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ И ПРИРОДНОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ В РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

***Ленченкова Л.Е.*[1], *Якубов Р.Н.*[1], *Политов А.А.*[2], *Телин А.Г.*[3]**

[1]*Уфимский государственный нефтяной технический университет,*

[2]*Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук,*

[3]*Уфимский научно-технический центр*

e-mail: info@rusoil.net, secretary@solid.nsc.ru, mail@ufntc.ru

RECYCLING OF WASTE AND NATURAL RENEWABLE RAW MATERIALS IN REAGENTS FOR OIL PRODUCTION

***Lenchenkova L.E.*[1], *Yakubov R.N.*[1], *Politov A.A.*[2], *Telin A.G*[3].**

[1]*Ufa State Petroleum Technical University,*

[2]*Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,*

[3]*Ufa Scientific and Technical Center*

В процессах строительства скважин и добычи нефти используется огромное количество дорогостоящих химреагентов, ряд из которых можно получить гораздо дешевле из отходов нефте- и лесохимии, а также сельскохозяйственного производства.

Под кураторством академика Мешалкина В.П. группе специалистов нефтяников и сотрудников Академии наук удалось из отхода нефтехимии (отработанный катализатор цеокар), природного и возобновляемого растительного сырья (речной песок, торф, хризотил, древесная мука, рисовая шелуха и шелуха проса, гидролизный лигнин) получить перспективные гидрогели для использования при ремонтно-изоляционных работах в скважинах. Для этого применялись методы механохимии и механоферментативного воздействия [1]. Получены силикатные (неорганические), силикатно-полимерные (органонеорганические), гелеполимерные (наполненные полимердисперсные композиты) водо- и газоизоляционные тампонажные материалы с уникальными свойствами [2].

С использованием талловых масел (побочный продукт лесохимии) получена кислотная композиция для интенсификации добычи нефти из карбонатных коллекторов, характеризующаяся замедленной скоростью реакции с горной породой и эффектом самоотклонения, за счет чего достигается большая глубина проникновения и больший охват воздействием по сравнению с базовыми ингибированными кислотными композициями на основе соляной и уксусной кислот.

Ряд гидрогелей прошел успешную апробацию на скважинах в различных нефтяных регионах страны.

Работа выполнена: при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-29-24086 мк; при частичном финансировании в рамках реализации научно-исследовательского проекта «Разработка технологии кислотного воздействия с внутрипластовым отклонением с целью выравнивания профиля притока в карбонатных коллекторах» стратегического проекта «Новые технологические решения в ТЭК» программы развития ФГБОУ ВО «УГНТУ» Приоритет 2030. Исследования также финансировались в рамках Государственного задания ИХТТМ СО РАН № 122011700261-3.

Литература:

1. Meshalkin, V., Akhmetov, A., Lenchenkova, L. Energies, 2022, vol.15, p. 9216.

2. Телин А.Г., Политов А.А., Корнилов А.В. и др. Переработка природных возобновляемых материалов в тампонажные составы для водоизоляции в нефтяных скважинах // Нефтегазовое дело. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 17-26.

БЛОЧНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАЩИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ 3-5 КЛАССОВ ОПАСНОСТИ

Никитин И.Д., Захаров И.И., Вишневская Т.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра общей химической технологии и катализа

e-mail: kuzmolovo2011@gmail.com

CATALYTIC UNITS FOR CO OXIDATION CONTAINING INDUSTRIAL WASTE OF 3-5 HAZARD CLASSES

Nikitin I.D., Zaharov I.I.., Vishnevskaya T.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Целью данной работы является оптимизация технологии изготовления патронированных блочных катализаторов с использованием промышленных отходов 3-5 классов опасности (отходы металлообработки, отработанные катализаторы и суспензии) в качестве сырьевой базы. Использование отходов металлообработки при изготовлении таких изделий даёт возможность увеличить поверхность контакта катализатора с реакционной средой за счёт создания системы искривлённых каналов в блоке. Применение отработанных катализаторов и суспензий для формирования оксидного слоя на поверхности носителя позволит вторично использовать ценные соединения (оксиды переходных и редкоземельных металлов) без их извлечения.

Запрессовка производилась при помощи гидравлического пресса. Были изготовлены патронированные носители: D_1 = 1 см (P = 25 атм, τ = 180 с) и D_2 = 2 см (P = 50 атм, τ = 180 с). В качестве исходного сырья использовали стружку стали марки 12Х18Н10Т. Объём носителей составил: $V_{б1} = 1{,}9\ см^3$ и $V_{б2} = 2{,}5\ см^3$. Площадь поверхности запрессованной стружки составила: $S_{пов1} = 66\ см^2$ и $S_{пов2} = 237\ см^2$. Доля свободного объёма носителей составила: $V_{пов1} = 87{,}7\ \%$ и $V_{пов2} = 66{,}7\ \%$.

На полученный первичный носитель наносились слои суспензии (ρ = 1,28 $\frac{г}{см^3}$, pH = 3,95), которая содержит измельчённый отработанный катализатор окисления CO в качестве дисперсной фазы. Она имеет следующий состав (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 образованного пористого оксидного слоя составила: $S_{уд} = 118\ \frac{м^2}{г}$.

После нанесения каждого слоя производилась термообработка (300 ^{0}C). Прирост массы активного компонента после нанесения 4-х слоев и завершающего прокаливания (600 °C) составил: $m_{слоя\,1} = 71{,}9\ мг$ и $m_{слоя\,2} = 361{,}2\ мг$

Для всех блочных носителей было определено газодинамическое сопротивление до нанесения активного компонента и после (с использованием дифференциального микроманометра) при расходе воздуха: $V_{гвп} = 5\ \frac{л}{мин}$.

Каталитическую активность изделий определяли на проточном стенде (C_0 = 0,44%, τ = 0,24 с, φ = 70 %), C_{CO} контролировали методом реакционной газовой хроматографии на ГХ-ЦВЕТ-100. Степень превращения CO составила при 450 °C: $X_1 = 93\ \%$ и $X_2 = 97\ \%$.

На данном этапе работы показано, что изделия, патронированные стружкой стали 12Х18Н10Т, можно охарактеризовать как эффективные среднетемпературные катализаторы окисления CO. Проведён сравнительный анализ параметров прессования стружки в блок и выбран оптимальный режим работы. В дальнейшем предполагается рассмотреть различные варианты организации внутренней геометрической поверхности блочного носителя для усиления турбулизации газовоздушного потока.

Работа выполнена в рамках проекта №21-79-30029 «Разработка технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СТРУКТУРУ ПОЛУЧАЕМОГО СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ

Николаева А.Д.*, *Логинов С.В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ
e-mail: nkvitova@list.ru

THE EFFECT OF THE PROPERTIES OF THE STARTING MATERIALS ON THE STRUCTURE OF THE RESULTING CALCIUM SILICATE

Nikolaeva A.D.*, *Loginov S.V.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Как известно из литературы, с уменьшением отношения SiO_2/M_2O, где M- щелочной металл, в растворах возрастает содержание атомов Si с низкой связностью Q°, Q^1 и Q^2, и уменьшается доля атомов кремния со связностью Q^3 и Q^4. Эти изменения обусловлены возрастанием концентрации ионов OH^- и происходящими при этом процессами деполимеризации крупных силикатных ионов (или растворением коллоидных частиц) с образованием мономеров и низкополимерных ионов [1].

Исходя из предположения, что такие свойства, как кристалличность, химический и фазовый состав, длина иголок и соотношение длины к диаметру частиц синтезируемого из отходов содового производства волластонита, могут зависеть от наличия определённых анионов кремния в исходном жидком стекле, нами проведен ряд экспериментов, в том числе с использованием дистиллерных жидкостей. Растворы жидкого стекла с разными модулями смешивались с водным 10 %-м раствором хлорида кальция в различных соотношениях и в различной последовательности при температуре 20 °С и нормальном давлении, после чего суспензия исследовалась с помощью оптической микроскопии. В результате эксперимента установлено, что форма образующихся частиц и их фазовый состав находятся в сильной зависимости не только от условий получения, но и от содержания атомов Si с низкой связностью, что демонстрируется фотографиями образцов суспензий, представленными на рисунке.

