МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Материалы
Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р. З. Магарила

Том 1. Химия и химические технологии.
Биотехнология и продовольственная безопасность.
Энергетика, электротехника и приборостроение

Тюмень
ТИУ
2022

УДК 378.091.2
ББК 74.58
М 341

Ответственный редактор:
кандидат технических наук, доцент А. Н. Халин

Редакционная коллегия:
А. А. Кулемина (зам. ответственного редактора),
У. С. Путилова, Н. С. Яковлев, А. М. Глазунов, В. Г. Попов,
В. Ю. Неверов, Г. А. Хмара, Ф. А. Лосев

М 341

Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р. З. Магарила. Том 1. Химия и химические технологии. Биотехнология и продовольственная безопасность. Энергетика, электротехника и приборостроение: / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2022. – 460 с. – Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-9961-2817-4 (общ.)
ISBN 978-5-9961-2818-1 (Том 1)

В сборнике представлены статьи и доклады, выполненные на Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева, проходившей в Тюменском индустриальном университете в 2021 году. В них изложены результаты исследовательских работ по широкому кругу вопросов.

В первом томе представлены материалы конференции по направлениям химия и химические технологии, биотехнология и продовольственная безопасность, энергетика, электротехника и приборостроение.

Издание предназначено для научных, социально-гуманитарных и инженерно-технических работников, а также аспирантов и студентов, технических и гуманитарных вузов.

УДК 378.091.2
ББК 74.58

ISBN 978-5-9961-2817-4 (общ.)
ISBN 978-5-9961-2818-1 (Том 1)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Абачиев А. С.о. Сравнительная характеристика ректификационных аппаратов 13

Абрамов З. Д., *Быков М. В., Пахомова М. В., Суслов Д. С.* Каталитическая теломеризация мирцена в присутствии катионных ацетилацетонатных комплексов палладия 15

Агапов А.А. Утилизация попутного нефтяного газа 18

Азнагулов Р. Ф., Хабибулина Л. Р., Гарифуллин Б. Ф., Волошина А. Д. Синтез и цитотоксичность 1,2,3-триазолсодержащих гликозилфосфонатов с n-ацетил-d-глюкозаминовым фрагментом 20

Алтынов А. А., Богданов И. А., Киргина М. В. Производство компонентов автомобильного бензина цеоформингом стабильного газового конденсата: влияние размера частиц цеолитного катализатора на характеристики продуктов 23

Андриянова Д. В. Фотоокисление водных растворов тетрациклина 25

Артюшевский Д. И., Георгиева Э. Ю. Утилизация отходов производства фторида алюминия с получением вторсырья 27

Ахметова А. Г., Микрюков Г. К., Ахтямова З. Г., Гильманов Р. З. Изучение возможности синтеза нитроимидазотриазина 29

Бадёра Е. В. Анализ эффективного использования попутного нефтяного газа на территории Российской Федерации 31

Бадёра Е. В. Совершенствование процесса очистки оборотной воды в блоке деизопентанизатора установки «ИЗОМАЛК-2» 34

Барабанов Н. М. Синтез низкоосновных сложнооксидных смесей в системе Al_2O_3-CaO методом нитратного горения 37

Баташев С. А., Севостьянова Н. Т. Определение палладия в катализаторах Pd/C: систематизация методов количественного анализа и особенностей применения спектрофотометрии 40

Баташев С. А., Севостьянова Н. Т. Синтез уксусной кислоты и метилацетата карбонилированием метанола 43

Батрева Т. Г., Климшина В. И., Ушакова А. А. Направленный транспорт противоонкологического препарата bp-cx-1 с помощью полимерных матриц на основе гиалуроновой кислоты 47

Богданов И. А., Алтынов А. А., Киргина М. В. Производство компонентов низкозастывающих дизельных топлив из прямогонных фракций нефти на цеолитном катализаторе 48

Бондарцева А. А. Синтез цианинового красителя с 3,6-дибром-9-гексил-карбазольным заместителем при атоме азота гетероциклического остатка 51

Бороздин А. В., Эльтерман В. А., Шевелин П. Ю. Катодные поляризационные кривые алюминия в кислой хлоралюминатной ионной жидкости три-этиламингидрохлорид 52
Бузырева Е. Д., Смышляева К. И. Влияние углеводородного состава топлива на эффективность действия депрессорных присадок 56
Бурнашева А. И. Недостатки и преимущества «серого», «голубого» и «зеленого» водорода 57
Власкина Е. Р., Лусс А. Л., Дятлов В. А. Гликозилирование физиологически активного нафтальдегида госсипола как метод снижения его активности 59
Вторушина В. А., Дружинина Д. Н., Таранова Л. В. Анализ методов получения водорода 61
Гатина А. З., Силютин И. А., Ахтямова З. Г. Новые пути синтеза 6-(1-метил-4-нитроимидазолил)-5-меркаптопурина 63
Гиричева М. А., Покровская А. В., Наумова А. С. Фотохимический синтез 2-аминофеноксазин-3-она 64
Григораш А. И., Ренев И. Е. Биотопливо третьего поколения 65
Гринюк Е. В., Шуляковская М. Б. Фронтальная олимеризация акриламида в непрерывном режиме 68
Гуляев С. А., Викулова Е. С., Сухих Т. С., Ильин И. Ю. β-дикетонаты серебра(i) с объёмными концевыми заместителями и их циклооктадиеновые производные: синтез, структура и термические свойства 71
Демерлий А. М., Севостьянова Н. Т., Баташев С. А. Модели селективности образования метилпеларгоната в реакции метоксикарбонилирования октена-1 73
Демерлий А. М., Севостьянова Н. Т., Баташев С. А. Разработка кинетических моделей реакции метоксикарбонилирования циклогексена в присутствии каталитической системы $Pd(OAc)_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота 75
Диярова Н. Р., Чёрный К. В., Лаврова О. М. Поиск новых полезных биологически-активных свойств азотсодержащих гетеро-циклов 77
Джессика Патрисиа Доносо Де Ла Торре Минерализация гидрогелей на основе поливинил-пирролидона (ПВП) 81
Егорова Е. С., Шишликова М. А., Сизова Т. С. Сенсор на ионы серебра на основе замещенного 6-(2-гидроксифенил) никотинонитрила 83
Ермолаева А. А., Лаврова О. М. Изучение S и O-содержащих гетероциклов на полезную биологическую активность 85
Ефанова А.О., Богданов И. А. Анализ изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива в смеси с тяжелым газойлем и депрессорной присадкой 88

Жильцова Е. Е., Юртаева А. А. Исследование возможности переработки отхода производства глинозема посредством кислотного выщелачивания 92

Житков Н. В., Романов К. Ю., Рудко В. А. Разработка способа борьбы с отложениями полисульфидов на НПЗ 94

Загидуллина А. Р. Производство «зеленого» водорода 95

Захарова Д. С. Оценка эффективности фотокаталитического окисления в обработке сточных вод, содержащих нитрофурал 98

Здрецов И. М., Коноплин Р. Р. Влияние различных добавок на свойства носителей катализаторов на основе оксида алюминия 100

Зубакина М. А., Шайдулина А. А. Сорбция шестивалентного хрома из жидкой фазы шлама после проведения процесса дегидрирования изобутана 103

Зубкова О. С., Бабыкин Р. Р. Способ переработки фосфогипса 105

Зубкова О. С., Панкратьева К.А. Сорбент на основе сапонитовой глины 108

Ибрагимова А.Т. Подземное хранение водорода 112

Иванцова Н. А. Чурина А.А. Эффективность фотоокисления в процессах очистки воды от фенол-формальдегидной смеси 115

Игуминова В. А. Анализ использования мобильной компрессорной станции при локализации аварий на газопроводах 117

Игуминова В. А. Изучение возможности использования золошлаковых отходов при производстве строительных материалов 120

Каратаева П. Р., Иванцова Н. А. Фотоокислительная деструкция водных растворов резорцина 123

Карнаухов А. Ю. Использование мембранных модулей для осушки углеводородного газа 126

Карпенко Я. О. Катализаторы дегидрирования пропана 128

Катаев Д. Н. Производство катализаторов в России 130

Коваль К. А. Исследование процесса фотокаталитического окисления фенола с использованием сульфата кобальта (II) и пероксида водорода 133

Колоколов Д. С., Маркарян А. А., Вознесенский М. А. Положение допанта в кристаллической структуре матрицы как ключевой параметр, отвечающий за тушение фотолюминесценции на примере Eu- SnO_2 и Eu- γ-AlOOH 135

Косолапова С.М., Кудинова А.А., Пягай И.Н. Применение гомогенного кислотного и щелочного катализатора в реакции переэтерификации растительного сырья 138

Кочнев Н. Д, Осмоловская О. М. Изучение влияния кислородных вакансий на фотокаталические свойства наночастиц оксида цинка 140

Кудинова А. А., Рудко В. А. Влияние параметров процесса замедленного коксования на качество получаемого после активации нефтяного кокса высокопористого углеродного материала 142
Кузьменко Л. В. Проблема выбора укладываемого дорожного покрытия с точки зрения его технических характеристик и климатических условий 144
Кузьмин К. А., Смышляева К. И. Депрессорные присадки к топливам 146
Лапа Н. О. Особенности гидроочистки дизельного топлива при использовании комбинированных реакторов 148
Липилина А. Е. О Направлениях использования и обезвреживания надсмольной воды 150
Логунова Д. В. Разработка многоканальных электрохимических ячеек на основе луночного полистиролового планшета и углеродных чернил 152
Лукьянов Д. М., Алтынов А. А. Анализ состава продуктов цеоформинга н-гексана и циклогексана 155
Любушкин Т. Г., Носова Т. И. Переработка кварц-лейкоксенового концентрата с получением структуры псевдобрукита 158
Лялин Е. Д., Ильина Е. А., Першина Л. С. Модификация интерфейса $Li_{6.55}Al_{0.15}La_3Zr_2O_{12}|LiCoO_2$ путём введения легкоплавкой добавки Li_3BO_3 160
Мальцева А. Р., Липских М. В. Исследование электрохимических свойств антра-хинонового красителя reactive blue 4 163
Мальцева Е. С., Трефилина Д. А., Рябченко Е. О. Кривошапкина Е.Ф. Фотолюминесцентные гибридные материалы на основе натурального шелка паука 167
Мелешенкова В. В., Кузнецов Д. Н. Сорбционные и колористические свойства новых бисазопроизводных 2,4,6-тригидроксинитробензола 168
Мешалкина А. С., Смышляева К. И. Исследование влияния природных и синтетических депрессорных и депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства углеводородных топлив 170
Микрюков Г. К., Ахметова А. Г., Ахтямова З. Г., Нагорнова О. А. Изучение влияния нитрогрупп на циклизацию нитроимидазолилгидразонов 171
Мискичекова З. К., Гавва М. А. Реагентная очистка фильтрата полигона твердых коммунальных отходов 174
Михайлец Н. Р. Каталитическая термополиконденсация нефтяных пеков для получение углеродной пены 176

Михайлец Н. Р. Термополиконденсированный нефтяной пек для получения углеродного волокна 178
Мухин К. А. Внедрение технологи утилизации углекислого газа на нефтехимические производства 180
Николаев А. Ю., Лаврова О. М. Полезные биологически-активные вещества на основе кислород содержащих гетероциклов 182
Новицкая В. В., Кривошапкин П. В. Мультифункциональные наночастицы оксида гафния для терапии и диагностики онкологии 185
Нуруллин И. Л. Новые производные нитробензофураксана как платформа для создания противоопухолевых препаратов 188
Осипенко М. А., Харитонов Д. С., Касач А. А., Курило И. И. Структурирование поверхности магниевых сплавов методом микродугового оксидирования 191
Переверзева Т. А., Черноусова Н. В. Влияние оксифторирования на показатель воздухопроницаемости нетканого материала 194
Петухова Е. А., Суворова Ю. В. Бисаминотиадиазолпропан и его ацилированный аналог: синтез и исследование биологических свойств in silico 197
Пецух Г. Р., Родин А.С., Литосов Г. Э. Получение пенополиимидов на основе полиакриламида 199
Пимнева Л. А. Извлечение меди (ii) из водных растворов природным сорбентом, содержащим монтмориллонит 200
Полетаев И. А. Модернизация теплообменного оборудования 204
Полещук И. Н. Сорбционный способ удаления тяжелых металлов из водных растворов 206
Проничев Г. М. Замена катализатора в технологии получения ДОТФ 208
Проничев Г. М. Экологический пластификатор от ведущей нефтехимической компании для нужд населения 210
Рахимов Б. Ю. Абсорбенты осушки природного газа 211
Рахимов Б. Ю. Анализ абсорбентов осушки углеводородных газов 214
Рашмакова А. Е., Колякина Е. В., Гришин Д. Ф. Синтез депрессорных присадок в присутствии дитиобензоата – эффективного регулятора молекулярно-массовых характеристик полимеров 216
Рзаев Р. И. Проблема переработки попутного нефтяного газа 220
Романов К. Ю., Житков Н. В., Рудко В. А. Исследование строения и свойств сернистых соединений при выпадении полисульфидов с установки первичной переработки нефти 222
Рыбаченко А. Ю., Сурменев Р. А., Чернозем Р. В. Исследование процесса синтеза магнитоэлектрических наночастиц 223

Рябченко Е. О., Стаценко Т. Г., Мальцева Е. С., Мурзова А. Е. 3D печать наноколлоидных чернил на основе латексных наночастиц с противоположным зарядом 225
Савина А. А. Мембранный метод подготовки попутного газа 227
Савина А. А. Сравнение аппаратурного оформления Процесса нтс 230
Сафин Н. С., Глазунов А. М. Гидратообразования и методы борьбы с ними 233
Свахина Я. А., Грай К.М., Шайдулина А. А. Восстановление шестивалентного хрома в жидкой фазе катализаторного шлама после процесса дегидрирования изобутана 237
Севостьянова Н. Т., Баташев С. А. Особенности определения хлорной кислоты в органических смесях ионометрическим методом 240
Севостьянова Н. Т., Баташев С. А. Растительные масла как источник ненасыщенных субстратов для алкоксикарбонилирования 242
Сизова Т. С., Шишликова М. А., Тарасова А. А. Сенсор на ионы серебра на основе замещенного 5,6-дифенилникотинонитрила 245
Силютин И. А., Гатина А. З., Нагорнова О. А., Ахтямова З. Г. Синтез биологически активных соединении на основе 4,4',5,5'-тетранитро-2,2'-бисимидазола 248
Скапишев Н. А., Вахрушев Н. Е., Михаленко И. И. Адсорбция бихромат-ионовна оксидах Al-Zr(Yb) с СВЧ обработкой перед прокаливанием 249
Смирнов П. В. Геохимические параметры краевых фаций тавдинской свиты раннего палеогена (Зауралье) 252
Соколова М. В. Озонирование водного раствора танина 253
Старков М., Самигуллин А. Р., Габдулхаков Р. Р. Переработка фенольной смолы, отхода кумольного производства фенола, в высокотемпературный пек 256
Тарасова А. А., Зайцева И. И., Егорова Е. С. Исследование агрегационно-индуцированной эмиссии новых производных стильбазола 257
Титова М. Е., Кашурин Р. Р., Жадовский И. Т. Исследование самоосаждения лантаноидов в карбонатно-щелочных растворах 259
Тиханова С. М. Особенности формирования $YbFeO_3$ и влияние фазового состава на фотокаталитическую активность 261
Трефилина Д. А., Мальцева Е. С. Синтез, морфология и свойства наночастиц оксида тантала(v) для применения в тераностике 264
Уромичева М. А., Семенычева Л. Л. Синтез привитыхсополимеров коллагена и бу-тилакрилата под действием инициаторов различной природы 267
Ушмодина Е. А., Мишина В. Е., Карсункина А. С., Новикова Е. А. Сорбционные системы блочного типа с варьируемой порозностью для концентрирования полярных органических соединений 270

Фартдинов Л. Ф., Никитин В. Г., Мухаметшина А. М. Взаимодействие калиевой соли динитропропил-нитрофуразана с перманганатом калия 272
Федоренко А. А., Костюк С. В., Гринюк Е. В. Сальникова И. А. Влияние радиационной деструкции на гидролиз поли-l-лактида 274
Федоренко А. А., Фомина Е.К., Климовцова И. А., Сальникова И. А. Радиационное модифицирование хитозана 277
Фомина Е. К., Кудрявский Д. Л., Иванчиков Я. Д., Гринюк Е. В. Водные растворы хитозана в качестве объекта радиационной модификации 280
Фомина Е. К., Климовцова И. А., Кудрявский Д. Л., Иванчиков Я. Д. Формирование макромолекулярных комплексов ионов Cu(II) в водноуксуснокислых растворах хитозана 283
Хасанова А. Р., Спатлова Л.В. Изучение реакции замещения он - групп в фенолах на гидроксиламин 287
Хорьков А. А. Производство водорода биологическими процессами 288
Чайкина Я. И. Влияние наночастиц оксида железа на процесс разделения водонефтяных эмульсий 289
Чемакина И. С., Андрусенко Е. В. Методы оптимизации процессов переработки попутного нефтяного газа: исторический очерк и актуальные проблемы 292
Шабарчин А. А. Сорбенты для процесса улавливания углекислого газа из атмосферы 295
Шабарчин М. А. Разработка мероприятий по комплексному использованию месторождений 296
Шафер С. Е., Орлова А. М. Улучшение низкотемпературных свойств прямогонного дизельного топлива 298
Шелехов А. Д., Киреева А. Р., Нечеухина А. М., Аникина Т. А., Черных Д. С., Галеев К. В. Создание фармацевтической субстанции с высоким содержанием биологически активных веществ 300
Шенцева И. А. Гетерометаллические галогенидные комплексы висмута и сурьмы 303