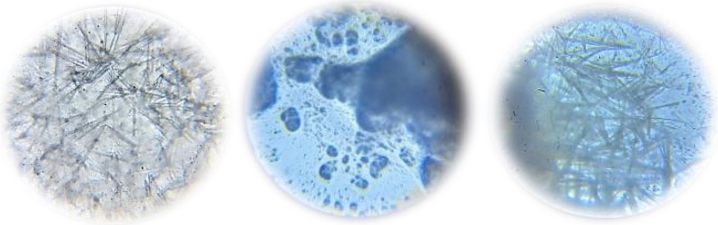


Рисунок – Зависимость формы частиц от отношения SiO_2/M_2O

В ходе исследований синтезировано несколько наиболее перспективных образцов. Установлено, что при различных отношения SiO_2/M_2O может образовываться не только волластонит, но и другие силикаты кальция, например, тоберморит или пломбьерит.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (проект №21-79-30029).

Литература:

1. Алешунина, Е.Ю. Анионный состав и вяжущие свойства силикатных растворов: специальность 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алешунина Елена Юрьевна; Санкт-Петербургский государственный технологический институт. – Санкт-Петербург, 2008. – 19 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФИЛАМЕНТОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НА ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА FDM-ПЕЧАТИ

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 MATHEMATICAL MODEL FOR STUDYING THE INFLUENCE OF RECYCLED FILAMENTS PHYSICAL PROPERTIES ON THE FDM-PRINTING MODE PARAMETERS

Nikolaeva E.V.*, *Petrov D.N.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В условиях современной экологической обстановки при аддитивном производстве с невысокими санитарными требованиями в целях снижения себестоимости продукции и сохранения природных ресурсов все чаще используют вторичное сырье. Для удовлетворения требованиям экономичности и экологичности производства при FDM-печати необходимо использовать филаменты на основе или с добавлением вторичного сырья.

Использование вторсырья зачастую вызывает ряд сложностей. Производители зачастую делают выбор в пользу механической переработки, представляющей собой дробление, очистку и последующую грануляцию полимера, после чего гранулы подвергаются повторному расплавлению и протяжке в нить филамента. Таким образом, вторичные филаменты проходят три стадии термообработки – при печати FDM-изделия первичным сырьем, грануляции вторсырья и формировании нити. Это приводит к изменению физических свойств филамента (плотности, вязкости, теплоемкости, температуры плавления), что может негативно повлиять на качественные показатели FDM-изделий.

Для изучения влияния физических свойств филаментов на параметры режима FDM-печати предложено использование теоретической модели, включающей формулу (1), отражающую зависимость температуры экструзии $T_э$, К, от температуры плавления $T_{пл}$, К и теплоемкости филамента $c_ф$, Дж/(кг·К) и формулу (2), отражающую зависимость высоты слоя $h_{сл}$, м, от плотности $\rho_ф$, кг/м^3 и динамической вязкости филамента $\eta_ф$, Па·с [1, 2]:

$$T_э = f(T_{пл}, c_ф) \quad (1)$$

$$h_{сл} = f(\rho_ф, \eta_ф, T_{пл}, c_ф, d, D, h_з), \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр сопла, м, D – внешний диаметр сопла, м, $h_з$ – высота зазора между соплом и поверхностью печати, м.

Предложенная математическая модель позволяет настраивать геометрические параметры FDM-принтера и режим FDM-печати под физические свойства вторичных филаментов в соответствии с заданными требованиями к показателям качества FDM-изделий.

Литература:

1. Zagirnyak M. Mathematical models of the temperature field in the filamentextruder system during 3D printing / M. Zagirnyak, E. Kobilskaya, V. Lyashenko, A. Salenko, // AIP Conference Proceedings – 2020. Albena : AIP Publishing, Вып. 2302, №100008.

2. Agassant J-F. Flow Analysis Of The Polymer Spreading During Extrusion Additive Manufacturing / J-F Agassant, F. Pigeonneau, L. Sardo, V. Vincent // Additive Manufacturing – 2019, Вып. 29, №100794.

МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ В ТЕЛЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Пахомов Е.В.*, *Савин А.О.
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»
e-mail: anna_zuykova@rambler.ru

MONITORING PROCESSES IN THE BODY OF A RECULTIVATED MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

Pakhomov E.V., Savin A.O.
Federal State Educational Institution of Higher Education «Tula State University»

Захоронение твердых коммунальных отходов (ТКО) является неотъемлемым элементом систем обращения с отходами. В каждом регионе России насчитываются сотни объектов захоронения ТКО, находящихся на разных этапах жизненного цикла и оказывающих воздействие на окружающую среду. Техногенные образования, к которым относятся полигоны захоронения ТКО, остаются источниками негативного воздействия на окружающую среду на протяжении сотен лет после их закрытия [1]. Отсутствие минимального набора технических элементов защиты окружающей среды на большинстве выведенных из эксплуатации объектов захоронения ТКО приводит к неконтролируемым эмиссиям биогаза и фильтрата. Для оценки риска загрязнения атмосферного воздуха выбросами полигонов ТКО необходимо иметь данные об объеме, морфологическом составе, плотности отходов, месте, площади захоронения и др., а также о местных природноклиматических, географических условиях (количество и вид осадков, скорость и направления ветров, температура воздуха и почвы, рельеф, тип ландшафта и др.) в зоне расположения полигона. Это требует накопления, анализа, систематизации необходимой информации, создания специальной базы данных. В связи с этим, мониторинг процессов в теле рекультивированных полигонов твердых коммунальных отходов, выбор технологических и организационных решений по управлению долгосрочными эмиссиями и минимизации накопленного экологического ущерба, является весьма актуальным.

В результате проведено исследование процессов трансформации веществ в массиве полигона захоронения ТКО на протяжении жизненного цикла и воздействия их на окружающую среду, в том числе физико-химических, биохимических и термических параметров твердых коммунальных отходов; стабильности и процессов трансформации веществ в массиве полигона захоронения твердых коммунальных отходов на этапах жизненного цикла полигона [2]. Кроме того, представлены особенности воздействия полигонов ТКО на окружающую природную среду и технологические способы рекультивации территории полигонов ТКО. Разработана система обеспечения экологической безопасности природно-технических систем при завершении эксплуатации объектов захоронения твердых коммунальных отходов (на примере полигона ТКО г. Тулы).

Литература:

1. Цифровизированная система мониторинга газовых выбросов полигонов промышленно-бытовых отходов с использованием летательных беспилотников/ Мешалкин В.П., Панарин В.М., Маслова А.А., Савинкова С.А. // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 8. – С. 4–9.

2. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов/ Маслова А., Панарин В., Гришаков К., Рыбка Н., Селезнева Д. // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. № 11. – С. 14–18.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МЕДИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ АММИАКА НА ОСНОВЕ АКТИВНОГО УГЛЯ

***Подольская А.О.*, Грозеску Л.Ю., Спиридонова Е.А.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов сорбционной техники

e-mail: spiridonova_elena@live.ru

INCREASING THE EFFICIENCY OF COPPER FIXATION IN THE PRODUCTION OF A CHEMICAL AMMONIA ABSORBENT ON THE BASE OF ACTIVATED CARBON

***Podol`skaya A.O.*, Grozesku L.Yu., Spiridonova E.A.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Химические поглотители на основе активного угля широко применяются в средствах защиты органов дыхания и в системах жизнеобеспечения для удаления различных примесей из газовой среды. Для удаления паров аммиака активный уголь импрегнируют солями, при взаимодействии с которыми протекает процесс комплексообразования, где аммиак выступает в роли лиганда. В сорбционной технике в качестве таких хемодобавок используют преимущественно соли меди или никеля.

Технология получения такого типа химических поглотителей сводится к поэтапной подготовке исходной углеродной поверхности, приготовлению раствора импрегната, пропитки, распределению раствора в пористой структуре материала и термообработке. В работах авторов ранее было показано, что в качестве углеродной основы могут быть использованы композиционные сорбируюшие материалы на основе технического углерода, полученного при переработке автомобильных покрышек. Для сохранения высокой хемосорбционной активности медь или никель должны оставаться на поверхности активного угля в виде ионов или соединений, способных к диссоциации, а так же время степень закрепления меди, определяемая как количество меди, переходимое в раствор при обработке раствором серной кислоты и воды, должно быть приближенно к расчетному значению введенной соли на этапе приготовления раствора. Поэтому цель данного этапа исследований состояла в оценке эффективности закрепления меди при ультразвуковой обработке раствора на этапе импрегнирования активного угля. Определение фактически нанесенного количества меди и степени ее закрепления проводили йодометрическим методом. Обработку водой осуществляли при температуре 95-100 °С и 20-25 °С.

Показано, что при обработке ультразвуком на этапе импрегнирования активного угля происходит повышение степени закрепления меди на 15 % по сравнению с традиционной технологией, причем увеличение продолжительности ультразвуковой обработки не оказывает значительного влияния (проведено сравнение экспозиции 15 и 25 минут, смывка проводилась раствором серной кислоты). В то же время при обработке таких материалов водой количество меди, переходящее в раствор, снижается на 15 % и 30 % при продолжительности ультразвуковой обработки 15 и 25 минут, соответственно, по сравнению с химическим поглотителем, получаемым по традиционной технологии. Вероятно, такой эффект обусловлен влиянием ультразвуковых волн на кавитацию, что в свою очередь повышает активность взаимодействия между углеродной поверхностью и медью, приводя к удержанию добавки на поверхности активного угля при его взаимодействии с водой. Такой эффект должен приводить и к повышению защитных характеристик данных материалов по отношению к аммиаку.Также в исследовании показано, что повышение температуры вылеживания после ультразвуковой обработки способствует увеличению степени закрепления и удержанию меди при контакте с водой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

РОЛЬ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Пристегина К.А.

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»
e-mail: k.pristegina@eipc.center

THE ROLE OF THE BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN THE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL WASTE

Pristegina K.A.

Federal State Autonomous Institution «National Research Institute «Center for Environmental Industrial Policy»

Современное общество сталкивается с рядом серьезных экологических вызовов, многие из которых непосредственно связаны с добычей природных ресурсов и функционированием производственных объектов. В условиях нарастающей экологической нагрузки становится особенно актуальной необходимость разработки подходов, способствующих сокращению негативного воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду при одновременном сохранении устойчивого экономического роста. Концепция наилучших доступных технологий (НДТ) и ее разумное применение позволяет найти баланс между промышленным развитием и охраной природы, тем сам гармонизировать цели и задачи промышленной и экологической политики Российской Федерации. Термин «наилучшие доступные технологии» появился в 2014 г., обозначив для наиболее крупных промышленных предприятий начало перехода к новой системе технологического нормирования [1]. Одним из базовых элементов новой системы государственного регулирования стали информационно-технические справочники по наилучшим доступным [2], содержащие перечни технических, технологических и управленческих решений, направленных на сокращение эмиссий загрязняющих веществ и парниковых газов, а также повышение ресурсной эффективности производства, в том числе, за счет замены части сырьевых материалов на вторичные ресурсы. К таким относятся ИТС «Производство цемента», «Производство стекла» и ряд справочников, подготовленных для предприятий черной и цветной металлургии. С позиций концепции НДТ основную роль в повышении ресурсной и экологической эффективности играют технологические процессы, то, как они задуманы, какие вещества вовлечены в производство, преобразуются, переходят в продукцию или теряются. Соответствие НДТ способствует достижению целого ряда целей устойчивого развития (ЦУР): переход к рациональным моделям потребления и производства (ЦУР 12), содействие индустриализации и инновациям (ЦУР 9), обеспечение доступа к более чистой энергии (ЦУР 7) и чистой воде (ЦУР 6), снижение воздействия на климатическую систему (ЦУР 13) [3]. Рациональное использование ресурсов и применение концепции НДТ – основные инструменты эколого-технологической трансформации промышленности, позволяющие не только модернизировать российскую промышленность, но и вносить вклад в достижение международно признанных ЦУР.

Литература:

1. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» – Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ – Российская газета. – № 166. – 25.07.2014.

2. Скобелев Д.О., Федосеев С.В, Компетентность. – 2021. – № 3. – С. 5. DOI: DOI: 10.24412/1993-8780-2021-3-05-14.

3. Гусева Т.В., Тихонова И.О., Щелчков К.А. Роль наилучших доступных технологий в формировании экономики замкнутого цикла (2022).

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Пятиров Д.А.*[1], *Козлов А.В.*[1], *Афонин М.А.*[2,3]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, [3]Лаборатория мирового уровня

e-mail: andrej.kozlov.1976@mail.ru, afonin18111956@yandex.ru

THE STRUCTURE OF THE PROGRAM COMPLEX FOR AUTOMATED CALCULATION OF KINETIC PARAMETERS OF THE SEPARATION PROCESS OF RARE EARTH ELEMENTS

Pyatirov D.A., Kozlov A.V., Afonin M.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Редкоземельные элементы (РЗЭ) являются ключевыми металлами для большинства наукоёмких технологий. Важным этапом при создании технологии получения редкоземельных металлов является исследование кинетики процесса, данные о которой позволяют установить механизм реакции и подобрать параметры проведения процесса для извлечения и разделения РЗЭ. Функционирование разрабатываемого программного комплекса основано на реализации термодинамической модели экстракции редкоземельных элементов с учетом ассоциации экстрагента и зависимости констант диссоциации молекулярных форм от ионной силы. Существенно новым является описание моделью экстракции смеси РЗЭ во всем интервале практически значимых концентраций компонентов в водной фазе промышленно важных экстракционных систем. Входными данными для программы являются экспериментальные данные по экстракции индивидуальных РЗЭ, концентрации экстрагента и значений равновесного pH водной фазы. Основной частью программного комплекса является компьютерная модель, позволяющая вычислить константы экстракции и параметры неидеальности посредством поиска глобального минимума целевой функции, зависящей от рассогласования всех данных экспериментальных и расчетных коэффициентов распределения экстрагируемых веществ. При определении минимума целевой функции применялись ограничения второго рода (соблюдение законов сохранения массы, заряда и закона действующих масс) [1,2]. Функциональная структура комплекса включает модули вычисления констант экстракции и параметров неидеальности, учитывающих ионные взаимодействия в водной фазе; общих и равновесных концентраций базовых молекулярных форм в органической и водной фазах; коэффициентов распределения базовых форм. Программа позволяет обрабатывать экспериментальные данные для вычисления кинетических параметров, а также создавать и сохранять отчеты с результатами моделирования. Разрабатываемый программный продукт позволит значительно сократить сроки разработки технологических схем глубокой переработки различного вида редкоземельного сырья, включая техногенные отходы и, соответственно, ввода в эксплуатацию производств по получению редкоземельной продукции из различных источников сырья.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 21-79-30029.

Литература:

1. Афонин М.А. [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. Спецвыпуск. – 2015. – № 5 (31). – С. 53–57.

2. Афонин М.А. [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. – 2018. – № 1 (9). – С. 215–219.

БАЗА ПРАВИЛ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКСТРАКЦИОННЫХ КАСКАДОВ

***Рухлова К.А.*[1], *Плонский В.Ю.*[1], *Чистякова Т.Б.*[1,2]**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), [1]кафедра систем автоматизированного проектирования и управления, [2]лаборатория мирового уровня

e-mail: krukhlova404@mso365.technolog.edu.ru, vplonskiy@gmail.com

THE BASE OF DESIGN RULES OF THE TOPOLOGY OF EXTRACTION CASCADES

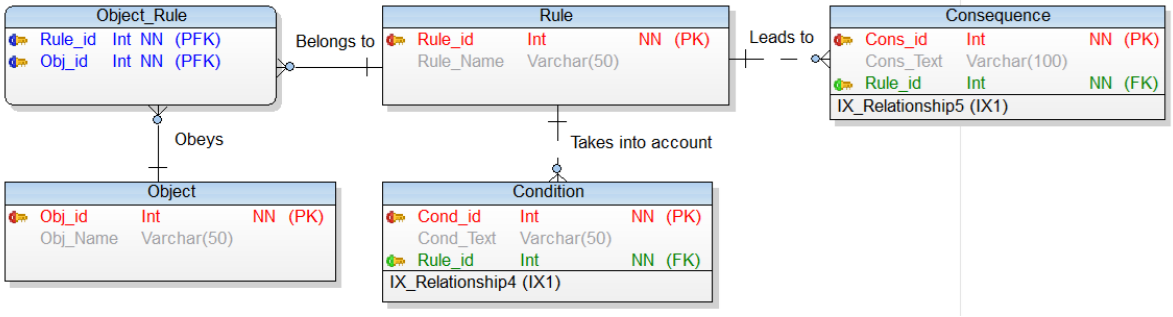
Rukhlova K.A., Plonskiy V.Yu., Chistyakova T.B.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В современных условиях работа ресурсосберегающих, экономически рентабельных производств редкоземельных элементов (РЗЭ) сопровождается автоматизацией научных исследований и процедур проектирования каскадов реакторов. Экстракция растворителем является одним из передовых методов получения РЗЭ из-за способности разделения примеси на металлы, близких по химическим свойствам [1, 2].