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Арбузов В. П. Разработка рецептуры и технологии напитка для активации когнитивных функций населения в условиях Арктики 304
Баранова З. А. Актуальные источники триглицеридов POP для формирования состава альтернатив масла-какао 307
Башурова Д. Е. Разработка рецептуры и технологии производства десерта моти на основе рисовой муки, обладающего антистрессовой направленностью 309
Волотько Ю. С. Качество жировых ингредиентов как фактор производства безопасных кондитерских изделий 313
Воронова Е. В. Анализ объектов интеллектуальной собственности 315

по биодоступности полифенолов
Галиахметова А. А. Разработка пищевого полифункционального ингредиента для профилактики урологических патологий 319
Герасимова А. В. Влияние физико-химических показателей на безопасность хлебо-булочных изделий 322
Замиралова П. В. Оценка физиологического действия микроэлементов на деятельность ЦНС 325
Замиралова П. В. Влияние пищевых добавок энергетических напитков на деятельность центральной нервной системы молодёжи 327
Зайцева А. Д., Азопков С. В., Рублева С. А., Гурченкова Л. А. Очистка сточных вод цеха производства мармелада 330
Зеленская Е. Э., Робканова Ю. С., Рослякова А. О. Актуальность использования пищевых добавок в детском питании 333
Зимнухова А. Е., Зимнухов М. А. Использование микроорганизмов при высадке бобовых культур как способ биологической рекультивации буровых шламов 335
Иноятова Л. И. Разработка рецептуры и технологии функционального продукта, для профилактики гипертонической болезни 337
Кадрицкая Е. В. К вопросу использования меланина в пищевой промышленности 340
Калашников С. В., Гнучих Е. В., Гвоздецкая С. В. Потребительские показатели некурительной табачной и никотинсодержащей продукции 344
Китаева М. П. Цитотоксическая активность ацетоновых экстрактов суспензионной культуры Podophyllum peltatum в отношении клеток HeLa 347
Король С. Обоснование рецептуры и технологии желированного биопродукта, предназначенного для повышения стрессоустойчивости организма 349
Кузнецова П. Д, Исследование биоактивности и токсичности кальций-замещенного германата лантана со структурой апатита 352
Мельникова Е. И. Применение гидролизата сывороточных белков в технологии углеводно-электролитного напитка 354
Онипченко К. И. Экспертная оценка резервных возможностей жировых ингредиентов для кондитерских глазурей 355
Попова М. Ю. Изменение ферментативной активности и ФТС муки при различных режимах термической обработки 357
Попова М. Ю. Оценка качественных показателей кофе при варьировании условий хранения 361

Прилепа Д. А. Пути поступления тяжелых металлов в организм человека 365
Проничева К. А. Основные аспекты продовольственной безопасности 368
Проничева К. А. Экологически устойчивое потребление продуктов питания 371
Сбродов И. А. Разработка рецептуры и технологии пищевого премикса для повышения устойчивости организма к воздействию стресса 373
Серых Т. А., Бадретдинова В. Т. Исследование биосовместимости материала на основе гидроксиапатита в присутствии оптически активных веществ 375
Скрипник А. С. Разработка рецептуры и технологии комбинаций смузи для спортивного питания 376
Соловьев В. А. Разработка функционального кондитерского изделия для профилактики железодефицитной анемии 380
Филатова А. Я. Преимущества хумуса в повседневном питании 382
Чернякова К. А. Влияние активного ила на очистку сточных вод 385
Шахмурадова А. С. Разработка рецептуры и технологии фруктово-ягодного сорбета, обладающего иммуномодулирующим действием 387
Южакова А. А. Маркетинговые исследования по изучению потребительского спроса на кондитерские изделия с целью разработки функциональных продуктов 389
Южакова А. А. Формирование показателей безопасности мучных кондитерских изделий на основе дикорастущих растений 393
Яковлева С. Ю. Влияние условий хранения на физико-химические показатели йогурта 396

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Андреева Ю. Н. Оценка возможности электроснабжения отдаленных маломощных нефтепромысловых потребителей на основе ВИЭ 399
Антропова В. Р., Махмутова В. Р. Разработка гибкого подхода к управлению техническим обслуживанием и ремонтами нефтепромыслового электрооборудования 402
Васьков Д. Е. Использование ветрогенераторов на линиях метрополитена 404
Зиангиров А. Ф., Фархутдинов М. М. 3D моделирование и 3D печать 407
Зиангиров А. Ф., Фархутдинов М. М. Проектирование изделий из листового металла 409

Козлов А. В., Вяткин К. А. Разработка методики оптимизации диаметра лифтовой колонны добывающей скважины 412
Колпакова П. А., Матвеев Д. А., Фролов М. В. К выбору конструкции датчика для регистрации сигналов частичных разрядов при заводских испытаниях высоковольтного электрооборудования 413
Кузяков О. Н., Ширинovская Е. С. Обоснование выбора системы обнаружения утечек в трубопроводе 417
Кулак С. М., Новиков В. Ф., Мальцев В. С. Апробация нового экспресс – метода контроля напряжённо – деформированного состояния автомобильной эстакады г. Тюмень 419
Малькова Я. Ю. К вопросу о необходимости совместной установки возобновляемой генерации и накопителя энергии 422
Мальцев В. С., Кулак С. М., Новиков В. Ф. Разработка тензометрического устройства для измерения деформации 424
Михейко М. С. Challenges for wind turbines 427
Поляков С. А., Ревин А. Д., Иванов Б. Г., Лапидус А. Я. Прогнозирование и нормирование затрат энергии 430
Попов Е. И., Шеломенцев В. А. Особенности перехода к централизованной архитектуре релейной защиты на цифровых подстанциях 433
Попов И. П. Сокращение потока реактивной мощности в сети с трансформаторами 437
Самсонов В. В. Трассировка печатных плат высокочастотных устройств с учетом установки блокировочных конденсаторов 440
Сахабутдинов А. А., Гавриленко А. Н. анализ существующих решений для формирования SSD и SCD файлов в процессе проектирования цифровой подстанции 443
Сахабутдинов А. А., Ярыш Р. Ф. Аналитический обзор существующих решений для подавления переходных процессов и шумов в изолирующем трансформаторе 445
Утямишев Д. М. Исследование влияния состава шлакообразующей смеси в процессе разливки стали 448
Цуканов А. В. Внедрение автоматической системы паллетирования в условиях цементного производства 452
Цуканов А. В., Лицин К. В. Исследование двухдвигательной системы электропривода подъёма паллетайзера 454
Шустиков А. Р., Мезенцев А. В. Компенсация реактивной мощности. вывод линии электропередачи на натуральную мощность 457

УДК 66.048.3

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКТИФИКАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Абачиев А. С.о.,
Многопрофильный колледж ТИУ, г. Тюмень

В основе процесса переработки нефти и получения моторных топлив, смазочных масел лежит процесс перегонки с ректификацией нефти, т.е. её разделения на фракции по температурам кипения путем многократного противоточного контактирования. Чтобы осуществить этот процесс нам необходимо соответствующие аппараты – ректификационные колонны. Ректификационная колонна представляет собой цилиндрический аппарат, основным контактным элементом которого являются тарелки или насадки.

В настоящее время известно два типа ректификационных колонн по расположению их в пространстве: горизонтальные и вертикальные.

Ректификационные колонны, как вертикальные, так и горизонтальные предназначены для решения одинаковых задач, но имеют конструкционные отличия. В горизонтальных ректификационных колоннах функции тарелок выполняют камеры, которые также являются фракционирующими. И в целом процесс разделения веществ в горизонтальных ректификационных аппаратах происходит гораздо проще ввиду своей цельносварной конструкции.

В РК выделяют 3 части: эвапорационное пространство – место ввода сырья, отгонную часть – место ректификации жидкого потока и концентрационную часть – место ректификации парового потока. У горизонтальных ректификационных колонн концентрационная часть заменена на горизонтальный ректификационный аппарат.

Главным отличием обоих аппаратов можно считать и принцип работы. Вертикальные ректификационные аппараты разделяют только жидкие смеси, имеющие разную температуру кипения, а горизонтальные ректификационные аппараты разделяют жидкое углеводородное сырье на фракции и поглощает вещества из смеси газов.

В горизонтальном ректификационном аппарате паровой поток перемещается по длине аппарата за счет разницы давления на входе и выходе, а жидкий поток движется во встречном направлении за счет энергии паров. Функции тарелок, где происходит контакт жидкости и пара, в горизонтальных ректификационных колоннах выполняют контактные камеры. В зоне контакта происходит интенсивное перемешивание жидкости и пара и далее жидкость (конечный нефтепродукт) выводится в направлении противоположном движению паров, а пары уходят в следующую камеру.

В вертикальных ректификационных колоннах паровой поток перемещается вверх от тарелки к тарелке за счет разности давлений в эвапорационном пространстве и вверху колонны. Жидкость стекает вниз по тарелкам и сливным устройствам под действием силы тяжести.

На данный момент изготовлением и поставкой горизонтальных ректификационных колонн во всем мире занимается только одна компания – «РЕОТЕК». Это обуславливается тем, что обслуживание таких аппаратов выходит намного дороже, чем вертикальных ректификационных аппаратов, несмотря на более высокое качество готового нефтепродукта, выходящего из них.

Горизонтальные ректификационные аппараты обеспечивают очень низкий показатель наложения фракций друг на друга. Но для их эксплуатации необходим централизованный контроль над технологическим процессом с помощью автоматизированных систем управления, а также достаточно часто требуется дополнительно устанавливать контрольно-измерительные приборы для управления процессом.

Горизонтальные ректификационные колонны, в отличие от вертикальных, используются только для установок малой производительности, но их можно устанавливать на подвижном основании (автомобиле, судне).

Таким образом, к преимуществам горизонтальных ректификационных аппаратов по сравнению с вертикальными можно отнести: компактность, небольшую высота; работа в широком диапазоне нагрузок; высокая четкость разделения нефтяных фракций; возможность размещения на подвижной платформе.

Список использованных источников

1. Сугак А. В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учебное пособие / А. В. Сугак, В. К. Леонтьев, Ю. А. Веткин - 2-е изд., стер. - Москва: Издательский центр «Академия», 2014. - 336 с. – Текст : непосредственный.

2. Кукурина, О. С. Технология переработки углеводородного сырья: учебное пособие / О. С. Кукурина, А. А. Ляпков. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 168 с. – Текст : непосредственный.

3. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 4: учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент; под редакцией Ю.А. Комиссарова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2020. - 323 с. – Текст : непосредственный.

4. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов: учебное пособие / Н. Г. Кац, С. Б. Коныгин, Д. А. Крючков, С. В. Иваняков. - Самара: АСИ СамГТУ, 2016. - 119 с. – Текст : непосредственный.

Научные руководители: Белоусова А. В., преподаватель, Панюкова М. А., преподаватель.

УДК 544.47

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕЛОМЕРИЗАЦИЯ МИРЦЕНА В ПРИСУТСТВИИ КАТИОННЫХ АЦЕТИЛАЦЕТОНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ

Абрамов З. Д., Быков М. В., Пахомова М. В., Суслов Д. С.,
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

На сегодняшний день огромный интерес у исследователей вызывают процессы «зеленой химии», в частности, процессы в которых используют в качестве исходных субстратов легко возобновляемые вещества природного происхождения [1].

По своей природе мирцен, относящийся к классу терпенов, является замещенным 1,3-диеном, поэтому способен вступать в реакции теломеризации и гидрофункционализации (Рисунок 1). Катализируемая палладием теломеризация 1,3-диенов с Н-нуклеофилами представляет перспективное направление для таких химических превращений, характеризуемое 100% атомной экономностью. В отличие от исследований теломеризации бутадиена и изопрена, в литературе встречается лишь две работы по теломеризации мирцена с аминами и спиртами [2,3]. Ранее [4] нами было показано, что каталитические системы на основе катионных ацетилацетонатных комплексов палладия являются перспективными для теломеризации бутадиена с метанолом. В данной работе обсуждаются результаты исследований каталитических свойств этих систем в реакции теломеризации мирцена с диэтиламином и пирролидином.

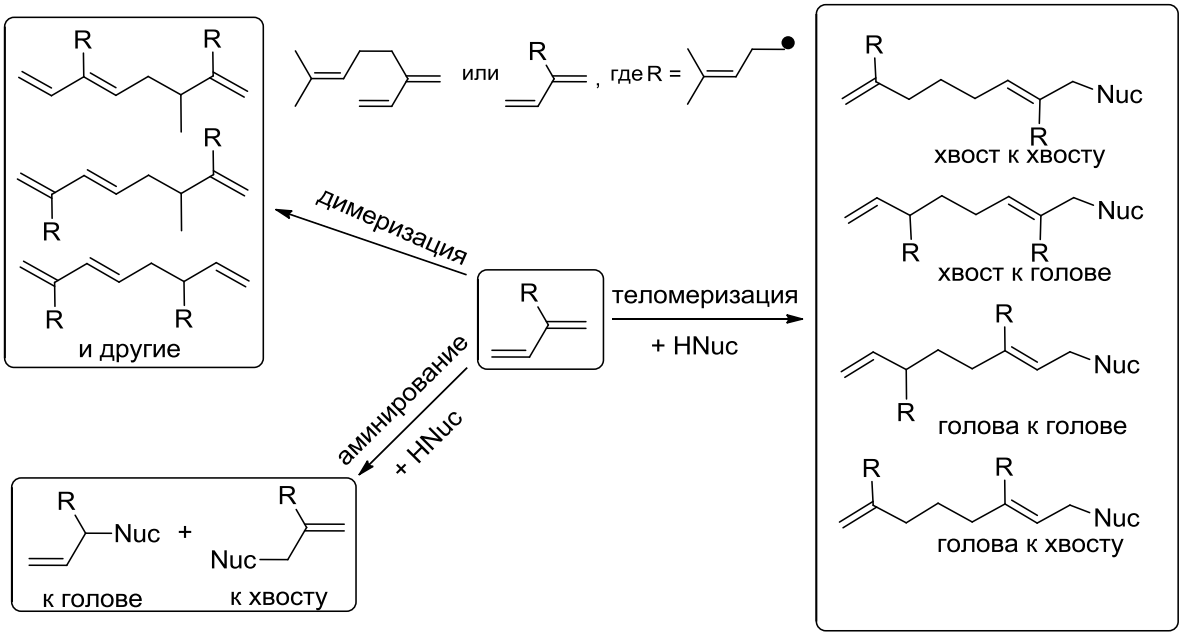


Рисунок 1 – Схема различных вариантов протекания реакции мирцена с нуклеофилом (HNuc) под действием палладиевых катализаторов

Было показано, что для протекания процесса теломеризации мирцена с диэтиламином в присутствии каталитических систем состава $[(acac)Pd(MeCN)_2]BF_4/nPPh_3/mBF_3{\cdot}OEt_2$ рекомендуется использовать не менее 2 частей фосфинового лиганда по отношению к палладиевому комплексу (таблица 1).

Таблица 1

Влияние отношения PPh_3:Pd на конверсию мирцена в продукты теломеризации

PPh_3:Pd*	**Конверсия мирцена, %**	**Выход теломеров, %**	**Селективность, %**		
			А	**Д**	**T_Σ**
4	98,7	77,7	5,1	16,2	78,7
3	86,1	69,3	3,6	15,9	80,5
2	86,6	69,5	1,6	18,1	80,3
1	17,8	10,8	0,6	38,8	60,6

*Условия реакции: $n([(acac)Pd(MeCN)_2]BF_4) = 7{,}5\cdot10^{-6}$ моль; Молярное отношение: мирцен:$NHEt_2$:Pd = 2000:1000:1; 1 мл ДМФА; $BF_3{\cdot}OEt_2$:Pd=50; T = 90°C; время реакции 4 ч.. А – продукты гидроаминирования, Д – продукты димеризации, Т – продукты теломеризации.

Поэтому для исследования влияния добавок $BF_3{\cdot}OEt_2$ на конверсию мирцена в продукты теломеризации (таблица 2) была выбрана каталитическая система на основе комплекса $[(acac)Pd(PPh_3)_2]BF_4$. Установлено, что при увеличении молярного отношения сокатализатора к комплексу Pd с 5 до 65 наблюдается резкое увеличение конверсии мирцена в продукты теломеризации.