Одним из перспективных направлений в экстракционной технологи является внедрение автоматизированных систем, способных, без проведения натурного эксперимента, проверять параметры каскада (количество и соединения экстракторов, расходы потоков сырья и экстрагентов) для достижения заданного уровня степени извлечения РЗЭ. Включение базы правил проектирования каскада реакторов в контур таких систем предоставляет дополнительные возможности технологам в части контроля достоверности принимаемых решений и повышения их оперативности, основываясь на установленных причинно-следственных связях. При этом идентифицируются возможные ошибки при проектировании и предлагаются варианты их устранения.

Даталогическая модель базы правил показана ниже и представляет из себя таблицы: Object – для описания элементов технологии экстракции (экстракторы, потоки, вещества и другие объекты); Rule – для описания взаимосвязей причин (из таблицы Condition) и следствий (из таблицы Consequence).



Тестирование программного обеспечения, включающего в себя базу правил проектирования, проводилось на примерах каскадов, состоящих из 3 и 48 экстракторов, предназначенных для извлечения лантана с применением три-н-бутилфосфата в качестве экстрагента, циркулирующего по замкнутому контуру. Результаты тестирования подтвердили работоспособность базы правил проектирования экстракционных каскадов.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 21-79-30029.

Литература:

1. Поляков, Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов / Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. – Москва: Металлургиздат, 2022. – 501 с.

2. Афонин М.А. Описание экстракции азотной, плавиковой и фосфорной кислоты три-н-бутилфосфатом // Известия СПбГТИ(ТУ). 2013. № 20. С. 22–29.

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Самошкин М.М.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

e-mail: mik4836@yandex.ru

METHODOLOGY FOR FORMING A SYSTEM OF INDICATORS FOR ASSESSING THE QUALITY OF HEAT SUPPLY

Samoshkin M.M.

D.I. Mendeleev Russian State Technical University

Учитывая, что обеспечение стабильного, бесперебойного, безопасного и энергоресурсоэффективного теплоснабжения, а также интенсификационное развитие систем центрального теплоснабжения в Российской Федерации, можно без преувеличения назвать одной из приоритетных задач устойчивого развития экономики РФ, важнейшим показателем качественного теплоснабжения является соответствие установленных отраслевыми нормативно-правовыми актами характеристик теплоснабжения, включая физико-химические параметры [1]. С целью определения эффективности системы в целом, необходимо декомпозировать качество теплоснабжения на взаимосвязанные параметры, отражающие технические и организационные показатели деятельности.

Принцип действия системы центрального теплоснабжения аналогичен абсолютно для всех существующих в настоящее время предприятий данной отрасли и состоит из трех подсистем: генерации тепловой энергии, транспортировке и конечного потребления, что в свою очередь позволяет сформировать универсальную систему показателей эффективности и качественного теплоснабжения.

Для формирования информационной системы оценки качества теплоснабжения в базу данных необходимо внести следующие параметры:

- охват услугой (процент подключенных объектов);
- вид собственности тепло-сетевой инфраструктуры;
- суммарный объем вырабатываемой мощности;
- протяженность сетей (вид, тип, диаметр прокладки);
- температура теплоносителя;
- потери тепловой энергии при транспортировке (%);
- состояние сетей (количество инцидентов или аварий, влияющих на предоставление услуг);
- качество работы персонала (структура) и оказание сопутствующих услуг;
- финансовые показатели (стоимость единицы продукции для поставщика/потребителя);
- доступность подключения для потребителей (регулирующие данную сферу нормативно-правовые акты);
- показатели воздействия на окружающую среду (экологическая политика).

Данный перечень может быть дополнен с учетом индивидуальных особенностей предприятий центрального теплоснабжения в различных странах мира и зависящих от ряда определяющих инженерно-технических решений и факторов, таких как климат, экономическая или политическая конъюнктура и т.д.

Литература:

1. Мешалкин, В.П. Современные проблемы систем центрального теплоснабжения в Российской Федерации и определение основных направлений развития в части интенсификации и энергоресурсоэффективности отрасли / В.П. Мешалкин, М.М. Самошкин // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 17(279). – С. 65-68.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД

Соловей В.Н., Казнина Е.С.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

e-mail: lera_solovei@mail.ru

DEVELOPMENT OF HIGHLY EFFICIENT SPHERICAL CARBON ADSORBENTS FROM MAN-MADE WASTE FOR PURIFICATION OF VARIOUS ENVIRONMENTS

Solovei V.N., Kaznina E.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Активные угли находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая главные области: очистку водных и воздушных объектов. Однако сам процесс их производства требует значительных ресурсов и может сопровождаться образованием разнообразных отходов. Проблема техногенных отходов в производстве активных углей напрямую связана с экономическими и экологическими последствиями. Угольная пыль, карбонизированная и активированная мелочь могут быть переработаны с использованием современных технологий, что позволит не только сократить отходы, но и повысить общую эффективность производства.

В работе рассмотрена переработка высокодисперсных углеродсодержащих отходов (каменноугольная пыль марки 2СС (ИУ), пыль древесного карбонизата (ДК), пыль активированного угля АГ-3 (АП)) в сферические активные угли (САУ), сформованные с применением технологии гранулирования в водной среде. Основные структурные, сорбционные и технические характеристики полученных углей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – основные характеристики разработанных САУ

Активный уголь	$V_{МИ}$, $см^3/г$	$V_{МЕ}$, $см^3/г$	$V_{МА}$, $см^3/г$	V_{Σ}, $см^3/г$	I, %	МГ, мг/г	$\rho_Н$, $г/см^3$	П, %	A^d, %
САУ (ИУ)	0,31	0,16	0,43	0,90	90	128	0,59	90	6
САУ (ДК)	0,26	0,04	0,70	1,00	76	120	0,38	87	2,5
САУ (АП)	0,19	0,36	0,65	1,20	77	195	0,45	64	10
$V_{МИ}$ – объем микропор, $V_{МЕ}$ – объем мезопор, $V_{МА}$ – объем макропор, V_{Σ} – суммарный объем пор, I – адсорбционная активность по йоду, МГ – адсорбционная активность по метиленовому голубому, $\rho_Н$ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, A^d – зольность.									

Установлено, что технология переработки рассмотренных углеродсодержащих отходов может быть осуществлена путем их формования в водной среде с получением высокопрочных сферических конкурентноспособных сорбентов.

На примере очистки воды от растворенных нефтепродуктов показаны высокие значения нефтеемкости разработанных материалов (таблица 2).

Таблица 2 – результаты исследования нефтеемкости разработанных САУ

Активный уголь	Ест, мг/г	Эффективность очистки, %
САУ (ИУ)	417	97
САУ (ДК)	305	71
САУ (АП)	246	67
Ест – статическая равновесная емкость угля по растворенным нефтепродуктам		

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В ПОЛУЖИДКОСТНОЙ ПЕЧАТИ

Терентьева О.А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Лаборатория мирового уровня

e-mail: oksana.terentyeva@pharminnotech.com

OBTAINING AND APPLICATION OF WOOD PROCESSED PRODUCTS IN SEMI-LIQUID PRINTING

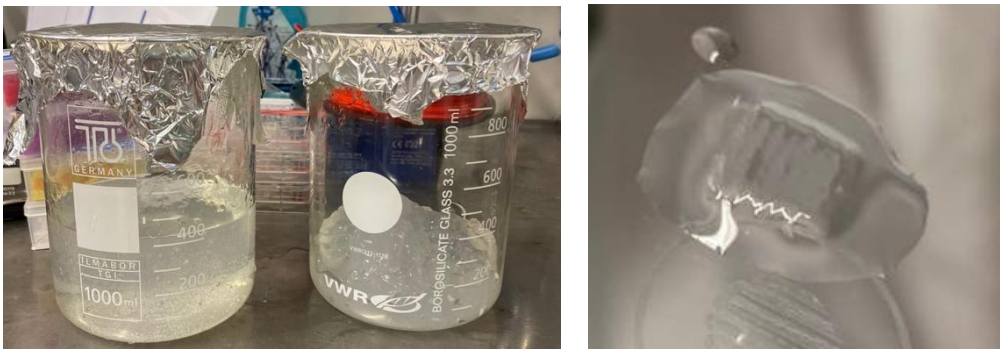
Terenteva O.A.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В процессе переработки древесины можно получить несколько ценных продуктов: до 40 % целлюлозы, до 30 % гемицеллюлозы и до 30 % лигнина. Гемицеллюлоза представляет собой второй по распространенности полисахарид, который до сих пор рассматривается как побочный продукт переработки. Гемицеллюлоза нашла свое применение в качестве подложки в трехмерной печати.

В качестве исходного сырья используется длинноволокнистая бумага, которая диспергируется в дистиллированной воде в течение 12 ч., постоянно перемешиваясь. Данная смесь подвергается ТЕМРО-окислению в присутствии натрия бромида и последующему подщелачиванию 0,5М раствором натрия гидроксида и натрия гипохлорита. Полученная гетерогенная смесь отмывается этанолом и центрифугируется с целью получения нановолокон гемицеллюлозы. Полученные нановолокна гемицеллюлозы растворяются в дистиллированной воде для достижения необходимой концентрации (от 0,5 до 1,5 %) и измельчаются в блендере до получения вязкого геля. Гель гемицеллюлозы гомогенизируется и центрифугируется с целью получения однородной системы, пригодной для трехмерной печати методом полужидкостной экструзии (рисунок а).

Плотность полученного геля позволяет создавать трехмерные структуры, предыдущие слои которых способны выдерживать вес последующих слоев, что может быть использовано в печати органов, тканей или подложек (рисунок б).



а **б**

Рисунок – Фотографии геля гемицеллюлозы (а) и напечатанной подложки (б)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 21-79-30029).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТИ ГАЗА В ПРЯМОТОЧНОМ ЦИКЛОНЕ

Топталов В.С.*, *Флисюк О.М.*, *Марцулевич Н.А.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра процессов и аппаратов
e-mail: ixumuk@mail.ru

MODELING OF GAS VELOCITY FIELD IN A DIRECT-FLOW CYCLONE

Toptalov V.S.*, *Flisyuk O.M.*, *Martsulevich A.N.
Saint-Petersburg State Institute of Technology

Многие технологические процессы являются источниками загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами, которые выбрасываются в атмосферу вместе с газовыми выбросами производств. Совершенствование конструкций аппаратов для очистки промышленных газовых выбросов является важной задачей, стоящей перед учёными и инженерами. Для проведения подобных исследований в последнее время все чаще применяются методы CFD – Computational Fluid Dynamics, которые позволяют с большой точностью определять поля гидродинамических величин в аппаратах. И, затем, на основе полученных данных проводить модернизацию конструкций пылеуловителей и методов пылеулавливания. Нашим научным коллективом была разработана и запатентована конструкция прямоточного циклона. Конструкция аппарата достаточно проста и, по сути, состоит из двух патрубков, служащих для входа и выхода газа, а также завихрителя с профилированными лопатками. Циклон показал хорошую эффективность даже при улавливании частиц 15-20 мкм. Для разработанного аппарата в программном комплексе FlowVision были построены поля скоростей для различных режимов работы. При моделировании использовалась полигесагональная призматическая сетка. Размер ячейки в области камеры разделения составлял 2 мм, в то время как в остальной части аппарата варьировался в пределах от 2 мм до 34,5 мм. Сложность гидродинамической картины движения потоков внутри такого аппарата связана с такими факторами, как наличие удара газового потока о завихритель, обтекание газом лопастей, срыв потока газа с лопастей и стабилизатора завихрителя, образование закрученного потока и турбулентного следа. Поэтому для более точного моделирования всех описанных особенностей была выбрана k-ω SST модель турбулентности, так как структура ее дифференциальных уравнений и коэффициенты, входящие в них, в наибольшей степени правильно описывают такие гидродинамические особенности течений как обтекание и срыв.

Основным элементом внутренней геометрии разделительной камеры циклона, является стабилизатор, который расположен непосредственно за завихрителем. Его назначение состоит в максимальном демпфировании потока, устранении вихреобразований, вызванных срывом потока с лопастей, а также уменьшении турбулентного «следа» после завихрителя. Область течения делится на две зоны, в которых гидродинамическая картина совершенно различна. В периферийной зоне закрученный поток газа движется строго вдоль стенки камеры с высокими скоростями. В центральной зоне формируется турбулентный «след», в котором генерируются обширные продольные циркуляции газа. Попадая в этот след, частицы уносятся в патрубок для выхода газа, что негативно сказывается на эффективности работы аппарата. Таким образом, результаты численного моделирования позволяют провести модернизацию конструкции прямоточного циклона с целью уменьшения влияния турбулентного следа стабилизатора завихрителя.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 21-79-30029).

СМЕСЕВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОГЛОТИТЕЛИ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Никифоров И.С., Хохлачев С.П.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и техологии материалов и изделий сорбционно техники

e-mail: Sergei.hohla4eff@yandex.ru

MIXED CHEMICAL ABSORBENTS FROM MAN-MADE WASTE

Nikiforov I.S., Khokhlachev S.P.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

В работе [1] была показана возможность получения мезопористых материалов из технического углерода, получаемого из отработанных автомобильных покрышек, и глинистого материала. Также в работе была показана возможность получения химического поглотителя воды, на основе предложенного мезопористого материала. Технология получения химического поглотителя заключалась в импрегнировании по влагоемкости хлоридом кальция ранее полученного мезопористого носителя из техногенных отходов. Химический поглотитель воды показал хорошие результаты по осушке воздуха в динамических условиях.

Поскольку при получении мезопористого носителя используется водная суспензия глинистого материала, открывается возможность ввести хемосорбционную добавку непосредственно на этапе приготовления носителя, тем самым уменьшить количество технологических стадий при получении химического поглотителя.

Таким образом, целью данной работы стала разработка технологии получения смесевых химических поглотителей воды и аммиака.

В качестве хемосорбционных добавок были выбраны хлорид кальция (хемосорбент паров воды) и сульфат меди (хемосорбент аммиака). Технология получения заключалась в завторении глины в растворе соли и последующем её смешении с техническим углеродом. Полученная паста гранулировалась и термообработавалась при различных температурах.

Сравнение кинетики и динамики поглощения паров воды на смесевом и импрегнированном химическом поглотителе показало, что материалы полностью идентичны. То же для прочности на сжатие.

Исследование динамики сорбции аммиака (C_{NH3} = 2,3 мг/дм^3) на смесевых химических поглотителях аммиака (содержание сульфата меди 15 % мас.) показало, что химические поглотители имеют коэффициент защитного действия 35 мин/см, длину неиспользованного слоя 2,5 см. Данные параметры говорят о том, что полученные химические поглотители аммиака достаточно эффектино сорбируют аммиак.

Таким образом, была предложена простая технология получения химических поглотителей воды и аммиака.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

Литература:

1. Самонин В.В., Подвязников М.Л., Спиридонова Е.А., Хрылова Е.Д., Хохлачев С.П., Гарабаджиу А.В. Российский химический журнал.2022. Т. LXVI. No. 3 с.61-69.

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Фураев Д.Н., Чупахина В.В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

e-mail: vvchupakhina@gmail.com

THE ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL DESIGN OF ISOMERIZATION PLANTS

Furaev D.N., Chupakhina V.V.

Saint-Petersburg State Institute of Technology

Проектирование и строительство новых и реконструкция существующих установок вторичной переработки нефти ведется в соответствии с современными ресурсосберегающими и энергоэффективными требованиями. В настоящее время для повышения эффективности процесса проектирования разрабатывают цифровые информационные модели (ЦИМ) объекта проектирования [1].

Изомеризация – это процесс превращения молекул углеводородов с линейной структурой в молекулы с разветвленной. Процесс важен для вторичной переработки нефти и отличается сложностью физических и химических процессов, использованием дорогих катализаторов, множеством технологических связей и разнообразием технологического оборудования. Для повышения эффективности технологического проектирования процесса изомеризации, актуальной становится разработка интеллектуальной системы (ИС), позволяющей осуществлять выбор и проверочный расчет оборудования для каталитической изомеризации в соответствии с требованиями технического задания (ТЗ). Архитектура интеллектуальной системы включает несколько модулей: модуль формирования технического задания на проектирование установок изомеризации; модуль выбора сырья и катализатора; модуль компоновки оборудования; модуль трассировки трубопроводов и расчета его характеристик; модуль поверочного расчета; база данных характеристик сырья, катализаторов и реакторов процесса изомеризации; библиотека математических моделей для поверочного расчета процесса изомеризации; интерфейсы проектировщика и инженера по знаниям.