Таблица 2

Зависимость конверсии мирцена в продукты теломеризации от отношения $BF_3{\cdot}OEt_2$:Pd

$BF_3{\cdot}OEt_2$:Pd*	**Выход теломеров,%**	**Селективность, %**		
		А	**Д**	**T_Σ**
5	5,6	0,4	31,5	68,1
25	46,5	0,7	20,4	78,9
50	69,2	1,3	18,3	80,4
65	73,5	1,7	19,2	79,1
110	70,0	2,1	22,3	75,6
125	64,0	2,2	26,6	71,2

*Условия реакции: $n([(acac)Pd(PPh_3)_2]BF_4) = 7{,}5\cdot10^{-6}$ моль; Молярное отношение: мирцен:$NHEt_2$:Pd = 2000:1000:1; 1 мл ДМФА; T = 90°C; время реакции = 4 ч. А – продукты гидроаминирования, Д – продукты димеризации, Т – продукты теломеризации

Помимо диэтиламина в реакции теломеризации мирцена в качестве нуклеофила был использован пирролидин (таблица 3).

Таблица 3

Результаты реакции теломеризации мирцена с пирролидином на каталитической системе $[(acac)Pd(PPh_3)_2]BF_4$/ $nBF_3 \cdot OEt_2$

Растворитель	$BF_3 \cdot OEt_2$:Pd	Конверсия, %	Селективность по теломерам, %
ДМФА	0	34	28,1
ДМФА	43	61	54,4
ДМФА	65	57	32,8
—	65	66	92,7

Условия реакции: $n([(acac)Pd(PPh_3)_2]BF_4) = 7{,}5 \cdot 10^{-6}$ моль; Молярное отношение: мирцен:пирролидин:Pd = 2000:1000:1, $T = 90°C$; время реакции = 4 ч

Как видно из данных таблицы 3, при добавлении $BF_3 \cdot OEt_2$ в качестве сокатализатора в реакционную смесь – конверсия мирцена существенно возрастает. При проведении реакции без растворителя (в среде субстратов) активность каталитической системы практически не изменяется, но наблюдается существенный рост селективности по теломерам.

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученных №091-21-307 «Каталитическая теломеризация мирцена в присутствии катионных ацетилацетонатных комплексов палладия».

Список использованных источников

1. Behr, A. Aus der Natur für die Chemie / A. Behr, A. J. Vorholt, L. Johnen. – Direct text //Nachrichten aus der Chemie. - 2009. - Vol. 57. - P. 757-761.

2. Heterogeneous palladium-catalyzed telomerization of myrcene with glycerol derivatives in supercritical carbon dioxide: a facile route to new building blocks / J. M. Lopes, Z. Petrovski, R. Bogel-Łukasikb, E. Bogel-Łukasik. – Direct text // Green Chem. - 2011. - Vol. 13, N. 8. - P. 2013.

3. Behr, A. Telomerization of Myrcene and Catalyst Separation by Thermomorphic Solvent Systems / A. Behr, L. Johnen, A. J. Vorholt. – Direct text // ChemCatChem. - 2010. - Vol. 2, N. 10. - P. 1271–1277.

4. Cationic palladium (II)–acetylacetonate complexes containing phosphine and aminophosphine ligands and their catalytic activities in telomerization of 1, 3-butadiene with methanol / D. S. Suslov, M. V. Bykov, Z. D. Abramov, I. A. Ushakov, T. N. Borodina , V. I. Smirnov, G. V. Ratovskii, V. S. Tkach. – Direct text //Journal of Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 923. – P. 121413.

УДК 66.03

УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Агапов А. А.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В современном мире можно наблюдать актуальность проблем энергосбережения, экономии ресурсов, а также экологии. В 2012 году правительство РФ выпустило постановление, которое устанавливает требование для нефтегазовых компаний утилизировать 95% добываемого попутного нефтяного газа, и ограничивает объем его сжигания в факелах на месторождениях.

С помощью современных технологий по утилизации попутного нефтяного газа имеется возможность полностью использовать попутный нефтяной газ, получать сжиженный углеводородный газ, а также дополнительную электроэнергию и тепло.

Использование современного оборудования, в частности газотурбинной электростанции в наше время позволит получать электроэнергию практически безвредным для атмосферы способом.

Как всем известно газ является наиболее экологически чистым видом топлива, он образует наименьшее количество токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу при его утилизации.

Газотурбинная электростанция — это современная, высокотехнологичная установка, генерирующая электричество и тепловую энергию, в которой в качестве привода электрического генератора используется газовая турбина [1].

В начале развития ГТУ применялось два вида камер сгорания. В камеру сгорания первого вида непрерывно подавались окислитель и топливо, в процессе горение протекало непрерывно и давление не изменялось.

В свою очередь в камеру второго вида подавались по частям топливо и окислитель. В закрытом объеме смесь поджигалась и далее сгорала, после чего продукты сгорания поступали в турбину, где в дальнейшем приводили ее в действие. В данной камере сгорания температура и давление резко увеличиваются в процессе горения топлива.

В ходе эксплуатации ГТУ с камерами сгорания первого типа обнаружились преимущества по сравнению с ГТУ с камерами сгорания второго типа.

При эксплуатации современных ГТУ в камере сгорания происходит сгорание топлива при постоянном объеме. [2].

Устройство газотурбинной установки.

Газотурбинная установка представляет механизм, включающий в себя газотурбинный двигатель, электрогенератор, воздушный компрессор, регенератор, камеру сгорания. В результате сгорания топлива, образуется поток газа, который подается под высоким давлением, при этом воздей-

ствуя на лопатки турбины, создает крутящий момент и вращает ротор, который в свою очередь соединен с генератором (рисунок 1) [3].

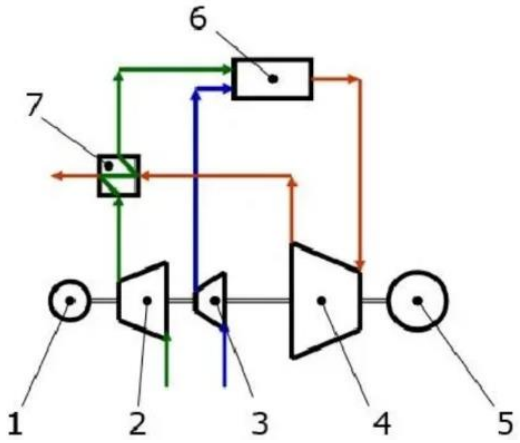


Рисунок 1 – Схема газотурбинной установки
1 - пусковой двигатель; 2 – воздушный компрессор; 3 – топливный компрессор для газа; 4 – газовая турбина; 5 – электрогенератор; 6 – камера сгорания; 7 – регенератор

Преимущества эксплуатации газотурбинных электростанций.

- возможность эксплуатации, в качестве основного или дополнительного источника тепла и электроэнергии в любых климатических условиях как на производствах, так и в быту;
- обеспечение дешевой электроэнергией и теплом и быстрая окупаемость установки
- низкая токсичность отработавших газов;
- высокая надежность установки, длительность работы основных узлов без капремонта при эксплуатации в среднем составляет порядка 100 тысяч часов;
- возможность работы полностью в автоматическом режиме [4].

Список использованных источников

1. Киберленинка: Газотурбинные электростанции на нефтегазовых промыслах: сайт. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gazoturbinnye-elektrostantsii-na-neftegazovyh-promyslah/viewer/ (дата обращения: 16.10.2021). – Текст: электронный.

2. Мегаобучалка: Общие сведения о газотурбинных установках: сайт. – URL: https://megaobuchalka.ru/5/33908.html (дата обращения: 16.10.2021). – Текст: электронный.

3. Студпедия: Применение ГТУ в нефтяной и газовой промышленности: сайт. – URL: https://studopedia.ru/21_132880_primenenie-gtu-v-neftyanoy-i-gazovoy-promishlennosti.html/ (дата обращения: 16.10.2021). – Текст: электронный.

4. Гигават: Газотурбинные электростанции: сайт. – URL: http://gigavat.com/pgu_gtes.php/ (дата обращения: 16.10.2021). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Савченков А. Л., кандидат технических наук, доцент

УДК 547.917

СИНТЕЗ И ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ 1,2,3-ТРИАЗОЛСОДЕРЖАЩИХ ГЛИКОЗИЛФОСФОНАТОВ С N-АЦЕТИЛ-D-ГЛЮКОЗАМИНОВЫМ ФРАГМЕНТОМ

Азнагулов Р. Ф.[1,2], Хабибулина Л. Р.[1], Гарифуллин Б. Ф.[1], Волошина А. Д.[1]
[1]Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН, г. Казань.
[2]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» («КНИТУ»), г. Казань

Фосфорорганические соединения (ФОС) широко применяются в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов, гербицидов, пестицидов и т.д. [1-5]. Несмотря на представление о высокой токсичности данного класса соединений, многие из них используются в медицине в качестве противовирусных и противоопухолевых средств [6,7]. Особое место среди ФОС занимают α-аминофосфоновые кислоты, обладающие разноплановой биологической активностью и, при этом, невысокой токсичностью [8,9]. α-Аминофосфоновые кислоты являются биозостерами природных α-аминокислот, то есть имеют схожее электронное строение и структуру (рисунок 1). Таким образом, они могут ингибировать ферменты, с которыми обычно связываются α-аминокислоты [10].



а) б)

Рисунок 1 – Структура а) α-аминокислоты и б) α-аминофосфоновой кислоты

Модификация молекул природных соединений путем введения аминофосфонатного фрагмента является продуктивным методом усиления их биологической активности [11]. Используя этот подход, мы присоединили α-аминофосфонатный фрагмент к остатку N-ацетил-D-глюкозамина через

1,2,3-триазоловый спейсер и получили соединения 3, 5 и 8 (схема 1), для которых была определена цитотоксичность в отношении опухолевых линий клеток карциномы легкого A549, шейки матки M-HeLa, двенадцатиперстной кишки HuTu80, поджелудочной железы PanC-1 и лейкемии HL-60, а также токсичность в отношении клеточной линии здоровых фибробластов человека Wi-38.

Гликозилфосфонаты 3, 5 и 8 на основе глюкозамина были синтезированы с использованием реакции азид-алкинового циклоприсоединения, катализируемой солями Cu(I) в системе растворителей хлористый метилен / вода (схема 1).

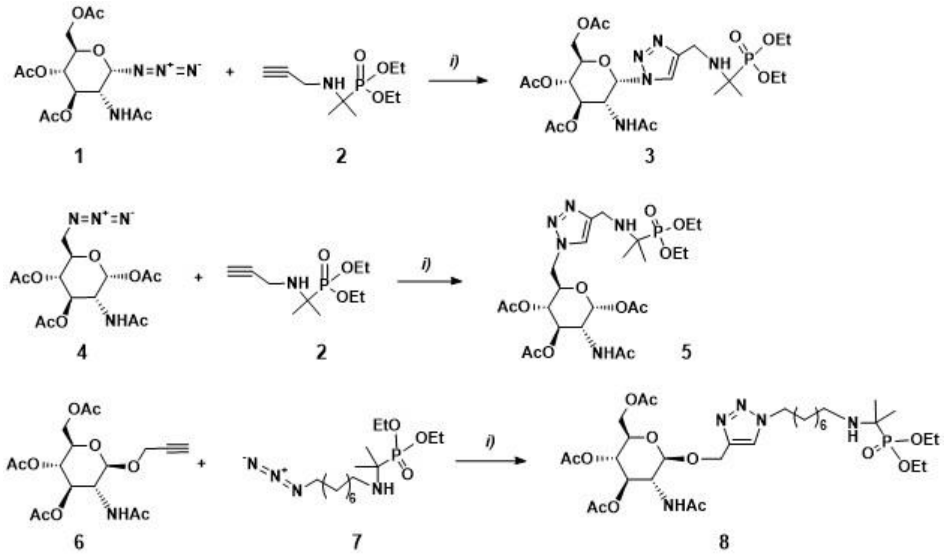


Схема 1 – Синтез целевых 1,2,3-триазолсодержащих гликозиламинофосфонатов на основе N-ацетил-D-глюкозаминового фрагмента: *i)* $CuSO_4$, аскорбат Na, CH_2Cl_2, H_2O.

Данные о жизнеспособности раковых и нормальной клеточных линий человека под воздействием гликозиалфосфонатов 3, 5 и 8 в концентрации 100 мкМ представлены таблице 1.

Таблица 1

Жизнеспособность клеток в % при концентрации соединений 100 мкМ

Соединение	Жизнеспособность опухолевых клеток, %					Жизнеспособность здоровых клеток, %
	A549	M-HeLa	HuTu80	PanC-1	HL-60	Wi-38
3	100	57.7	100	80.95	65.95	90.2
5	100	36.4	98.3	81.91	67.7	95.7
8	85.9	28.9	100	81.24	61.62	92.1

Из полученных данных видно, что гликозилофосфонаты на основе глюкозамина 3, 5 и 8 демонстрируют умеренную цитотоксичность в отношении раковых клеток M-HeLa и HL-60 в сочетании с низкой токсичностью в отношении здоровых клеток Wi-38.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.

Список использованных источников

1. Фосфорорганические инсектициды: общее введение: Совмест. изд. Прогр. ООН по окружающей среде, Междунар. орг. труда и ВОЗ: [Пер. с англ.]. - Москва: Медицина, 1990. - 168 с.; (Междунар. прогр. по хим. безопасности. ...).; ISBN 5-225-01848-3.

2. Timperley, C. M. Best Synthetic Methods: organophosphorus (v) chemistry: General Overview / C. M. Timperley, J. Tattersall. – Direct text // Elsevier - 2015. - P. 89 - ISBN 978-0-08-098212-0.

3. Priyendu, A. Antibiotic prophylaxis in organophosphorus poisoning: A study of health and economic outcomes / A. Priyendu, K. E. Vandana, Nilima. – Direct text // Saudi Pharmaceutical Journal. – 2017. – V. 25. – I. 3. – P. 332-336.

4. Peck, S. C. Discovery and Biosynthesis of Phosphonate and Phosphinate Natural Products / S. C. Peck, J. Gao, W. A. van der Donk. – Direct text // Methods in Enzymology. – 2012. - V. 516. – P. 101-123.

5. Bosak, A. Organophosphorus compounds: Classification and enzyme reactions / A. Bosak. – Direct text // Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. –2007. - P. 445-457.

6. Manolakopoulos, S. Long-term therapy with adefovir dipivoxil in hepatitis B e antigen-negative patients developing resistance to lamivudine / S. Manolakopoulos, S. Bethanis, S. Koutsounas. – Direct text // Alimentary Pharmacology & Therapeutics. – 2008. – V. 27. – P. 266-273.

7. Wiemer, A. J. The Intermediate Enzymes of Isoprenoid Metabolism as Anticancer Targets / A. J. Wiemer, R. J. Hohl, D. F. Wiemer. – Direct text // Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry. – 2009. - V. 9. – No. 5. – P. 526-542.

8. Todorov, P. T. Cytotoxic activity of new racemic and optically active N-phosphonoalkyl bicyclic β-amino acids against human malignant cell lines / P. T. Todorov, D. W. Wesselinova, N. D. Pavlov. – Direct text // Amino Acids. – 2012. – V. 43. – P. 1445-1450.

9. Hudson, H. R. The preparation of α-aminopropanephosphonic acid via the catalyzed hydrogenation of dimethyl or diethyl α-hydroxyiminopropanephosphonate / H. R. Hudson, J. F. Volckman. – Direct text // Chem. Engineering. – 2010. – V. 54. – No 1. – P. 9–14.

10. Kafarski P. Biological activity of aminophosphonic acids / P. Kafarski, B. Lejczak. – Direct text // Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem. – 1991. – V. 63. – P. 193-215.

11. Yu-Yuan Chen Design and synthesis of novel 20(S)-α-aminophosphonate derivatives of camptothecin as potent antitumor agents / Yu-Yuan Chen, Yin-Peng Bai, Bin Li. – Direct text // Bioorganic Chemistry. – 2021. – V. 114.- No. 105065. – P. 15.

УДК 662.75

ПРОИЗВОДСТВО КОМПОНЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА ЦЕОФОРМИНГОМ СТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА: ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЦЕОЛИТНОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ

Алтынов А. А., Богданов И. А., Киргина М. В.,
Томский политехнический университет, г. Томск

На качество продуктов химической промышленности оказывает влияние множество различных факторов. Если говорить о каталитических процессах, то наиболее важными, помимо параметров технологического режима таких как температура, давление и расход сырья, являются характеристики используемого катализатора – в частности, размер частиц катализатора. Для цеолитных катализаторов данный параметр особенно важен поскольку размер частиц определяет, как площадь активной поверхности, так и молекулярно-ситовые свойства катализатора (возможность проникать и реагировать в порах катализатора только молекул определенной структуры).

Ранее авторами было исследовано влияние состава сырья и технологических параметров (температура, давление, расход сырья) процесса цеоформинга стабильного газового конденсата на характеристики получаемых продуктов [1]. Данная работа посвящена исследованию влияния размера частиц цеолитного катализатора на характеристики получаемых продуктов и является продолжением цикла работ по исследованию процесса получения автомобильных бензинов из стабильного газового конденсата на цеолитных катализаторах.

Для проведения исследования цеолитный катализатор марки КН-30 был измельчен механическим способом и отсортирован на фракции со следующим диаметром частиц: фракция 0,25-0,50 мм, фракция 0,50-1,00 мм, фракция 1,00-1,60 мм.

С использование каждой из фракций цеолитного катализатора был реализован процесс переработки стабильного газового конденсата с целью получения компонентов автомобильного бензина. Процесс проводился на лабораторной каталитической установке при температуре 375 °С, давлении 0,25 МПа, расходе сырья 0,33 мл/мин, объем используемого катализатора составил 10 $см^3$.