Для реализации программного обеспечения интеллектуальной системы выбран язык программирования C с использованием платформы WPF. Для управления библиотеками и базами данными используется СУБД SQLite. Компоновка технологического оборудования и трубопроводная обвязка осуществляются в системе автоматизированного проектирования PlantLinker.

Разработанная интеллектуальная система сокращает время на проектирование и внесение изменений, снижает количество ошибок, а также повышает уровень автоматизации на этапах технологического проектирования, выбора и компоновки оборудования.

Тестирование интеллектуальной системы проводилось на примере данных установки изомеризации по производству высокооктановых бензинов ЛК-2Б, в котором сырьем является стабильный гидрогенизат и катализатор ATIS-2L. Результаты тестирования подтвердили работоспособность программного комплекса.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ №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. Т. 35. № 3. С. 482–487.

А

Абзианидзе В.В. 225
Абиев Р.Ш. 217, 458
Абрамян Л.К. 468
Абсалямова М.Т. 410
Аверина Ю.М. 479
Агаркова А.А. 313, 314
Агаркова М.О. 118
Аджей-Бой Н.А.Н. 235
Азаров Д.К. 236
Аксаков С.И. 377
Александров В.Д. 478
Александров С.А. 442
Александрова Ю.В. 471
Алексеев А.А. 182
Алексеев А.Е. 205
Аликин М.Б. 174, 199
Аликина Ю.А. 371
Алой А.С. 156
Аль-Шехадат Р.И. 389
Ананченко И.В. 278, 322
Андреева О.М. 140, 477
Анисеня И.В. 378
Антоненко Д.В. 49, 50
Антонович А.А. 51, 87
Апраксина Н.К. 410
Арлашкин И.Е. 16, 161
Артамонов А.А. 206
Артеева М.В. 461
Ассылова К.С. 221
Аттяуи С.С. 165
Афанасенко А.Е. 379
Афонин М.А. 487
Ахматнабиев М.Ф. 294, 295
АШ-Шериаа Х.Т. 370

Б

Бабаев А.И. 77, 108
Бабенко А.А. 141
Бабитова Е.С. 22, 24
Бабич К.И. 17
Баймухаметова А.Г. 237
Бакланова Е.Г. 70, 71
Балабанов С.В. 296, 307
Балашова И.С. 380
Балыш З.С. 344
Баракова Н.В. 411, 437
Баранков К.А. 315
Баранова В.Е. 103
Барашенков Н.А. 238
Барбин Н.М. 111
Барыльниик И.Н. 7
Басковцева А.С. 379
Басова Е.А. 13, 381
Бахметьев В.В. 29, 311
Бездудная О.Е. 465
Безнин Г.В. 410
Белокоскова С.Г. 410
Белорусов П.Д. 345
Белоусова О.Л. 160, 202
Белухичев Е.В. 187
Беляева А.Д. 382, 419
Беляева Д.С. 8
Беляева И.Д. 232, 382
Беляева К.А. 222
Беляков Н.А. 466
Белянкин Е.О. 361
Беналлал А-М.Н. 239
Беналлал Д.Н. 316
Бенедиктов П.М. 52, 67
Бердоносов Д.Ю. 348
Бережная Е.В. 53
Бережной А.Д. 119
Беспалов Д.С. 90, 91
Беспалов М.Д. 120
Бессонов В.В. 121, 467
Бесько А.Н. 383
Бибик Е.Е. 96
Билятдинова Е.К. 223, 229
Бирагова Я.В. 224
Боброва К.В. 384
Богачёва Е.А. 297
Богаченков А.С. 225
Богданов А.Е. 240
Богданов И.А. 23
Богданов С.П. 41, 298
Богданова А.С. 298
Богдановская С.А. 361
Болдин А.А. 142
Болотова Л.Д. 166, 167
Большаков А.А. 267, 457
Большаков М.Н. 168

Большакова Н.Д. 9, 10
Боридько Л.Ш. 299
Борисенко М.С. 11
Борисенкова А.А. 29
Боровиков М.О. 241
Боровикова А.С. 346, 355
Боровинская Е.С. 248, 335
Боровков В.А. 336
Бородий В.Д. 385, 392
Бородина М.О. 225
Бразовская Е.Ю. 222
Бречалов А.А. 22, 24
Британов В.П. 179, 310
Бузихина Е.А. 362
Булгакова Е.В. 54
Бурулев Т.В. 317, 318
Буслова М.А. 386
Быданов В.Е. 448
Быстров И.А. 387

В

Вагин А.А. 11
Василевская А.А. 184
Василенко А.В. 25
Васильев В.В. 242
Васильев Н.В. 26
Венкова Е.О. 143
Веригин А.Н. 207
Веселова Я.А. 388
Видякин Е.А. 104
Викторов Н.Б. 55
Виноградова А.А. 471
Виноходов Д.О. 413, 414
Вихман С.В. 146, 350
Вишневская Т.А. 466, 481
Власенко А.Б. 226
Власов Д.Ю. 196
Возняковский А.А. 346
Возняковский А.П. 346, 355
Волкова Д.Д. 72
Володина Д.В. 347
Володина Л.А. 243
Волокитина А.А. 30
Воробьев Н.В. 264
Воробьева А.С. 410
Ворона С.В. 52, 67
Воронков М.Е. 154
Воронов И.И. 443
Вощиков В.И. 196

Г

Гаврилова М.А. 359
Гаврищук С.О. 12
Гайдадым В.В. 363
Гайковая Е.М. 56
Галанов М.Э. 468
Галеева А.Я. 143
Галицкая В.С. 348
Галкина Л.В. 244, 319
Гвоздь О.А. 245
Герасимова Е.А. 57
Гизлер Н.Н. 288
Глебова И.Б. 183
Глебова Н.В. 25
Глухова Я.С. 74
Голецкий Н.Д. 33, 37
Головин Г.Д. 122
Голубева О.Ю. 182
Гончарова Т.С. 469
Горкина Т.Е. 98
Горьковая К.С. 225
Гостева С.А. 144, 155
Градов А.Е. 349
Гражданкина Ю.Ю. 462
Грауле И.А. 300, 303
Григорьев Д.А. 320
Григорьева Л.В. 361, 367
Григорьева Т.А. 231, 397
Гриценко М.М. 389
Грозеску Л.Ю. 485
Гуань С. 299
Гудкин А.В. 169
Гурко Н.С. 123, 134
Гурьянова М.О. 27
Гусев А.В. 172, 197
Гуцал М.А. 105
Гучанов Р.В. 246, 247
Гущина М.А. 470

Д

Давтян А.А. 170
Дадыкин А.Ю. 28

Дакуо К.Н. 58
Далидович В.В. 361, 444
Данилова Т.В. 370
Данилович Д.П. 30, 147
Данильчук В.С. 207
Дворко И.М. 190, 191
Демидов П.А. 127
Денисов Ю.С. 17
Джафарли Н.Т. 13
Джулаева Е.Г. 145
Дмитриева А.С. 14
Докторов Д.В. 465, 476
Долганина И.Р. 471
Долженко А. 39
Донцов С.А. 364, 462
Дорошенко К.С. 123
Драчук А.С. 227, 390
Дроздов Е.О. 344, 347
Дронов С.В. 121, 467
Дружинин В.Д. 59, 106
Дунец Е.В. 92
Дымшиц О.С. 30, 147
Дягилева А.Б. 369, 405
Дякин П.В. 146, 350

Е

Евдокимов А.Н. 95, 100
Евстигнеева Е.С. 124
Евстропьев С.К. 359
Егоров В.Н. 110
Егоров Д.М. 81
Егоров Н.А. 391
Егоров С.А. 472
Егорова А.В. 86, 465
Еловиков Д.П. 18, 19
Емельянов Г.А. 99
Ермаков Д.И. 457
Ершов Д.К. 248
Ершов Д.С. 160
Ершов И.С. 83
Ершова О.В. 252
Есиков К.А. 83
Ефимова В.В. 385, 392
Ефимова М.О. 107, 108
Ефимова Т.П. 56

Ж

Жабрев Л.А. 47
Жидоморова К.А. 15
Жосан И.А. 16
Жохова Ю.Р. 147
Жуков А.С. 298
Жулин Н.А. 249
Жученко А.С. 301, 309

З

Загребаев И.В. 125
Загузова Е.Е. 148
Зайцев А.Р. 320
Зайцев Г.А. 384, 393
Зайцев К.А. 364
Зайцева С.А. 302
Закирьяева Э.А. 233
Запорожченко А.С. 468
Заровняев В.Ф. 381
Зарубаев В.В. 377, 380
Захаров И.И. 473, 481
Захарова Н.В. 279
Зевацкий Ю.Э. 70, 71
Зеленина Е.В. 308, 459
Зеленская М.С. 196
Зенина А.Д. 408
Зиминов А.В. 84
Зотов А.С. 372, 474
Зыкова П.Д. 29, 374
Зяблова М.И. 30

И

Иванов В.С. 475
Иванова А.Г. 183, 357
Иванова Д.Н. 394
Иванова М.А. 60, 433
Иванова М.П. 56
Ивановский С.А. 194
Иванченко Н.Н. 303, 304
Ивахнюк А.Г. 111
Ижболдин М.Ю. 250
Ильин А.А. 251
Ильина А.В. 395
Ильина М.А. 173
Илюшин М.А. 346
Исматов Ш.П. 355

Ишутин А.Г. 208
Ищенко М.А. 77, 449

Й

Йимер Г.А. 396

К

Казнина Е.С. 490
Кайда А.А. 228
Калинин А.В. 93, 345
Калинина М.В. 35, 46
Камчаткин Т.И. 233
Кантерман А.С. 61
Карабанова Д.Р. 252
Караваева А.В. 359
Караджаев М.М. 253
Карпухин С.В. 445
Касцова А.Г. 25
Качалов С.И. 31
Каштанова У.Е. 170
Квашенко Е.А. 383
Кесарева Е.А. 47
Кильдеев К.Ф. 141
Киндт Д.Н. 397
Кириллов Д.М. 171
Кириллов М.М. 321
Кирова А.А. 109
Кирсанова Л.С. 398
Киселева Д.А. 351
Клименко Ф.Н. 305
Климов А.А. 201, 203
Князева Т.Д. 399
Князева Э.В. 93
Ковалёв И.Ю. 136, 193
Ковалева А.А. 322
Коваленко А.С. 353
Коваленко В.С. 32
Коваленко Е.П. 109
Коваленко Н.Ю. 254, 323
Коваль А.Р. 306
Козлов А.В. 475, 487
Козлов А.С. 113, 116
Козлов Н.М. 375
Колесников Б.А. 403, 404
Коломиец Г.Г. 446
Колосов М.А. 255
Кондиляброва В.Д. 476
Коновалова Ю.И. 140, 477
Копылова О.И. 478
Корниенко И.Г. 270, 277
Коробко А.И. 149
Королёнок К.А. 62
Косенкова А.А. 126
Косолапов Г.А. 324, 328
Костерова О. 172
Костюк Л.А. 400, 401
Костюк Л.В. 365
Костюк С.В. 365
Кочеткова К.В. 366
Краснова А.О. 27
Криворотов Д.В. 225
Крутова Д.А. 150
Крыласов Д.А. 391, 431
Ксенофонтов А.М. 171
Кудряшова А.К. 209
Кудряшова Ю.С. 202, 356
Кузнецов В.А. 210
Кузнецов Т.В. 33
Кузнецова А.Р. 39, 143
Кузнецова В.А. 151
Кузнецова Г.В. 251, 265
Кузьмин В.В. 34, 173
Кузьмина А.В. 352
Кукушкин В.Ю. 4
Кулаченков С.А. 99
Кулешова А.Д. 174
Куляев Е.В. 256
Куприна Е.Э. 421, 422
Куркина В.В. 280
Куропятник А.М. 296, 307
Куценко А.С. 479
Кушакова А.И. 353

Л

Лавренова А.В. 257
Лаврищева С.А. 478
Лавров Н.А. 187, 198
Лазарев А.Р. 258, 259
Лапик Е.Д. 402
Ларош П.В. 470
Латыпов А.А. 476
Латыпова У.М. 423

Латыпова Э.Р. 325, 326
Лебеда М.В. 403, 404
Лебедев Т.К. 367
Лебедева Н.В. 63
Лебедева Т.М. 165, 180
Левицкий И.В. 121, 467
Левыкин А.В. 70, 71
Лёзов Д.В. 62, 82
Лёзова О.С. 357
Лекомцев Р.О. 260
Ленивцев П.И. 405
Ленченкова Л.Е. 480
Леонтьева М.Е. 127
Лесных Л.И. 327
Липин В.А. 94, 100
Липовский А.Д. 149
Лисицкая Т.Б. 388, 399
Литау Е.В. 406
Литвин Я.А. 233
Литовский И.Н. 368
Литовченко А.С. 324, 328
Ловчиков В.А. 99
Логачев Е.П. 329
Логинов С.В. 157, 482
Локтюшкин Н.Р. 35
Лукина В.А. 64, 72
Любимова А.Е. 261
Лютова Ж.Б. 184, 197

М

Мажай В.С. 49, 65
Мазурик Д.И. 369
Макарова С.В. 36
Макарук Р.В. 258, 274
Макриди П.С. 407
Максимова Б.В. 389
Макурин И.С. 94
Макушева И.В. 205, 458
Малышева Е.В. 143
Малькова Е.В. 262
Мальцева Н.В. 473, 477
Мамина Д.Д. 408
Маммедова Д.Т. 438, 439
Мамчич М.В. 37
Марголина К.Я. 409
Марков В.П. 263
Марков М.А. 310
Маркова М.А. 172, 184
Марфичев А.Ю. 168
Марцулевич Н.А. 492
Маслацова А.А. 175
Матвеевская П.А. 410
Медведкин Д.Д. 128
Мельников А.А. 323, 330
Мельничук Н.А. 129, 176
Мельшина Е.М. 130
Мефодьев Г.А. 152
Мик И.И. 119, 131
Милицина А.А. 177
Миронова А.И. 66, 211
Миронова А.П. 178
Мирославов А.Е. 12, 24
Мирошниченко А.О. 52, 67
Мискина Д.В. 132, 133
Михайлиди А.А. 315
Михайлов А.В. 17
Михайлова Е.С. 68
Михайлова Ю.С. 264
Мкртчян С.С. 69
Мороз О.Ю. 141
Морозова В.Ю. 366
Мостовой Д.Н. 37
Муравский А.А. 166, 194
Муравьёва И.Б. 447
Мусаев А.А. 253, 255
Мусаев Ан.А. 313, 334
Мухаметов Д.И. 331
Мызников Л.В. 75
Мякин С.В. 299, 454
Мясищева А.С. 95

Н

Назарова С.В. 153
Насыхова Ю.А. 417
Наумов А.А. 33, 37
Неверовская А.Ю. 93, 345
Незамаев Н.А. 212
Ненашева П.Н. 411
Нечитайлов А.А. 25
Никитин И.Д. 473, 481
Никитина Т.О. 179
Никифоров И.С. 493

Николаев А.М. 353
Николаев А.Ю. 219
Николаев О.О. 180
Николаева А.Д. 482
Николаева Е.В. 483
Николайчук Г.А. 141
Николенко А.В. 38
Никольская Л.А. 110
Нилова Д.В. 70, 71
Ниязов М.Г. 64, 72
Новая Д.А. 265
Новикова Д.С. 426
Новикова Е.А. 462
Новожилова Д.Д. 73
Новожилова Е.А. 351, 354
Новожилова И.В. 468, 476
Норкина А.Н. 134
Няникова Г.Г. 382, 440

О

Обрывалин М.В. 17
Овчаров И.А. 111, 370
Овчинникова В.Л. 448, 449
Оганнесян Ф.А. 412
Олейников М.О. 181
Олексенко В.Р. 98
Олофинская Н.А. 413, 414
Орехов Н.А. 112
Орлов К.В. 182
Орлова А.А. 223, 229
Осипенко А.А. 266
Осипенко У.Ю. 130
Осминина А.А. 18, 19
Островский В.А. 83