Для получения индивидуального углеводородного состава полученные продукты были исследованы с помощью хроматографических методов анализа согласно требованиям [2].

Физико-химические и эксплуатационные характеристики продуктов были рассчитаны на основании индивидуального углеводородного состава полученных продуктов с использованием разработки Томского политехнического университета программного комплекса Compounding [3].

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики продуктов переработки стабильного газового конденсата полученных с использованием частиц катализатора различного размера

Характеристика	**Сырье**	**Фракция катализатора, мм**		
		0,25-0,50	0,50-1,00	1,00-1,60
Октановое число исследовательский метод	72,3	85,9	83,9	84,4
Давление насыщенных паров, кПа	174,9	188,6	126,7	151,4
Плотность при 15 °С, кг/м^3	663,8	674,4	695,1	694,0
Углеводороды	Содержание, % об.			
Н-парафины	45,2	34,0	28,1	30,9
Изопарафины	34,3	45,6	44,0	43,8
Нафтены	9,0	6,1	8,8	8,5
Олефины	10,7	1,7	2,9	2,7
Ароматические углеводороды	0,8	12,6	16,3	14,1
Бензол	0,01	0,97	1,06	0,92

Из результатов, представленных в таблице 1 следует, что использование любой фракции катализатора позволяет повысить октановое число продуктов относительно сырья более чем на 10 пунктов. При использовании фракции с размером частиц катализатора 0,50-1,00 мм давление насыщенных паров продуктов достигает минимума, а плотность напротив – максимум.

Для всех продуктов относительно сырья наблюдается значительное увеличение содержания ароматических углеводородов в целом и бензола в частности.

При использовании фракции с размером частиц катализатора 0,50-1,00 мм наблюдается минимум содержания нормальных парафинов и максимум содержания нафтенов, олефинов и ароматических углеводородов в продуктах. Содержание изопарафинов в продуктах снижается с ростом размера частиц катализатора, однако в целом относительно исходного сырья растет.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № МК-351.2020.3.

Список использованных источников

1. Направления превращений углеводородов стабильного газового конденсата на цеолитном катализаторе в условиях проведения цеоформинга / И. А. Богданов, А. А. Алтынов, К. Э. Марданов, М. В. Киргина. - Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2020. – № 3. – С. 60-65.

2. ГОСТ 32507-2013. Бензины автомобильные и жидкие углеводородные смеси. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии: издание официальное: утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1864-ст: введ. впервые: дата введ. 2015-01-01 / ФГУП «ВНИЦСМВ» – Москва: Стандартинформ, 2014. – 26 с. – Текст: непосредственный.

3. Киргина, М. В. Оптимизация рецептур смешения бензинов с использованием компьютерной моделирующей системы / М. В. Киргина. – Текст : непосредственный // Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2019 – № 9. – С. 70-74.

Научный руководитель: Киргина М. В. кандидат технических наук, доцент.

УДК 541.145:628.316.12

ФОТООКИСЛЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ТЕТРАЦИКЛИНА

Андриянова Д. В.,
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

В настоящее время лекарственные препараты являются неотъемлемой частью жизни, соответственно, увеличивается объем производства и рост их потребления. Это привело к частому обнаружению медикаментов, в частности антибиотиков тетрациклинового ряда, а также их метаболитов, в окружающей среде. Как следствие, наличие этих фармацевтических препаратов в пределах относительно низких концентраций (мг/л – нг/л) может наносить значительный ущерб экосистеме. В связи с этим ведётся поиск различных научных и технологических подходов и обеспечение экологической безопасности крупных производств [1]. Поэтому проблема очистки

сточных вод от фармацевтических препаратов с помощью процессов фотоокисления весьма актуальна.

Целью работы являлось исследование эффективности процессов фотоокислительной деструкции водных растворов тетрациклина в присутствии катализатора – пероксида водорода (H_2O_2).

Исследование по фотоокислительной деструкции водных растворов тетрациклина ($C_{22}H_{24}N_2O_8$) проводилось на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 1.

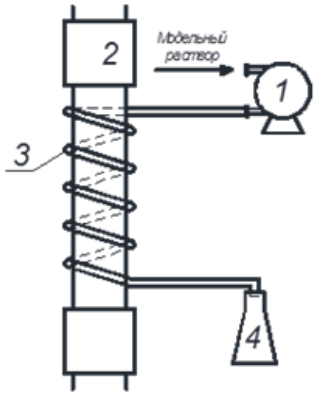


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:
1 – перистальтический насос; 2 – УФ-лампа ДРБ-8;
3 – кварцевый змеевиковый фотореактор; 4 – приемник

С помощью перистальтического насоса водный раствор тетрациклина поступает в УФ-установку, где он проходит по кварцевому спиралевидному змеевику вокруг лампы ДРБ-8 и очищенный растворпопадает в приемник. Минимальная интенсивность излучения УФ-лампы на длине волны 254 нм составляет E_{min} = 0.02535 Вт/см^2 [2]. Время контакта раствора с зоной облучения варьировали в диапазоне от 0 до 85 с.

В исследованиях использовали водный раствор тетрациклина с концентрацией 500 мг/л. Для приготовления раствора таблетку тетрациклина (фирмы «ТХФЗ») растирали в агатовой ступке и взвешивали необходимое количество порошка на аналитических весах. Исходный раствор перемешивали на магнитной мешалке в течение 15 мин до полного растворения определяемого компонента. В эксперименте использовали 3% пероксид водорода в количестве 3 мл на 500 мл пробы. Исходную и конечную концентрации растворов тетрациклина определяли спектрофотометрическим методом (при длине волны 400 нм), в основе которого лежит взаимодействие тетрациклина с 2,5 н NaOH.

В результате проведенного эксперимента были получены результаты, отраженные на рисунке 2. Определено, что эффективность очистки (α, %) фотоокислительным методом при введении катализатора – пероксида во-

дорода намного выше, чем при его отсутствии, и находилась в пределах 59-86% в зависимости от времени контакта с УФ-зоной.

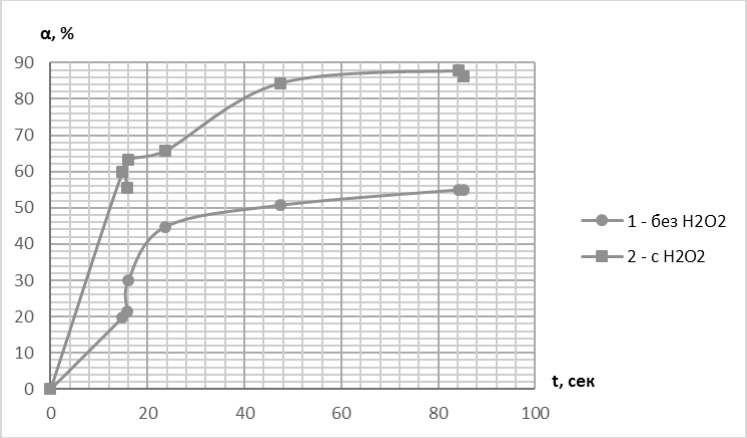


Рисунок 2– Эффективность фотоокисления тетрациклина
(1 – без катализатора, 2 – с катализатором)

Таким образом, метод фотоокисления с применением H_2O_2 возможно применять для очистки сточных вод, содержащие тетрациклин.

Список использованных источников

1. Daghrir, R. Tetracycline antibiotics in the environment: a review / R. Daghrir, P. Drogui. – Direct text // Environmental Chemistry Letters. – 2013. – Vol. 11. – P. 209-227.

2. Иванцова, Н. А. Окислительная деструкция фенола в водной среде при совместном воздействии ультрафиолетового излучения и пероксида водорода / Н. А. Иванцова, Д. А. Паничева, О. Ю. Кузнецов. - Текст: непосредственный // Химия высоких энергий – 2020. - Т. 54. - № 1. - С. 13.

Научный руководитель: Иванцова Н. А., канд. хим. наук, доц.

УДК 658.567.1

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРИДА АЛЮМИНИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВТОРСЫРЬЯ

Артюшевский Д. И., Георгиева Э. Ю.,
Санкт-Петербурский Горный университет, г. Санкт-Петербург

При получении фторида алюминия AlF_3 «мокрым» методом, из попутных фтористых газов от сернокислотной экстракции в производстве

фосфорной кислоты, побочным продуктом данного синтеза является мелкодисперсная масса аморфного диоксида кремния – кремнегеля[1]. Получаемый SiO_2 отжимают и отправляют в отвалы вместе с фосфогипсом. Однако имея моновещественный состав, загрязненный в основном фторидом алюминия кремнегель может быть очищен и применен в более рентабельной и современной технологии как новый вид вторсырья. Так, при получении 1 тонны фторида алюминия получают от 0,85 до 2,85 тонн кремнегеля в зависимости от поступающего сырья[2]. Производительность единственного завода на территории России «Фосагро-Череповец» выпускающий фторид алюминия «мокрым» методом для потребностей металлургической промышленности составляет 47 тысяч тонн готовой продукции[3]. При этом мировое производство превышает 100 тыс.т/год[4]. Соответственно и получение кремнегеля в количественном эквиваленте соизмеримо с выпуском фторпродукции.

В имеющихся источниках кремнегель используют для получения жидкого стекла, керамики[5], цеолита типа NaA[6, 7], композитной добавкой к цементу[8]. Однако данные исследования не получили промышленного воплощения. Возможно, диоксид кремния станет привлекательным товаром для внутреннего рынка после качественной очистки, так как аморфный силикагель имеет широкий ряд сфер применения.

В данном исследовании кремнегель был обработан реагентами кислого и щелочного характера, концентрация которых варьировалась от 0,1 до 25 масс. %. Полученный материал содержал свыше 99,8 % диоксида кремния. Проведен структурный, химический и ИК анализы свойств полученного продукта и исходного кремнегеля. Результаты экспериментов проанализированы и рекомендованы для дальнейшего внедрения очищенного диоксида кремния в качестве вторсырья.

Список использованных источников

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 19-2016 "Производство твердых и других неорганических химических веществ" (опубликован 20 декабря 2016 г.) ИТС 19-2016 «Производство твердых и других неорганических химических веществ» Приказ Росстандарта от 15 декабря 2016 г. № 1883 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство твердых и других неорганических химических веществ»

2. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления // Судебная практика и законодательство. - Госкомэкология РФ, 1999.

УДК 66.095.252.094.25

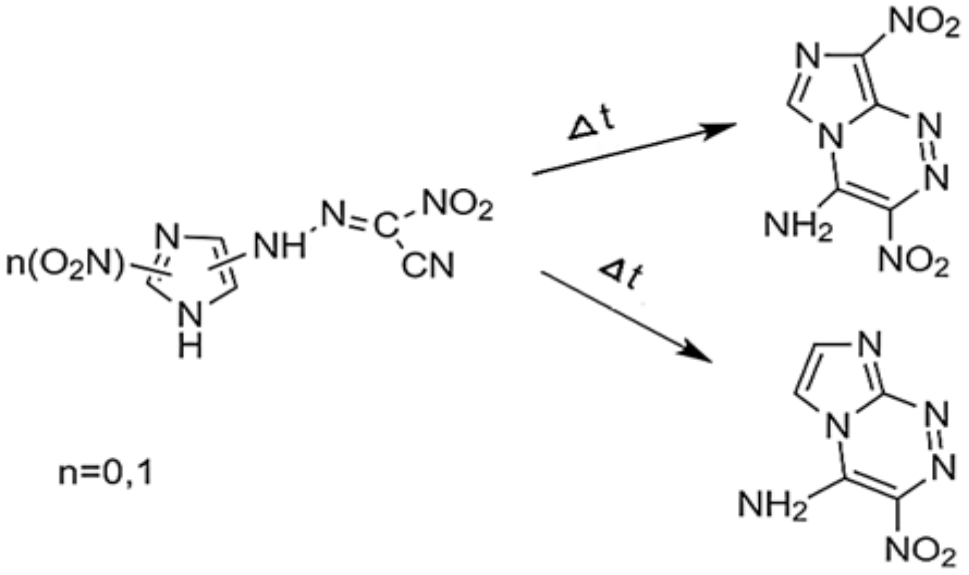
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА НИТРОИМИДАЗОТРИАЗИНА

Ахметова А. Г., Микрюков Г. К., Ахтямова З. Г., Гильманов Р. З.,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

В результате изучения отечественной и зарубежной литературы обнаружено, что имидазол и его конденсированные системы проявляют высокую биологическую активность. Имидазольное ядро присутствует в структуре различных лекарственных средств, которые обладают противоопухолевыми и противомикробными свойствами, а также являются антиоксидантами [1].

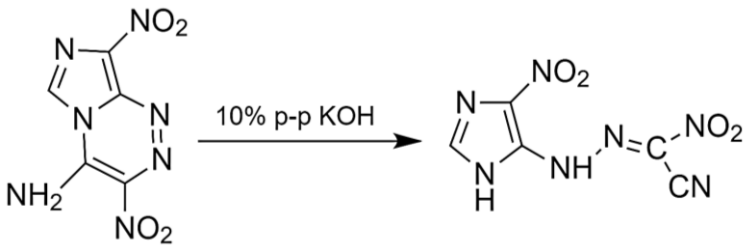
Работа посвящена изучению возможности синтеза нитропроизводных имидазотриазинов, которые могут быть применены в качестве потенциальных реагентов для создания новых лекарственных средств.

Превращение в соответствующие имидазотриазины происходит при кипячении нитроаценитрила нитроимидазолилгидразона и незамещенного имидазолилгидразона в декалине:

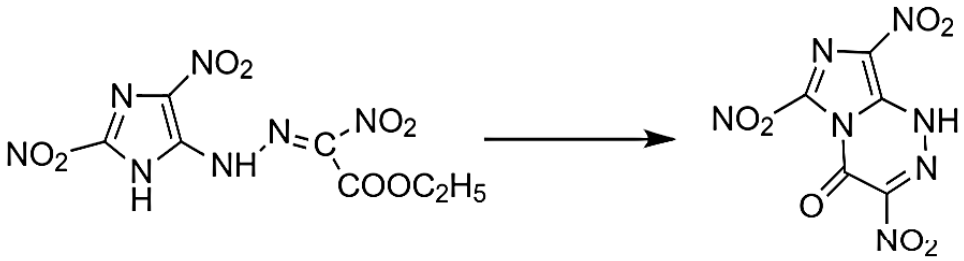


Это доказано термическим анализом гидразонов методом дифференциально-сканирующей калометрии (ДСК) и изучением ИК-спектров. В ИК-спектрах полученных соединений интенсивно проявляются полосы валентных колебаний первичной аминогруппы (3410, 3470 см $^{-1}$) и отсутствуют полосы поглощения нитрильной группы.

Реакция циклизации нитроимидазолилгидразона является обратимой при кипячении в 10%-ном растворе KOH:



Возможность получения нитропроизводных имидазотриазинов исследована также в условиях синтеза азолотриазинов [2] по схеме:



Тригидрат калиевой соли 1,3,6-тринитро-7-оксоимидазо [5,1-c][1,2,4]триазина с устойчивой гидратированной формой синтезирован кипячением исходного гидразона в 10%-ном метанольном растворе гидроксида калия. Обезводить полученную соль не удается при длительном нагревании до 130-150ºС. Устойчивость гидратированной формы связана с образованием ковалентных гидратов, которые отмечались в литературе для подобных циклических систем [3].

Синтезированные соединения представляют собой кристаллические вещества желтого цвета, с температурой плавления от 180 до 308ºС. Выход продуктов составляет 54-73%.

Таким образом, изучена возможность синтеза нитроимидазотриазинов превращением имидазолилгидразонов нитроацетонитрила в соответствующие имидазотриазины, которые представляют интерес как потенциальные биологически активные вещества.

Список использованных источников

1. Żwawiak J. The Structure and Activity of Double-Nitroimidazoles. A Mini-Review / J. Żwawiak, L. Zaprutko. – Direct text //Scientia pharmaceutica. – 2018 – V. 86 – №. 3 – P. 30

2. Русинов В. Л. Синтез нитропроизводных азоло [5,1-c][1,2,4] триазинов / В. Л. Русинов, А. Ю. Петров, И. Я. Мостовский. – Текст : непосредственный // Химия гетероциклических соединений. – 1980. – № 9. – С. 1283-1285.

3. Gay E. I. Azolotriazines / E. I. Gay, M. F. Stevens. – Direct text //Chem. Soc, Perkin I. – 1976. – № 14. – P. 1492.

УДК 665.612.2-049.7

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Бадёра Е. В.,
Омский государственный технический университет, г. Омск

Попутный нефтяной газ (ПНГ) − смесь растворенного газа и газа из газовой шапки, добываемый совместно с нефтью.

Компонентная составляющая ПНГ достаточно разнообразна, основными его элементами являются: метан (CH_4), этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}) и его изомеры. Нефтяной газ не является сырьем, а служит всего лишь побочным продуктом нефтедобычи и во времена нефтедобывающей отрасли сжигался на факельных установках. Следует отметить, что при сжигании данного газа в воздух попадают значительные объемы диоксида углерода (CO_2) и метана, относящихся к парниковым газам.