П

Павлов Б.Д. 105, 110
Палесика А.А. 332, 333
Панфилов Д.А. 178, 186
Парих К.А. 371
Парунова А.Н. 154
Пахомов А.А. 428
Пахомов Е.В. 484
Пашин К.А. 144, 155
Певзнер Л.М. 58, 63
Пелагейкина А.О. 27
Пелешенко А.С. 267
Петров Д.Н. 235, 483
Петров М.Л. 58, 63
Петрова Ю.А. 95, 98
Печенкина Е.С. 101, 170
Пешехонов А.А. 241, 281
Пивинский Ю.Е. 146, 350
Пилецкая А.С. 415
Пилецки А.Б. 268
Плонский В.Ю. 247, 488
Подкопаева Е.Д. 354
Подольская А.О. 485
Подцыкина П.А. 416
Полетаев К.А. 183, 374
Политов А.А. 480
Политова И.В. 417
Полосин А.Н. 236, 276
Полтавец Е.А. 334
Полякова А.М. 260
Полякова И.М. 418, 423
Поняев А.И. 74
Попова В.Д. 419, 440
Попова Е.А. 69, 233
Попугаев А.В. 172, 184
Потапов К.А. 39, 101
Потапова К.К. 470
Потапова М.А. 135
Потехин Д.А. 213
Правда А.В. 420
Привалова А.Э. 372
Пристегина К.А. 486
Пронина Ю.А. 53
Проститенко О.В. 257, 286
Путис С.М. 358
Пушкарев М.А. 387
Пятиров Д.А. 487

Р

Раджабов М.И. 7, 45
Разыграев А.С. 285, 469
Ратасеп М.А. 214, 215
Рашидов Д. 355
Ремизова О.А. 284, 290
Речкин М.М. 270, 271
Речкина П.А. 269
Рогов А.Ю. 272, 273

Родин А.С. 185
Родина М.А. 215
Родинова В.Д. 96
Родионова О.М. 75
Розе К.А. 230
Романов А.П. 266
Романов Е.Ю. 113
Романова А.А. 231, 408
Романова В.В. 216
Рудакова И.В. 266, 291
Рудая Л.И. 168
Рудова Е.А. 421, 422
Русин А.С. 274
Русинов А.В. 152
Рухлова К.А. 488
Рыжанов К.А. 97
Рымшин Г.А. 197
Рябинина А.И. 186

С

Савенков И.Д. 423
Савенков О.Г. 275
Савин А.О. 484
Сагайдак А.В. 409, 426
Сакс Е.Э. 75
Самонин В.В. 444, 474
Самошкин М.М. 489
Самсоненко А.А. 40
Сапенок А.С. 76
Саранцева А.А. 335
Сахабеев Р.Г. 395
Сахипова А.Р. 232, 424
Сахоненкова А.П. 22, 34
Свердлова О.П. 433
Светунькова А.М. 77, 114
Свинцицкая Н.И. 78
Севрюгова М.И. 187
Седлецкий Г.В. 276
Селезнева В.В. 425
Селиверстова Н.А. 450
Селина Е.Н. 75
Семенов В.В. 381
Семёнов К.Н. 20, 349
Семенова Т.Э. 426
Семикин К.В. 126
Сенин Е.Л. 277
Сентуков Н.Е. 8
Сергеева Н.М. 41
Серебрянских Р.А. 156
Сероглазова А.С. 188
Сивакова Ю.С. 454
Сидоров Н.Э. 217
Сидорова А.П. 78
Сикорский Н.Ю. 79
Силагадзе К.Г. 336
Силантьев В.В. 278, 337
Силина М.Д. 427
Симакова К.Ю. 338
Синило Д.А. 279
Синичкина А.А. 428
Ситникова А.Д. 356
Скорлупкина П.Д. 280
Скородумова А.А. 189, 218
Скрылькова А.С. 68
Скрыльникова М.А. 80
Сладковская Е.В. 135
Сладковский Д.А. 103, 122
Сластихина П.В. 156
Слесарев Д.С. 53
Смелик А.М. 429
Смирнов В.М. 141
Смирнов И.А. 250, 261
Смирнов И.В. 224
Смирнова А.И. 405, 415
Смирнова Д.А. 124
Снетов В.Н. 36
Снятков И.В. 308
Собченко П.К. 430
Содиков Ф.Х. 355
Соков А.Е. 98
Соколов А.А. 157
Соколов А.И. 451
Соколов Г.С. 196
Соколов Ю.П. 99
Соколова А.А. 357
Соколова А.В. 434
Солдатов А.А. 301, 309
Соловей В.Н. 363, 490
Соловьянова Я.Р. 115
Сомов А.С. 281
Сонин Н.О. 54, 81
Соппа М.С. 282

Сорока П.И. 33
Сорокин С.С. 385, 392
Сорокина В.С. 337
Сосновенко К.И. 358
Спиридонова Д.А. 190, 191
Спиридонова Е.А. 373, 485
Старикова Э.А. 438, 439
Старшова Я.В. 192
Стельмахова А.С. 116
Степаков А.В. 53
Степанчук А.П. 136, 193
Столоногова С.И. 230
Сторожек Г.О. 167
Струченков З.А. 32
Субботин Д.И. 17, 36
Сулим Ю.С. 42
Суханова Д.А. 158, 162
Сухоносов К.П. 373
Сысоев Е.И. 300, 304
Сычев М.М. 310, 463

Т

Табаров С.Х. 355
Тарасенко О.А. 417
Телин А.Г. 480
Терентьева О.А. 491
Тимощук К.В. 20
Тимушева М.В. 410
Титова С.П. 82
Тищенко Е.А. 64, 72
Толстова А.А. 313
Томаев В.В. 302
Тонян З.Н. 417
Топталов В.С. 492
Торопова А.В. 431
Трибулович В.Г. 397, 409
Трифонов Ю.Я. 283
Трясцын А.Ю. 284
Туманов П.А. 43
Тухватуллина Л.Г. 44
Тучаев Г.М. 45
Тюпина М.Ю. 34
Тяпкина Д.А. 167, 194

У

Украинский А.П. 159
Усатова О.А. 339, 340
Усачева У.О. 66, 374
Устабаев П.Ш. 32

Ф

Фаздалова А.Р. 195
Фалалеева Д.А. 421, 432
Фарафонов Н.В. 46
Фарберов П.Я. 452
Фатуев Е.Д. 83
Федин А.К. 239
Федоренко Н.Ю. 160, 356
Федорова Н.А. 433
Федорова С.В. 100
Федотов А.М. 219
Фирсова П.О. 161
Фищев В.Н. 454
Флисюк О.М. 492
Фоминых П.А. 279, 341
Фомичева П.Ю. 285
Форсова К.А. 84, 85
Фриуи М. 396
Фролкова К.А. 410
Фураев Д.Н. 494

Х

Халимон В.И. 257, 286
Хамидулин Я.А. 196
Харисов И.Р. 342
Хачатрян Д.С. 377
Хижняков Р.Р. 197
Хоршев А.А. 156
Хотянович Д.В. 84
Хохлачев С.П. 493
Хохлов М.Л. 34
Храмов А.Н. 9, 10
Храмчихин А.В. 80
Христюк Н.А. 298
Хромин Д.А. 39

Ц

Цветкова Е.А. 141
Цветкова И.Н. 196
Цейтлин Г.Д. 201, 203
Цикунов С.Г. 410

Ч

Чабанова М.М. 140
Чекуряев А.Г. 299, 310
Черкасова А.С. 86
Черкесова В.А. 434
Чернец Ю.А. 158, 162
Чернов И.С. 233
Чистякова Т.Б. 475, 488
Чумаков С.И. 453
Чумакова О.А. 435, 436
Чупахина В.В. 494
Чуппина С.В. 47
Чуприян А.М. 137
Чуркина А.В. 308

Ш

Шабанов К.О. 287
Шальнова Л.И. 198
Шаляпина О.В. 288
Шангина Е.О. 163
Шарова Н.Ю. 433
Швиндин М.А. 459
Швиндина Ю.А. 437
Шевцова А.А. 289
Шелеманов А.А. 359
Шершнева С.М. 51, 87
Шилова О.А. 183, 196
Ширгалеева Э.Р. 438
Шишкин Р.Н. 290
Шляго Ю.И. 444, 454
Шмелькова С.А. 348
Шохина В. 199
Шошина С. 138
Шугалей И.В. 346, 355
Шульцев А.Л. 88

Щ

Щербинина О.В. 455

Ю

Югай Л.А. 375
Юганов В.А. 207
Юленец Ю.П. 287
Юрикова Д.В. 116

Я

Яковлев А.А. 39, 101
Яковлев С.М. 113
Якомазов П.С. 291
Якубов Р.Н. 480
Якункинский С.В. 141
Якупов А.М. 439
Янг Г.Ф. 311
Ячкова В.А. 419, 440
Ящук М.О. 292

Научное издание

XV научная конференция «Традиции и инновации», посвященная 196-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)

Отпечатано с оригинал-макета. Формат 60x84. 1/16
Печ.л. 16,5 Тираж 300 экз.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А



Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

ISBN 978-5-905240-97-3