С ужесточением природоохранного законодательства подход к методам утилизации ПНГ поменялся концептуально, и в настоящее время газ является весьма ценным составляющим для энергетической и химической промышленности [1].

Попутный нефтяной газ представляет собой важный углеводородный компонент, который выделяется из добываемых, транспортируемых и перерабатываемых минералов, содержащих углеводороды, на всех стадиях. ПНГ способен выделяется из нефти абсолютно на любой стадии: от разведки и добычи до конечной реализации, так же, как и в процессе нефтепереработки, что является важнейшей особенностью данного сырьевого компонента.

Поскольку ПНГ содержится в большом количестве в добываемой нефти, возникает вопрос эффективного использования его в качестве исходного сырья, для получения отдельных готовых продуктов, а также продуктов нефтехимического синтеза, что позволит не только увеличить рентабельность, но и снизит негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду от сжигания газа.

В зависимости от месторождения характеристики попутных нефтяных газов различны и, как следствие, будут меняться в процессе эксплуатации скважин. Этим же фактом обосновывается разночтение в составе газа одного и того же месторождения в различных источниках. ПНГ класси-

фицируют по содержанию тяжелых углеводородов (C_3 и выше), как показано на рисунке 1 [2].

Наименование	Содержание C_3 и выше, г/м^3
«Тощий»	<50
«Жирный»	>150
Промежуточный	50-150

Рисунок 1 – Классификация попутного нефтяного газа по содержанию Углеводородов

Также газ классифицируют по теплотворной способности:
- низкокалорийный (менее 2500 ккал/м^3);
- среднекалорийный (2500-5000 ккал/м^3);
- высококалорийный (более 5000 ккал/м^3).

Стоит отметить, что по своему групповому углеводородному составу и содержанию гетеросоединений газовый конденсат сильно различается. Товарные свойства конденсата определяются его физико-химическими свойствами. Также ПНГ и газовый конденсат классифицируются по содержанию серы, ароматики и парафинов.

На сегодняшний день в России существует несколько направлений использования попутного нефтяного газа (ПНГ), представленных на рисунке 2 [3].

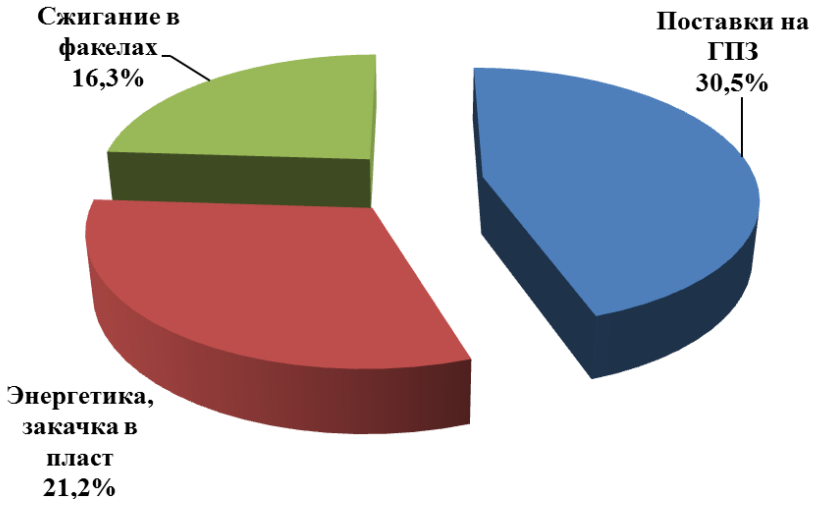


Рисунок 2 - Области применения попутного нефтяного газа (ПНГ)

Наиболее рациональным из вышеуказанных методов является переработка ПНГ на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ), включающая выде-

ление гомологов метана и дальнейшее производство на их базе нефтехимической продукции.

Газ может быть сырьем для производства самых разнообразных органических продуктов, самыми простыми из которых могут быть топливные газы (пропан, бутан). При дальнейшем переделе из ПНГ можно получить разнообразные полимерные материалы (полиэтилен, полипропилен, бутадиеновый каучук) [4].

Однако, в условиях Российской Федерации, этот метод не всегда осуществим: это связано с возможной удаленностью многих месторождений от перерабатывающих предприятий. В связи с этим, транспортировка ПНГ на ГПЗ часто экономически не выгодна.

Применение газа для закачки обратно в пласт является весьма целесообразным решением. В процессе добычи нефти необходимо постоянно поддерживать пластовые давления. Для реализации этой технологии нередко используют подземные и сточные воды. Это в свою очередь может привести к разбуханию глинистых пород пласта и, как следствие, снижению его проницаемости. Использование ПНГ при закачки в пласт будет способствовать повышению нефтеотдачи.

Закачка в пласт попутного нефтяного газа является оптимальным решением этих проблем. Но для обеспечения благоприятного использования ПНГ необходима его правильная подготовка [5].

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. Уже сегодня попутный нефтяной газ утратил статус побочного продукта и является весьма полезной сырьевой базой. Применение ПНГ в различных отраслях промышленности способствует решению эколого-экономических проблем.

2. В данный момент существует несколько способов использования попутного нефтяного газа. Наиболее эффективным способом является переработка газа на ГПЗ, но из-за территориальных сложностей возникает необходимость в развитии инфраструктуры месторождений, что требует дополнительных проектных решений.

Список использованных источников:

1. Капустин М. В. Химия и технология переработки нефти/ М. В. Капустин, М. Г. Рудин. − Москва: Химия, 2013. − 496 с.: ил. − (Учебники и учеб. пособие для студентов средних спец. учеб. заведений). – Текст : непосредственный.

2. С. О. Подгорный Современный нефтехимический комплекс и проектирование нефтехимических предприятий : учеб. пособие / С.О. Подгорный; Минобрнауки России, ОмГТУ. − Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. − 118 с. – Текст : непосредственный.

3. Коржубаев А. Г. Проблемы и перспективы эффективного использования попутного нефтяного газа в России / А. Г. Коржубаев // Специализированный журнал «Бурение и нефть». − № 04. − 2012. – Текст : непосредственный.

4. Соловьянов А. А. Проблемы использования попутного нефтяного газа в России / А. А. Соловьянов // НефтеГазоХимия. - № 1. - 2015. - С. 12-16. – Текст : непосредственный.

5. Книжников А. Ю. Всемирный фонд дикой природы WWF, Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России / А. Ю. Книжников; Москва.−2017. − 32 с. – Текст : непосредственный.

УДК 628.16

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В БЛОКЕ ДЕИЗОПЕНТАНИЗАТОРА УСТАНОВКИ «ИЗОМАЛК-2»

Бадёра Е. В.,
Омский государственный технический университет, г. Омск

Нефтепереработка – эта отрасль промышленности, основанная на многоступенчатой комплексной переработке нефти с помощью физических и химических процессов в ценные продукты потребления [1].

На сегодняшний день, процесс изомеризации, реализующийся по технологии «Изомалк-2», является одним из самых эффективных способов получения высокооктановых компонентов бензинов с улучшенными экологическими свойствами.

Установка изомеризации легких бензиновых фракций состоит из множества блоков, но больший интерес будет представлять блок деизопентанизатора, поскольку его работа напрямую сказывается на качестве сырья главного звена установки – реакторов изомеризации. Немаловажное значение на работу установки в целом оказывает локальный блок оборотного водоснабжения (ЛБОВ). Качество оборотной воды определяет не только эффективность охлаждения продуктовых и сырьевых смесей, но и срок службы теплообменного оборудования, в котором она используется [2].

Локальный блок оборотного водоснабжения установки «Изомалк-2» предназначен для охлаждения, стабилизации очистки оборотной воды в теплообменниках от механических примесей и подачи ее на установку для повторного использования. Блок оборотного водоснабжения представляет собой комплекс сооружений, состоящий из градирни вентиляторной двухсекционной, односекционной насосной с четырьмя погружными насосами, фильтровальной и узла стабилизации.

Оборотная вода, используемая в холодильниках рассматриваемого блока, при ухудшении ее физико-химических свойств, способна приводить в непригодное состояние оборудование блока, значительно сокращая срок его эксплуатации.

Для анализа качества оборотной воды были взяты лабораторные исследования, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Анализ качества оборотной воды

Показатель	**Дни**						**Нормативные показатели**
	1 день	15 день	30 день	45 день	60 день	75 день	
pH	9,1	8,9	9,1	8,9	9,2	9,0	7-8,5
Взвешенные в-ва, мг/л	45	27	50	23	27	28	не более 15
Щелочность, мг-экв/л	5,0	7,9	8	5,8	7,1	6,8	6,5-7,0
Карбонатная жесткость, мг-экв/л	5,8	5,2	5,6	3,8	4,6	3,9	не более 2,5

Исследования данных мониторинга по качеству воды показал, что в течение всего периода наблюдалось превышение установленных регламентов норм по вышепоказанным параметрам:

Значение pH кислотности находилось на уровне 9, что относит оборотную воду к сильнощелочной. Сильнощелочная вода способствует интенсивному образованию твердых известковых отложений, т.е. так называемой накипи. Превышение по щелочности способствует отложению твердого осадка в теплообменном оборудовании [3]. Значение pH оказывает влияние как на развитие процесса коррозии трубных пучков холодильников установки, так и на образование отложений в них, которые ко всему прочему обладают сильной устойчивостью к химической чистке аппарата.

Взвешенные вещества вызывают коррозию труб, также способствуют «забиванию» узких трубок теплообменного оборудования.

Щелочность является мерой способности нейтрализации сильных кислот. Щелочность почти всегда обеспечивается за счет присутствия бикарбоната. Бораты, гидроксиды, фосфаты и другие компоненты, если они присутствуют в воде, также вносят вклад в меру щелочности обрабатываемой воды. Щелочность также способствует образованию твердого осадка.

В большей степени отложения в трубках холодильников представлены бикарбонатами и взвешенными частицами. Следовательно, необходимо снижать показатели жесткости, щелочности воды и содержания в ней взвешенных частиц. Существуют различные методы - реагентные, извест-

кование, фосфатные, умягчение воды бариевыми солями, применение ионообменной смолы, нанофильтрация и т. д [4].

Проведя анализ представленных аппаратов для борьбы с отложениями теплообменного оборудования, главным образом представленными карбонатами кальция и магния, был сделан вывод о наиболее рациональном выборе электрохимического аппарата.

Принцип действия данных аппаратов основывается на воздействии электрическим током низкого напряжения на воду. В качестве материала для анода в данных аппаратах используется – графит, а в качестве катода – сталь. Сами же катоды и аноды представляют собой ряд пластин. При прохождении воды в межэлектродном пространстве антинакипного аппарата основная часть высокодисперсных частиц карбонатов кальция и магния коагулируется в микрокристаллы и осаждаются на катоде аппарата.

Таким образом, антинакипной аппарат задерживает карбонаты кальция, гидроксиды магния и железа, и тем самым значительно уменьшает образования накипи на поверхностях теплообменного оборудования.

Антинакипные аппараты имеют большие преимущества перед другими способами уменьшения жесткости воды: высокоэффективны, экономичны, не требуют применения химических реагентов и содержания дополнительного рабочего персонала, сохраняют работоспособность в широком интервале концентрации накипеобразующих солей, обладают электрокоррозионной защитой и экологической чистотой, при высокой эффективности имеют низкие капитальные и эксплуатационные затраты, не требуют биологической защиты обслуживающего персонала.

Согласно данным компании ООО «Азов», являющейся производителем данных аппаратов, эффективность противонакипных агрегатов марки АЭА по уменьшению карбонатной жесткости составляет 80%, таким образом, итоговое значение карбонатной жесткости после прохождения данных аппаратов составит 1,16 мг-экв/л [5].

По полученным результатам можно сделать вывод

1. Данные лабораторных исследований, осуществляемые на протяжении 75 дней, выявили несоответствия некоторых показателей качества оборотной воды, используемой в теплообменных аппаратах блока деизопентанизатора.

2. Для борьбы с отложениями в результате превышения показателей карбонатной жесткости необходима установка электрохимического аппарата очистки воды, способного снизить данный показатель практически в 4 раза (до 1,16 мг-экв/л).

Список использованных источников

1. Современный нефтехимический комплекс и проектирование нефтехимических предприятий : учеб. пособие / С. О. Подгорный, О. Т. Подгорная, Е. Д. Скутин, А. Г. Нелин, С. В. Корнеев; Минобрнау-

ки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 118 с. – Текст : непосредственный.

2. Промышленное водоснабжение: учебное пособие / В. И. Алексеев, Ю. А. Галкин, В. Н. Заслонский, И. И. Ничкова; УрФУ – Екатеринбург; Изд-во УрФУ, 2010 – 118 с. – Текст : непосредственный.

3. Алексеев Л. С. Контроль качества воды: учебник – 4е изд. / Л. С. Алексеев – Москва, Изд-во : ИНФРА-М, 2009. – 159 с. – Текст : непосредственный.

4. Щербакова К. А. Борьба с жесткостью воды. Удаление из воды ионов магния и кальция / К. А. Щербакова // Молодежь и наука: шаг к успеху. – 2018. – С. 210-213. – Текст : непосредственный.

5. Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод. Ч. 1. Механическая и химическая очистка производственных стоков: учеб. пособ. / А. Б. Адельшин, А. В. Бусарев, А. С. Селюгин, Н. С. Урмитова. – Казань: КГАСУ, 2010. – 67 с. – Текст : непосредственный.

УДК 666.9.031

СИНТЕЗ НИЗКООСНОВНЫХ СЛОЖНООКСИДНЫХ СМЕСЕЙ В СИСТЕМЕ Al_2O_3-CaO МЕТОДОМ НИТРАТНОГО ГОРЕНИЯ

Барабанов Н. М.,
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург

Метод нитратного горения позволяет проводить синтез сложнооксидных соединений нанодисперсных размеров и в последнее время представляет большой интерес для науки. Основным его преимуществом является дисперсность конечного продукта, достижение которой не требует дополнительных стадий измельчения. Кроме того, синтез происходит в самораспространяющемся режиме горения и, следовательно, не требует обжига при высоких температурах. В данной работе демонстрируется возможность синтеза не только одиночных сложнооксидных соединений, но и смесей с заданным составом на их основе.

В качестве примера для синтеза была выбрана система Al_2O_3-CaO. Низкоосновные алюминаты кальция являются основой огнеупорных и глиноземистых цементов. Такие цементы представлены двумя основными соединениями: $CaO \cdot Al_2O_3$ и $CaO \cdot 2Al_2O_3$. Соединение $CaO \cdot 2Al_2O_3$ имеет температуру плавления 1750 ^{o}C, а $CaO \cdot Al_2O_3$ – 1600 ^{o}C,. Диалюминат кальция имеет невысокую гидравлическую активность, которая усиливается в присутствии моноалюмината кальция. Метод нитратного горения позволяет получать смесь, состоящую из 90 % $CaO \cdot 2Al_2O_3$ и 10 % $CaO \cdot Al_2O_3$

нанодисперсных размеров. Такая смесь имеет очень высокую гидравлическую активность из-за сильно развитой поверхности частиц и может быть использована в качестве огнеупорного связующего.

В основе метода нитратного горения лежит окислительно-восстановительная реакция между глицином и нитратами металлов. Важным параметром, определяющим как время синтеза, так и температуру горения, является мольное соотношение между глицином и нитратами (далее G/N). Параметр G/N можно рассчитать по формуле:

$$\frac{\upsilon NH_2CH_2COOH}{\upsilon Al(NO_3)_3 + \upsilon Ca(NO_3)_2}$$

Возможность синтеза смеси алюминатов требуемого состава обусловлена ступенчатостью образования моноалюмината кальция и диалюмината кальция. В синтезе смеси продуктов требуется учитывать суммарное среднее значение параметра G/N для двух реакций. Первой реакцией является образование моноалюмината кальция из возникающих в волне горения оксидов кальция и алюминия. В общем виде данную реакцию можно представить следующим образом:

$$9Ca(NO_3)_2+18Al(NO_3)_3+40NH_2CH_2COOH=9CaAl_2O_4+56N_2+100H_2O+80CO_2\ , (1)$$

Весь оксид кальция, образующийся в ходе горения, должен полностью израсходоваться в данной реакции. Оставшийся оксид алюминия следует также рассчитать исходя из второй реакции горения:

$$6Al(NO_3)_3+ 10NH_2CH_2COOH =3Al_2O_3+14N_2+25H_2O+20CO_2, (2)$$

В дальнейшем в пламени горения происходит спекание свободного оксида алюминия, не вступившего в реакцию с израсходованным оксидом кальция, и моноалюмината кальция, с образованием диалюмината кальция по реакции:

$$CaAl_2O_4+Al_2O_3= CaAl_4O_7, (3)$$

Исходя из стехиометрии реакций навески исходных соединений на 10 г смеси должны составлять:

Таблица 1

Навески исходных реагентов

Реактив	**Масса, г**
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	9,667
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	56,670
Глицин	22,323

Стехиометрия реакций учитывает лишь массовое соотношение между соединениями, но не учитывает температуру и время синтеза. Параметр G/N для стехиометрического синтеза составляет 1,548 и высчитывается как среднее отношение между молями нитратов и молями глицина в реакциях (1) и (2).

$CaO \cdot 2Al_2O_3$ является более высокотемпературным соединением, для которого требуется бóльшая температура синтеза, кроме того, ступенчатость образования данного соединения требует более продолжительного времени синтеза. Полученная при стехиометрическом соотношении реактивов смесь алюминатов не удовлетворяла заданному соотношению и была преимущественно представлена $CaO \cdot Al_2O_3$. Это говорит о том, что температура и время синтеза были не достаточны для образования $CaO \cdot 2Al_2O_3$ в нужном количестве. Был произведен ряд синтезов с различными значениями G/N. Полученные продукты были проанализированы с помощью рентгенофазового анализа.

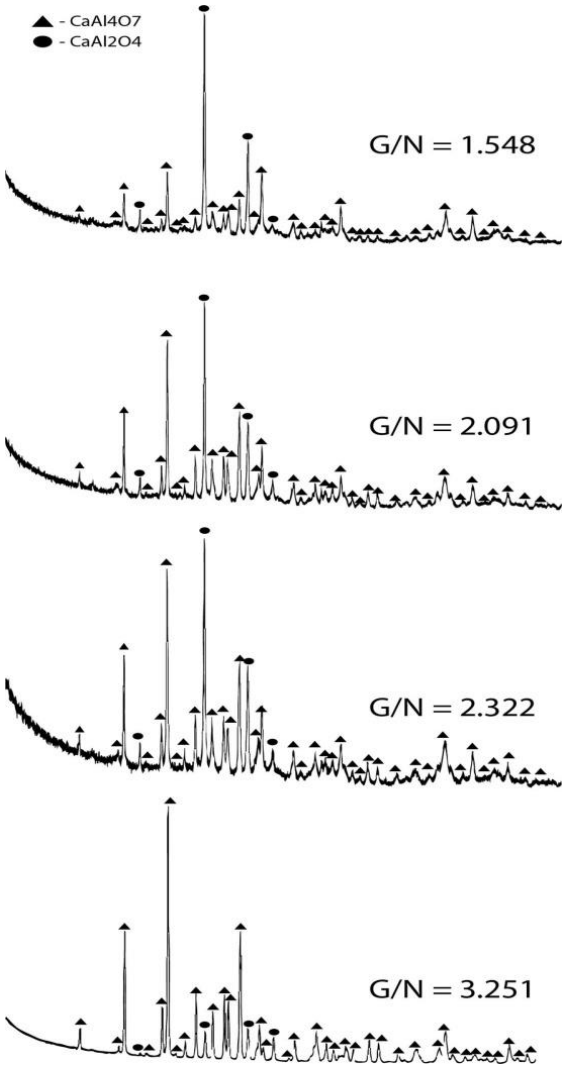


Рисунок 1 – снимки образцов с различным G/N
на рентгеновском дифрактометре

Из рисунка 1 видно, что при увеличении значения параметра G/N количество $CaO \cdot 2Al_2O_3$ постоянно увеличивается, а количество $CaO \cdot Al_2O_3$ уменьшается, что следует из интенсивности пиков на рентгенограмме. Можно сделать вывод, что температура и время синтеза постоянно возрастают при увеличении избытка топлива по сравнению со стехиометрическим. Наиболее близким значением параметра G/N, позволяющим получать искомое соотношение алюминатов кальция является эмпирически подобранное значение, которое равняется 3,251. При значениях параметра G/N более 3,7 получаются рентгеноаморфные продукты. Это может быть следствием образования избыточного количества продуктов неполного сгорания глицина. Полученные образцы были подвергнуты обжигу при 700 °С в течение 1 часа. Анализ показал, что размер частиц варьируется от 150 нм до 1 мкм.

Таким образом, подтверждается возможность синтеза сложнооксидных смесей требуемого состава методом нитратного горения, что может быть применено и к другим оксидным системам.

Научный руководитель: Пантелеев И. Б. доктор технических наук, профессор.

УДК 543.062+543.066+543.432+546.98+546.72

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ В КАТАЛИЗАТОРАХ Pd/C: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА И ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Баташев С. А., Севостьянова Н. Т.,
Тульский государственный педагогический университет
им. Л. Н. Толстого, г. Тула

В современной химической промышленности катализаторы на основе Pd занимают важное место среди гетерогенных и гомогенных металлокомплексных катализаторов. Применение катализаторов на основе палладия особенно востребовано в процессах гидрирования и карбонилирования В этой связи актуальны вопросы определения срока службы, регенерации, переработки и аффинажа палладиевых катализаторов. Решение этих вопросов невозможно без выбора наиболее приемлемого метода определения палладия. Данная работа посвящена обобщению и краткому анализу данных о методах определения Pd.

В настоящее время методы определения переходных металлов, в том числе платиновой группы, весьма многообразны. В частности, для определения Pd разработаны химические и физико-химические методы. К числу

первых относится гравиметрическое определение Pd, титриметрические (главным образом комплексонометрия) и каталитические кинетические методы [1]. В основе химических методов лежит какая-либо химическая реакция с участием палладия. Среди физико-химических методов для определения Pd применимы, в первую очередь, спектрофотометрия, спектральные (атомно-эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрометрия, рентгеноспектральный анализ) [1], масс-спектральные [2], а также электрохимические (в основном полярографические и кулонометрические) и радиоактивационные [1] методы.

Возможность применения каждого из указанных методов для определения палладия в промышленном катализаторе Pd/C определяется не только общими их ограничениями, но и рядом специфических аспектов. Среди них следует отметить, во-первых, необходимость перевода палладия в растворенное состояние практически для всех перечисленных методов, и, во-вторых, одновременное присутствие железа и никеля в пробах катализаторов вследствие использования стального промышленного оборудования. Присутствие Fe в анализируемом растворе, как правило, мешает определению палладия методами гравиметрии, титриметрии и спектрофотометрии, а в ряде случаев и каталитическими методами [1]. В результате усложняется анализ, реализация которого может идти по разным направлениям, например:

1) путем определения Pd и Fe при их одновременном присутствии в растворе с применением специфических реагентов, как правило, достаточно редких и дорогостоящих;

2) с предварительным разделением металлов, например, путем перевода в малорастворимое состояние Fe или Pd, что существенно усложняет пробоподготовку, приводя к увеличению ее длительности, многостадийности и общей ошибки определения.

Спектральные и масс-спектральные методы отличаются высокой универсальностью и позволяют вести определение одного металла в присутствии других, однако требуют использования дорогостоящих приборов.

В данной работе рассмотрены спектрофотометрические методы определения Pd применительно к гетерогенному катализатору Pd/C.

В определении платиновых металлов спектрофотометрические методы достаточно распространены вследствие высокой чувствительности, быстроты выполнения и широкого интервала концентраций, охватываемых ими. Фотометрируемые соединения представляют собой устойчивые комплексы металлов с органическими, а реже неорганическими лигандами. Применяемые органические реагенты чаще всего содержат функциональные группы с донорными атомами N и S. Особенно устойчивы внутрикомплексные соединения, образуемые металлами с реагентами, содержащими два донорных атома – N и S, а также N и O. Избирательность реагентов существенно повышается при экстракции окрашенных соединений орга-

ническими растворителями. При экстракции уменьшаются минимальные определяемые количества элементов, так как они концентрируются в возможно малом объеме [1]. Кроме того, немало важным аргументом в пользу выбора спектрофотометрии является доступность приборов.

Из большого числа предложенных методов спектрофотометрии, практически используют очень немногие. В основном применятся органические реагенты. Для спектрофотометрического определения Pd, наиболее обеспечена реагентами область концентраций от 0,1 до 10 мкг/мл Pd. Так, для спектрофотометрического определения 10^{-3}-10^{-2} мкг/мл Pd предложено около десяти реагентов, в частности п-нитрозодиметиланилин и п-нитрозодифениламин, 2-меркаптобензимидазол и некоторые 2,7-бис-азопроизводные хромотроповой кислоты (сульфонитрофенол М и диметилсульфоназо III). Невелико и количество реагентов для области концентраций 10^{1}-10^{2} мкг/мл Pd: диметилдиоксим, 2-меркаптобензимидазол, 2-меркапто-4,5-диметилтиазол, 8-меркаптохинолин, бромид натрия. Для определения Pd в наиболее широком диапазоне его концентраций могут быть использованы 2-меркаптобензимидазол (10^{-2}-10^{2} мкг/мл Pd), 8-меркаптохинолин (5-270 мкг/мл Pd), 2-меркапто-4,5-диметилтиазол (7-172 мкг/мл Pd), $SnCl_2$ (37-369 мкг/мл Pd) [1].

Для определения палладия в присутствии железа подходят α-фурилдиоксим, нитрозо-R-соль, п-нитрозодифениламин, п-нитрозодиметиланилин, 1-(2-пиридилазо)резорцин, 4-(2-тиазолилазо) резорцин, 5-(2-тиазолилазо)-2,6-диоксипиридин, изонитрозоацетилацетон, изонитрозоацетофенон, пиридин-2-альдегид-2'-пиридилгидразон, пиридин-2-альдегид-2-хинолил-гидразон, дидодецилрубеановодородная кислота (влияние Fe устраняют добавлением Na_2SO_3), 2-меркаптобензимидазол, трифениларсин в присутствии KI, производные меркаптопропионовой кислоты (Fe маскируют с помощью винной кислоты), KI, фенил-α-пиридилкетоксим, β-нитрозо-α-нафтол, рубеановодородная кислота, 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол. В последних пяти случаях Fe маскируют с помощью ЭДТА [1].

Спектрофотометрические методы, использующие для определения Pd комплексоны (ЭДТУ и нитрилотриуксусную кислоту) не отличаются ни высокой чувствительностью, ни избирательностью и не могут быть использованы для определения Pd без предварительного отделения его от сопутствующих элементов в виде бис-(диметилдиоксимато)палладия [1].

Основным ограничением в применении спектрофотометрии для определения Pd в присутствии железа является необходимость использования специфических реактивов или предварительного выделения Pd из пробы. Выделение Pd усложняет ход анализа, увеличивая его продолжительность, и вносит дополнительные погрешности в конечный результат.

В общем случае в спектрофотометрическом методе выделяют две группы ошибок [3]:

1) связанные с получением химического соединения, поглощающего излучения определенной длины волны;

2) связанные с процессом измерения оптической плотности раствора.

Источники первой группы ошибок многочисленны. В первую очередь эти ошибки зависят от правильности выбора оптимальных условий и четкости проведения фотометрической реакции. Ошибки второй группы существенно зависят от значений оптической плотности. Чтобы иметь возможность использовать спектрофотометрические методы для определения с достаточной точностью больших количеств веществ, необходимо измерять значения оптической плотности D>2 с достаточно большой точностью. В таких случаях можно применить так называемый дифференциальный (сравнительный) метод фотометрии, где в качестве нулевого раствора используется один из эталонных растворов [3].

Несмотря на ограничения в применении спектрофотометрии для определения Pd в катализаторах, все же следует отдать предпочтение этому методу (при наличии специфических реактивов, образующих окрашенные соединения) в связи с достаточно высокой точностью, экспрессностью и простотой оформления данного метода.

Список использованных источников

1. Аналитическая химия платиновых металлов. Серия «Аналитическая химия элементов» / С. И. Гинзбург, Н. А. Езерская, И. В. Прокофьева [и др.]. – Москва : Наука, 1972. – 615 с. – Текст : непосредственный.

2. Каталитические методы определения платиновых металлов / Е. Г. Хомутова. – Москва : Изд-во МИТХТ, 2013. – 310 с. – Текст : непосредственный.

3. Алексеев, В. Н. Количественный анализ / В. В. Алексеев. – 3-е изд. – Москва : Госхимиздат, 1963. – 568 с. – Текст : непосредственный.

УДК 661.721+547.32+546.262.3-31+66.097.3

СИНТЕЗ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И МЕТИЛАЦЕТАТА КАРБОНИЛИРОВАНИЕМ МЕТАНОЛА

Баташев С. А., Севостьянова Н. Т.,
Тульский государственный педагогический университет
им. Л. Н. Толстого, г. Тула

Карбонилирование спиртов с использованием CO позволяет в мягких условиях получать карбоновые кислоты и их сложные эфиры. Эти процессы представляют большой интерес, поскольку реагентами в них выступают доступные спирты, а синтез-газ – сырьем для получения CO. В свою оче-

редь синтез-газ может быть получен не только нефти и природного газа, но и альтернативного сырья – растительной биомассы и каменного угля. Метанол наиболее часто используется для карбонилирования [1-6] (реакция (1)). Большое развитие получили исследования с использованием катализаторов не только на основе платиновых металлов, но и более дешевых переходных металлов. Данный краткий обзор посвящен систематизации данных за последние пять лет по катализаторам карбонилирования метанола.

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{T,p,cat} CH_3COOH + CH_3COOCH_3 \quad (1)$$

Карбонилирование метанола позволяет получать более 80% уксусной кислоты (УК) и занимает первое место в мире среди различных способов получения этого продукта, нашедшего широкое применение. [1]. Метилацетат (МА) – другой важный продукт карбонилирования метанола – применяется как растворитель, сырье для специй, кожи [1, 7] и для получения этанола путем гидрирования [8, 9], в биотехнологии [10]. Около 81% производительности основано на гомогенных процессах карбонилирования метанола Captiva или Monsanto с использованием Ir или Rh катализаторов [11], и появляются новые разработки в этом направлении.

В качестве катализаторов применялись комплексы Ir с хелатирующими лигандами [12]. Был изучен механизм карбонилирования CH_3OH в УА в присутствии CH_3I с многообещающей заменой традиционного гомогенного иридиевого катализатора на гетерогенный Ir-La/C [13]. Был разработан ряд гомогенных и гетерогенных катализаторов на основе Ir для карбонилирования метанола в МА и УА в присутствии CH_3I [1]. S. Feng с соавторами [2] также сообщили о катализаторе Ir-La/активированный уголь для получения МА.

В газофазном синтезе УА гетерогенные катализаторы на основе атомарно дисперсных активных центров Re в ReO_4/SiO_2 [3] и атомарно диспергированных активных центров Rh на кислотном носителе [4] могут стать альтернативой катализаторам с агрессивными галогенидами.

P. K. Saikia и др. описали эффективное использование в карбонилировании метанола в УА каталитических предшественников $[Rh(CO)_2Cl]$/L/(3-аминопропил)-триметоксисилан-монтмориллонит (L = хинолин-2-карбоновая кислота или хинолин-8-карбоновая кислота) [12]. Для жидкофазного карбонилирования был предложен нанесенный катализатор Rh-PhPy/Li/Y. В парофазном карбонилировании был успешно апробирован новый пористый N-полимер на основе Rh (Rh-POL-2BPY) [14]. Для прямого карбонилирования метанола в МА и УА использовался гетерогенный родиевый катализатор, проявивший высокую активность и стабильность. Rh был гетерогенизирован на ковалентном триазиновом каркасе (Rh-bpim-CTF) на основе 1,3-бис(пиридил)имидазолия [11]. Группа D. M. Kim исследовала возможность применения гетерогенных катализа-

торов на основе графитового C_3N_4 с встроенными металлами [17, 16]. Гетерогенный Rh-g-C_3N_4 показал превосходную активность в жидкофазном карбонилировании в присутствии CH_3I и H_2O, где первоначально образовавшийся промежуточный продукт МА мог легко гидролизоваться с образованием УА. Затем был использован мезопористый графитный C_3N_4 (mpg-C_3N_4) с встроенным Al и Rh (AlRh-CN) [16].

Был разработан катализатор Rh(I)/Ru(III) с биметаллической пространственной структурой [17]. Описано применение катализатора Rh/пористый органический лиганд/PPh_3 для гетерогенного карбонилирования в реакторе непрерывного действия с неподвижным слоем [5]. Описано парофазное карбонилирование со стабильным и селективным катализатором (цеолит Н-морденит, модифицированный пиридином) без галогенов и благородных металлов [6].

Список использованных источников

1. Zhang, D. Efficient methanol carbonylation to methyl acetate catalyzed by a cyclic(alkyl)(amino)carbene iridium complex / D. Zhang, G. Yang, Y. Zhao, S. Shao, G. Zhu, P. Liu, J. Liu, X. Hu, Z. Zhang. – Direct text // Catalysis Science and Technology. – 2020. – V. 10. – P. 6045-6049.

2. Feng, S. La-stabilized, single-atom Ir/AC catalyst for heterogeneous methanol carbonylation to methyl acetate / S. Feng, X. Song, Z. Ren, Y. Ding. – Direct text // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2019. – V. 58. - № 12. – P. 4755-4763.

3. Qi, J. Selective methanol carbonylation to acetic acid on heterogeneous atomically dispersed ReO_4/SiO_2 catalysts / J. Qi, J. Finzel, H. Robatjazi, M. Xu, A.S. Hoffman, S.R. Bare, X. Pan, P. Christopher. – Direct text // Journal of the American Chemical Society. – 2020. – V. 142. - № 33. – P. 14178-14189.

4. Qi, J. Atomically dispersed Rh active sites on oxide supports with controlled acidity for gas-phase halide-free methanol carbonylation to acetic acid / J. Qi, P. Christopher. – Direct text // Industrial & Engineering Chemical Research. 2019. – V. 58. - № 28. – P. 12632-12641.

5. Ren, Z. A highly efficient single site Rh-POL-PPh_3 catalyst for heterogeneous methanol carbonylation / Z. Ren, Y. Lyu, S. Feng, X. Song and Y. Ding. – Direct text // Molecular Catalysis. – 2017. – V. 442. – P. 83-88.

6. Ni, Y. A green route for methanol carbonylation / Y. Ni, L. Shi, H. Liu, W. Zhang, Y. Liu, W. Zhu, Z. Liu. – Direct text // Catalysis Science &Technology. – 2017. – V. 7. – P. 4818-4822.

7. Huang, X. Hydrogenation of methyl acetate to ethanol over a highly stable Cu/SiO_2 catalyst: Reaction mechanism and structural evolution / X. Huang, M. Ma, S. Miao, Y. Zheng, M. Chen and W. Shen. – Direct text // Applyed Catalysis, A. – 2017. – V. 531. – P.79-88.

8. Wang, Y. Facile Synthesis of $Cu@CeO_2$ and Its Catalytic Behavior for the Hydrogenation of Methyl Acetate to Ethanol / Y. Wang, Y. Zhao, J. Lv and X. Ma. – Direct text // ChemCatChem. – 2017. – V. 9. – Iss. 12. – P. 2085-2090.

9. Choo, S. Engineering of *Corynebacterium glutamicum* to utilize methyl acetate, a potential feedstock derived by carbonylation of methanol with CO / S. Choo, Y. Um, S. O. Han and H. M. Woo. – Direct text // Journal of Biotechnology. – 2016. – 224. – P. 47-50.

10. Zoeller, J.R. 2015 Paul N. Rylander award address: selected advances in catalysis and reactor systems for the generation of acetates and propionates using carbonylation / J. R. Zoeller. – Direct text // OPRED. – 2016. – V. 20. – V. 6. – P. 1016-1025.

11. Exceptionally stable Rh-based molecular catalyst heterogenized on a cationically charged covalent triazine framework support for efficient methanol carbonylation / K. Park, S. Lim, J. H. Baik, H. Kim, K.D. Jung, S. Yoon. – Direct text// Catalysis Science and Technology. – 2018. – V.8. – P. 2894-2900.

12. Salt-promoted catalytic methanol carbonylation using iridium pincer-crown ether complexes / L. C. Gregor, J. Grajeda, P. S. White, A. J. Vetter, A. J. Miller. – Direct text // Catalysis Science and Technology. – 2018. – V. 8. – P. 3133-3143.

13. Mechanistic understanding of methanol carbonylation: interfacing homogeneous and heterogeneous catalysis via carbon supported Ir La / A.J. Hensley, J. Zhang, I. Vinçon, X.P. Hernandez, D. Tranca, G. Seifert, J.-S. McEwen, Y. Wang. – Direct text // Journal of Catalysis. – 2018. – V. 361. – P. 414-422.

14. Single-atom Rh based bipyridine framework porous organic polymer: A high active and superb stable catalyst for heterogeneous methanol carbonylation / Z. Ren, Y. Liu, Y. Lyu, X. Song, C. Zheng, S. Feng, Z. Jiang, Y. Ding. – Direct text // Journal of Catalysis. – 2019. – V. 369. – P. 249-256.

15. Novel heterogeneous Rh-incorporated graphitic-carbon nitride for liquidphase carbonylation of methanol to acetic acid / J. S. Nam, A. R. Kim, D. M. Kim, T. S. Chang, B. S. Kim, J. W. Bae. – Direct text // Catalysis Communications. – 2017. – V. – P. 141-145.

16. Synergy effects of Al_2O_3 promoter on a highly ordered mesoporous heterogeneous Rh-g-C_3N4 for a liquid-phase carbonylation of methanol / D. M. Kim, A. R. Kim, T. S. Chang, H. M. Koo. – Direct text // Applyed Catalysis, A. – 2019. – V. 585. – 117209.

17. Zhang, S. Study on Rh(I)/Ru(III) bimetallic catalyst catalyzed carbonylation of methanol to acetic acid / S. Zhang, W. Ji, N. Feng, L. Lan, Y. Li, Y. Ma. – Direct text // Materials. – 2020. – V. 13. – P. 4026-4037.

УДК 615.277.3+615.322

НАПРАВЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ ПРОТИВООНКОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ВР-СХ-1 С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Батрева Т. Г., Климшина В. И., Ушакова А. А.,
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург.

В настоящее время активно исследуются системы доставки лекарственных препаратов на основе биосовместимых и безопасных полимерных матриц, которые позволяют обеспечить стабильность препаратов и их направленное действие, за счет чего снижаются побочные эффекты лекарственного средства, а также обеспечивается синергизм действия, что позволяет существенно снизить дозу, упростить процедуру применения лекарства и понизить его стоимость. Преимуществом таких систем является их улучшенная биодоступность, селективность действия, и биоразлагаемость.

Лигнин – это природный полимер, который содержится во всех наземных растениях. Он обладает малой токсичностью и широким спектром фармакологического действия, в связи с чем широко используется для разработки новых лекарственных препаратов. Производные лигнина при исследованиях продемонстрировали противовирусные, противовоспалительные, противодиабетические и противоопухолевые действия [1]. Их используют для лечения диабета, ожирения, ВИЧ инфекции, эмфиземы и в качестве антикоагулянтов. Лигнин прошел третью стадию клинических исследований и также прошел испытания в Национальном институте здоровья США как препарат, использующийся для лечения радиационных ран.

ВР-Сх-1 - водорастворимая модификация гидролизованного лигнина, представляющая собой многокомпонентную композицию полифенольных соединений, которая используется для терапии и поддерживающей терапии онкологических пациентов, лечения сахарного диабета второго типа и заболеваний, связанных с хроническим воспалением (нейродегенеративные заболевания, ревматоидный артрит, аутоиммунные нарушения). Данное соединение обладает высокой антиоксидантной активностью, не иммуногенен, и является геропротектором. Однако ВР-Сх-1, как и другие производные лигнина, обладает низкой биодоступностью и малой селективностью по отношению к конкретным мишеням.

Для улучшения биодостпуности и селективности действия нами изучаются системы доставки данного препарата на основе полимерной матрицы. В качестве полимерной матрицы мы выбрали гиалуроновую кислоту, которая является естественным полимером, присутствующим в организме человека, и идеально подходит для создания систем направленной доставки лекарственного вещества в органы-мишени, а также является полностью биосовместимым и биоразалагаемым полимером. Дополнительное преимущество гиалуроновой кислоты заключается в присутствии в орга-

низме человека специфических рецепторов, связываясь с которыми, обеспечивается селективность действия гиалуроновой кислоты [2].

Внедрение водорастворимой формы лигнина в полимерную матрицу для пролонгированного действия препарата, также увеличит терапевтическую эффективность лечения и снизит вероятность возникновения побочных эффектов, за счет увеличения селективности действия лекарственного препарата.

Список использованных источников

1. Novel water-soluble lignin derivative BP-Cx-1: identification of components and screening of potential targets in silico and in vitro / E. I. Fedoros, A. A. Orlov, A. Zherebker[et all]. – URL: https://www.oncotarget.com/article/24990/text/ / (date of the application 06.04.2018). – Text : electronic.

2. Морозкина, С. Н. Некоторые биологически-активные вещества природного происхождения и системы их доставки на основе гиалуроновой кислоты / С. Н. Морозкина, Р. О. Олехнович, П. П. Снетков. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2021. – 72 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Морозкина С. Н. кандидат химических наук, доцент.

УДК 662.75

ПРОИЗВОДСТВО КОМПОНЕНТОВ НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ПРЯМОГОННЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТИ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

Богданов И. А., Алтынов А. А., Киргина М. В.,
Томский политехнический университет, г. Томск

Российская Федерация все активнее осваивает свои северные территории. В большинстве случаев это освоение связанно с поиском и разработкой новых месторождений углеводородного сырья. При этом обустройство любого месторождения и поддержание его инфраструктуры требует в первую очередь обеспечения техники качественными, а в случае отдаленных месторождений, находящихся в суровых климатических условиях, низкозастывающими моторными топливами. Производство таких топлив в России реализовано только на крупных НПЗ, в связи с чем возникает не только необходимость доставки топлива, но и кратно повышается его стоимость.

Возможным решением задачи обеспечения отдаленных месторождений качественными горюче-смазочными материалами является использование малотоннажных установок для производства топлива по месту, из доступного на промысле нефтяного сырья, такого как прямогонные нефтяные фракции. Реализация подобных процессов возможна на цеолитных ка-

тализаторах которые не только значительно дешевле биметаллических используемых на крупных НПЗ, но и позволяют вести технологический процесс без использования водородсодержащего газа [1].

В данной работе для получения низкозастывающих компонентов дизельных топлив был использован цеолитный катализатор марки КН-30 и прямогонная дизельная фракция (сырье), полученная с одного из месторождений севера Томской области. Процесс переработки был реализован на лабораторной каталитической установке при температуре 375 °С, давлении 0,35 МПа и расходе сырья 0,5 мл/мин, объем используемого катализатора составил 10 $см^3$. Характеристики сырья и полученного продукта представлены в таблице 1.

Также из полученного продукта были выделены две дизельные фракции: стандартный дизель (температура кипения 150-360 °С) и утяжеленный дизель (температура кипения 220-360 °С). Характеристики выделенных продуктов представлены в таблице 2.

Все полученные в работе продукты были проанализированы на соответствие требованиям действующих стандартов [2, 3].

Таблица 1

Характеристики полученного продукта и исходной дизельной фракции

Характеристика		**Сырье**	**Продукт**
Плотность при 15 °С, г/$см^3$		0,837	0,825
Вязкость кинематическая при 20 °С, $мм^2/с$		3,96	1,82
Содержание серы, мг/кг		5781	4006
Цетановый индекс, пункты		48,9	45,5
Температура помутнения	°С	-4	не мутнеет при -70
Предельная температура фильтруемости	°С	-5	фильтруется при -70
Температура застывания	°С	-14	не застывает при-70
Фракционный состав, °С			
начало кипения		145	38
10	% об.	**190**	**90**
20	% об.	208	156
30	% об.	227	187
40	% об.	244	220
50	% об.	**261**	**250**
60	% об.	278	274
70	% об.	295	299
80	% об.	309	329
90	% об.	**329**	**335**

Таблица 2

Характеристики выделенных продуктов

Характеристика	**Стандартный дизель**	**Утяжеленный дизель**
Плотность при 15 °С, г/см^3	0,869	0,889
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	4,29	10,33
Содержание серы, мг/кг	6594	9267
Предельная температура фильтруемости, °С	-46	-19

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что в ходе переработки снижаются значения всех исследуемых характеристик, и по всем исследуемым характеристикам кроме содержания серы полученный продукт соответствует требованиям, предъявляемым к арктическому дизельному топливу (плотность не более 833,5 кг/м^3, кинематическая вязкость 1,5-4,0 мм^2/с, предельная температура фильтруемости не выше минус 45°С, цетановый индекс не менее 45 пунктов) [2, 3]. Однако требования [3] не распространяется на топливо для нужд собственного потребления на нефтяных промыслах и буровых платформах, что позволяет рассматривать полученный продукт в качестве готового топлива.

Важно отметить, что в случае применения гидроочистки для полученного продукта его можно использовать в качестве товарного дизельного топлива для реализации.

Согласно результатам, представленным в таблице 2, выделенный образец «стандартный дизель», не удовлетворяет требованиям [2] по плотности ни для одной марки дизельного топлива, однако удовлетворяет требованиям по вязкости и предельной температуре фильтруемости для зимней марки дизельного топлива, что делает его перспективным базовым компонентом для получения как зимней, так и арктической марок смесевого дизельного топлива.

Выделенный образец «утяжеленный дизель» не удовлетворяет требованиям [2] по плотности и вязкости ни для одной марки дизельного топлива, а по показателю предельной температуры фильтруемости соответствует требованиям, предъявляемым к межсезонной марке дизельного топлива. Данный образец возможно рассматривать только как базовый компонент для получения межсезонной марки смесевого дизельного топлива.

Список использованных источников

1. Получение низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 / И. А. Богданов, А. А. Алтынов,

Е. И. Мартьянова и [др.]. - Текст : Непосредственный // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 9. – С. 68-74.

2. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия: межгосударственный стандарт: издание официальное: утв. введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1871-ст: введ. впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ОАО «ВНИИ НП». – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с. – Текст: непосредственный.

3. Технический Регламент Таможенного Союза 013/2011 О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту: утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года N 826.

Научный руководитель: Киргина М.В. кандидат технических наук, доцент.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-00095, https://rscf.ru/project/21-73-00095/.

СИНТЕЗ ЦИАНИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ С 3,6-ДИБРОМ-9-ГЕКСИЛ-КАРБАЗОЛЬНЫМ ЗАМЕСТИТЕЛЕМ ПРИ АТОМЕ АЗОТА ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО ОСТАТКА

Бондарцева А. А.,
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург

Цианины обладают высоким коэффициентом экстинкции. Хромофоры отвечают за поглощение видимого цвета. Свойства хромофора (длину волны поглощения, флуоресценцию) можно контролировать с помощью различных заместителей [1].

Был проведен синтез 3,6-дибром-9-(6-бромгексил)-карбазола (рис. 1) [2].

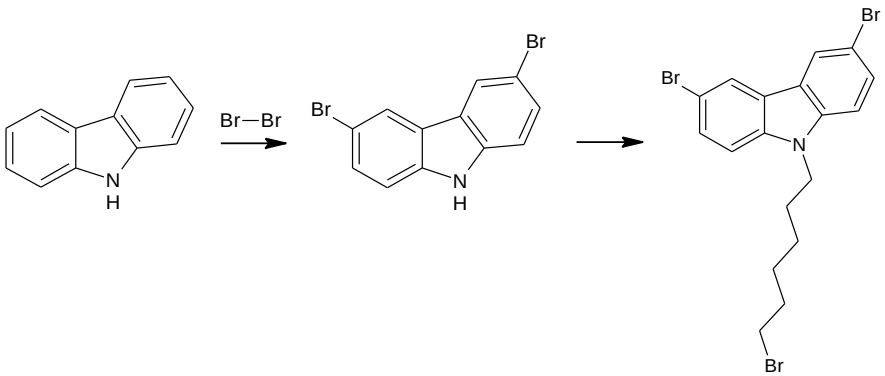


Рисунок 1 – Схема синтеза 3,6-дибром-9-(6-бромгексил)-карбазола

Далее впервые был проведен синтез цианинового красителя с 3,6-дибром-9-гексил-карбазольным заместителем (рис. 2).

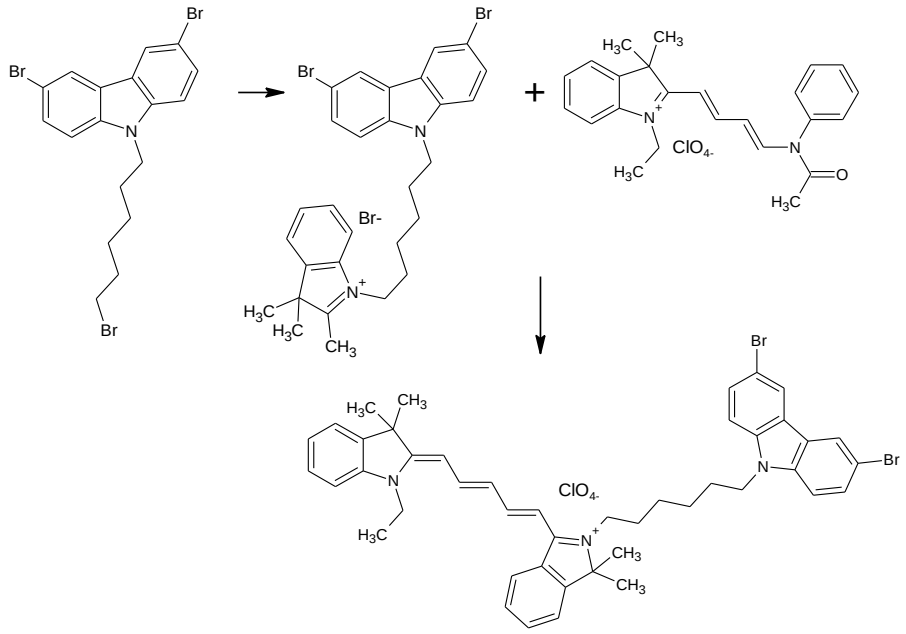


Рисунок 2 – Схема синтеза цианинового красителя с 3,6-дибром-9-гексил-карбазольным заместителем

Список использованных источников

1. Miltsov S. et al. // Tetrahedron Letters. 2019. V. 60. P. 151005.
2. Dierschke F., Grimsdale A. C., and Mullen K., Synthesis, No. 16, 2470 (2003).

УДК 544.65

КАТОДНЫЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ КРИВЫЕ АЛЮМИНИЯ В КИСЛОЙ ХЛОРАЛЮМИНАТНОЙ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ ТРИЭТИЛАМИНГИДРОХЛОРИД

Бороздин А. В.[1,2], Эльтерман В. А.[2], Шевелин П. Ю.[2],
[1]Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
[2]Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

За последние несколько десятилетий возрос спрос на устройства хранения и преобразования энергии от небольших батарей для смартфонов до огромных аккумуляторных систем для электростанций с возобновляе-

мыми источниками энергии (солнечная, ветровая и другие). Одно из возможных направлений развития аккумуляторной промышленности является разработка алюминий-ионного аккумулятора (АИА). АИА имеет неплохую коммерческую перспективу, обладая рядом несомненных достоинств перед другими вторичными химическими источниками тока: рекордная среди металлов теоретическая объемная емкость алюминия (8046 мА·ч·см$^{-3}$), почти в 4 раза превышающая емкость лития (2062 мА·ч·см$^{-3}$) [1], сверхвысокие скорости заряда и разряда, низкая стоимость, экологичность и пожаробезопасность [2].

Хлоралюминатные ИЖ, проявляющие свойства кислоты Льюиса обладают способностью к обратимому осаждению металлического алюминия под действием электрического тока, и уже зарекомендовали себя в качестве электролитов для АИА [3]. Наиболее перспективным электролитом для АИА за счет невысокой стоимости является хлоралюминатная ионная жидкость триэтиламингидрохлорид ([Et_3N]Cl).

Взаимодействие $AlCl_3$ с [Et_3N]Cl приводит к появлению хлоралюминатных анионов $AlCl_4^-$ и $Al_2Cl_7^-$, которые могут принимать участие в электровосстановлении алюминия. При этом анион $Al_2Cl_7^-$ существует в ИЖ, в которых мольное отношение хлорида алюминия к органической соли ($AlCl_3$/[Et_3N]Cl = N) превышает единицу (кислые ИЖ по Льюису). В нейтральной по Льюису ИЖ (N = 1) присутствует только анион $AlCl_4^-$. В исследуемых расплавах на алюминиевом электроде теоретически могут протекать следующие электродные реакции [4].

$$4Al_2Cl_7^- + 3\bar{e} \leftrightarrow Al + 7AlCl_4^- \quad (1)$$

или

$$AlCl_4^- + 3e^- \rightarrow Al + 4Cl^- \quad (2)$$

Для улучшения характеристик АИА необходимо оптимизировать состав используемого электролита. Изучение кинетики электродных процессов на границе алюминия с ИЖ является важной частью подбора наиболее подходящего состава электролита. В настоящей работе были получены катодные поляризационные кривые на границе алюминия с хлоралюминатной ИЖ $AlCl_3$–[Et_3N]Cl для мольных отношений $AlCl_3$ к [Et_3N]Cl от 1.3 до 2.0 при температуре 30 °C.

Все измерения проводили в трехэлектродной ячейке Al|$AlCl_3$[Et_3N]Cl|Al (рисунок 1), в перчаточном боксе UniLab MBraun с атмосферой осушенного аргона. Стакан, изготовленный из высокочистого алюминия марки А5N (99.999 %, Русал), являлся также противоэлектродом. Торцевой рабочий электрод изготовлен из алюминиевой проволоки марки А5N, боковая поверхность которого покрыта химически инертным непроводящим электрический ток материалом. Рабочей поверхностью электрода является

круглое сечение проволоки диаметром 0.3 см и площадью 0.07 см^2. Конструкция рабочего электрода выполнена таким образом для поддержания постоянной площади рабочей поверхности электрода. Алюминиевая проволока марки A5N является электродом сравнения. Измерения проводили на потенциостате-гальваностате Autolab 302N.

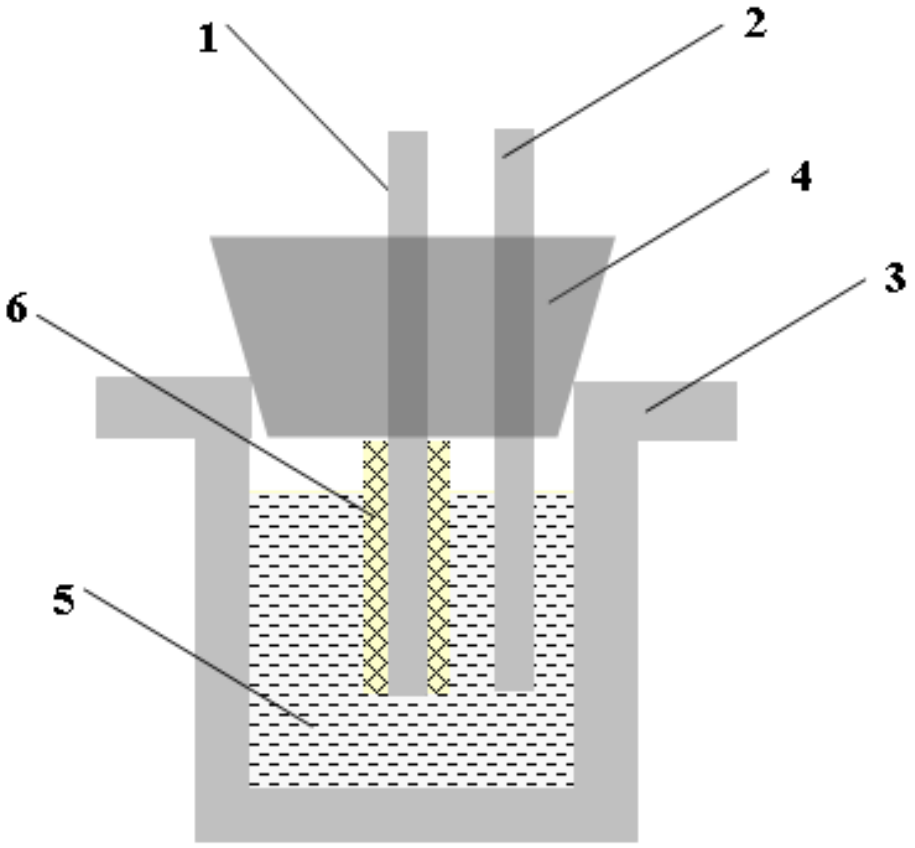


Рисунок 1 – Трехэлектродная электрохимическая ячейка.
1 – рабочий торцевой алюминиевый электрод, 2 – алюминиевый электрод сравнения, 3 – алюминиевый корпус ячейки (противоэлектрод), 4 – пробка, 5 – электролит, 6 – изоляция рабочего электрода.

Поляризационные кривые были получены методом стационарного электролиза. Для этого при разных потенциалах снимались хроноамперограммы до момента установления постоянного тока. После каждого измерения рабочий электрод вынимался из ячейки и механически зачищался. Это необходимо по причине того, что при электровосстановлении алюминий образует на поверхности электрода губчатый осадок, который значительно увеличивает площадь рабочей поверхности электрода.

Нижним пределом концентрации был выбран электролит с мольным отношением 1.3 так как при меньшем мольном отношении компонентов смесь является твердой при температуре 30 °C. Экспериментально полученные поляризационные кривые представлены на рисунке 2.

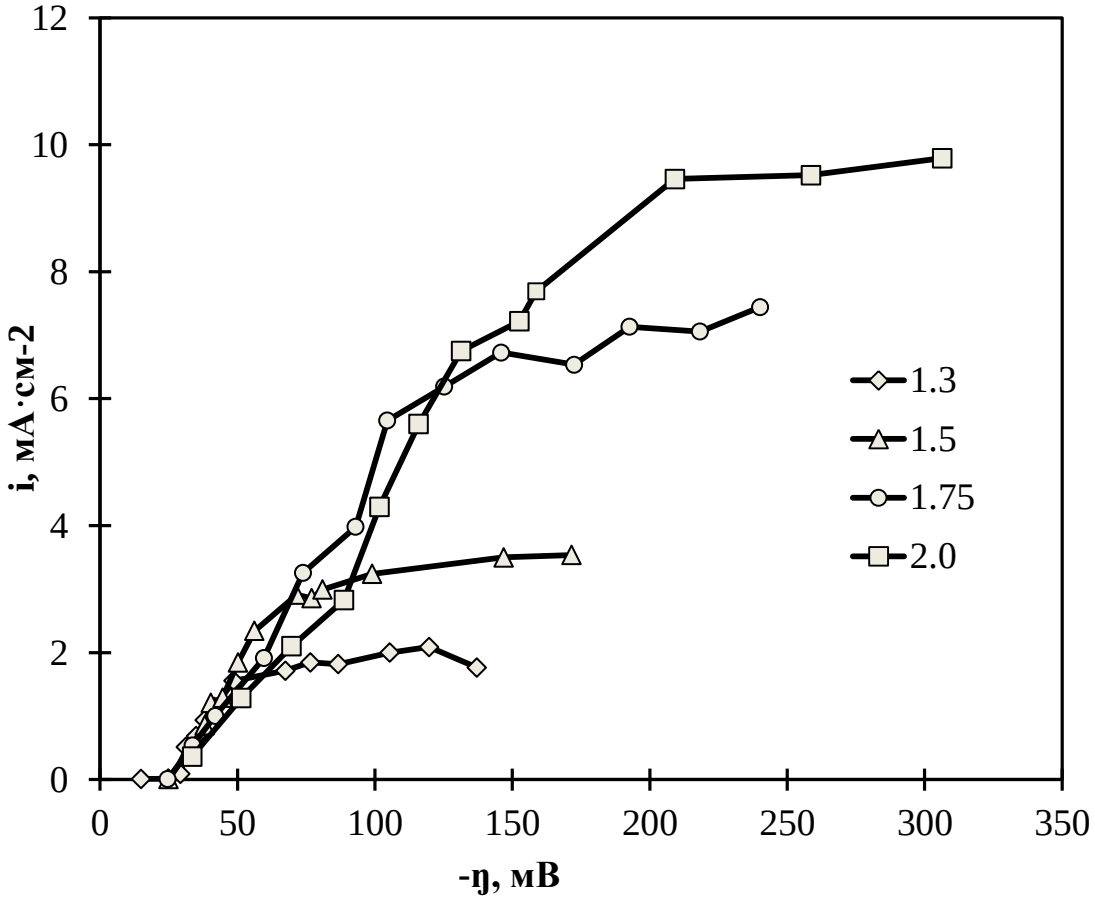


Рисунок 2 – катодные поляризационные кривые на границе Al|$AlCl_3$[Et_3N]Cl в диапазоне мольных отношений от 1.3 до 2.0

Поляризационные кривые имеют S-образный вид с выходом на предельный диффузионный ток, что свидетельствует о смешенной кинетике протекания электродного процесса. Предельный ток увеличивается с ростом концентрации $Al_2Cl_7^-$, следовательно именно ион $Al_2Cl_7^-$ является основной электроактивной частицей, а процесс восстановления алюминия протекает по уравнению 1.

Список использованных источников

1. Cathode materials for rechargeable aluminum batteries: current status and progress / Z. A. Zafar, S. Imtiaz, R. Razaq [et al.]. – Direct text // J. Mater. Chem. A. – 2017. – №5 (12). – P. 5646–5660.

2. An ultrafast rechargeable aluminium-ion battery / M.-C. Lin, M. Gong, B. Lu, [et al.]. – Direct text. // Nature. – 2015. – №520 (7547). – P. 324–328.

3. Development of a novel 1-trifluoroacetyl piperidine-based electrolyte for aluminum ion battery / V. A. Elterman, P. Y. Shevelin, D. L. Chizhov [et al.]. – Direct text // Electrochimica Acta. – 2019. – № 323. – P. 1-9.

4. Electrodeposition of aluminium from the chloroaluminate ionic liquid 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride / V. A. Elterman, P. Y. Shevelin, L. A. Yolshina, A. V. Borozdin. – Direct text // Electrochimica Acta. – 2021. – № 389. – P. 138715.

Научный руководитель: Шевелин П. Ю. кандидат химических наук

УДК 665.7.038.2

ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА ТОПЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК

Бузырева Е. Д., Смышляева К. И.,
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Низкотемпературные свойства дизельных фракций и топлив характеризуют такие показатели как предельная температура фильтруемости (ПТФ) и температура застывания (ТЗ). На данные показатели стоит особенно обращать внимание при использовании топлива при низких температурах. Для улучшения низкотемпературных свойств топлив в топливо вводят депрессорные присадки. [1]

Одна и та же депрессорная присадка может показывать разные значения депрессий ПТФ и ТЗ при введении топлив с различным углеводородным составом. [2] Это стало предметом исследования.

Исследуемой присадкой стала одна из наиболее распространенных на рынке, присадка на основе сополимера этилена с винилацетатом, которая вводилась в 4 образца топлива с различным составом с разных НПЗ (гидроочищенную дизельную фракцию, дизельное топливо, дистиллятное судовое топливо (ДСТ), остаточное судовое топливо (ОСТ)). Определялись такие значения как ТЗ и ПТФ. На основании полученных данных можно сделать вывод о наибольшей депрессии ТЗ данной присадки при введении в ДСТ и ОСТ, что объясняется наличием длинноцепочечных н-парафинов в данных видах топлив и «широким» фракционным составом, т.е. высокой разницей температур начала кипения (ТНК) и конца кипения (ТКК).

Депрессорная присадка на основе сополимера этилена с винилацетатом наиболее эффективна по отношению к ПТФ дизельного топлива, что объясняется более «широким» фракционным составом, который повышает восприимчивость топлива к депрессорной присадке. При понижении температуры кристаллизация парафинов нормального строения в топливе происходит постепенно, из-за чего присадка успевает подействовать и замедлить рост кристаллов парафинов, в то время как в топливе более «узко-

го» фракционного состава кристаллы образуются быстрее, и присадка оказывается не такой эффективной.

Работа выполнена в рамках Государственного задания 0792-2020-0010 и хоздоговора по НИР № 21039 хд с АО «ГК «Титан».

Список использованных источников

1. Данилов А. М. Развитие Исследований В Области Присадок К Топливам (Обзор) / А. М. Данилов . – Текст : непосредственный.// Нефтехимия. - 2015. - № 3. - С. 179–190

2. Тертерян Р. А. Депрессорные присадки к нефтяным топливам и маслам / Р. А. Тертерян. - Москва: Химия, 1990. 237 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Пягай И. Н. доктор технических наук

УДК 661.961

НЕДОСТАТКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА «СЕРОГО», «ГОЛУБОГО» И «ЗЕЛЕНОГО» ВОДОРОДА

Бурнашева А. И.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

По мере стремления человечества к новым и более экологичным формам энергии, водород быстро поднимается на вершину. Это альтернативное топливо, потребляемое в системе топливных элементов, производит только воду в качестве побочного продукта. В области мобильности это означает, что транспортные средства, работающие на водороде, выделяют водяной пар из своих выхлопных труб вместо парниковых газов, которые вредны для окружающей среды. Но означает ли это, что автомобиль с нулевым уровнем выбросов, работающий на водороде, не оставляет углеродного следа?

Как самый распространенный элемент земли, водород встречается повсюду, от ископаемого топлива до воды и растений, но он никогда не появляется естественным образом в чистом виде.

Получение водорода требует его отделения от других элементов с помощью химических процессов, требующих энергии. Эти процессы создают различную степень загрязнения окружающей среды. Таким образом, существует три основные категории водорода: серый, голубой и зеленый.

Серый водород получают из природного газа и из ископаемого топлива, то есть из невозобновляемых ресурсов. Большая часть производимого сегодня водорода - это серый водород. Он относительно недорогой и

широко используется в химической промышленности для производства удобрений и для переработки нефти.

Серый водород получают путем риформинга природного газа — метода переработки, используемого для изменения молекулярной структуры углеводородов. В этом процессе метан — основной элемент природного газа — смешивается с паром при высокой температуре с образованием водорода и двуокиси углерода в результате каталитической химической реакции.

К сожалению, на каждый 1 кг произведенного серого водорода в атмосферу выделяется почти 10 кг углекислого газа. Этот высокий коэффициент образования CO_2 придает этой форме водорода ее «серое» обозначение.

Серый водород рассматривается как «связующая» энергетическая альтернатива, поскольку мир отказывается от ископаемого топлива. Но в целом его влияние на климат является негативным, подобно бурению нефтяных скважин или добыче угля [1].

Тот же метод химической обработки, используемый для получения серого водорода, также используется для получения голубого водорода.

Однако большая разница заключается в управлении CO_2. При использовании голубого водорода образующийся CO_2 не попадает в окружающую среду. Вместо этого он захватывается на производственном объекте и хранится отдельно. Эта технология известна как «Улавливание и хранение углерода (CCS)». Однако хранение является дорогостоящим и сопряжено с логистическими проблемами.

Голубой водород в настоящее время привлекает внимание в качестве реалистичной альтернативы, поскольку он оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду, чем серый водород. Однако процесс получения голубого водорода не полностью устраняет выбросы углерода в атмосферу. Он может быть более экологически чистым, чем серый водород, но ни в коем случае не идеален.

Самым безопасным для экологии в своем производстве является зеленый водород. Эта категория водорода следует совершенно иной технологии производства, чем серый или голубой водород. В методике используется электролиз — разделение молекул водорода и кислорода путем подачи электрической энергии на воду. Возобновляемые источники, такие как энергия ветра и солнца, генерируют электроэнергию для этого процесса.

Использование возобновляемых источников вместо ископаемого топлива является ключом к получению зеленого водорода. Этот метод обеспечивает замкнутый цикл чистой энергетики, в котором ни в одной точке производственной цепочки не образуется вредных газов, что делает его конечной целью в области водородного топлива [2].

Хотя зеленый водород, по-видимому, является совершенной технологией, его производство представляет определенные проблемы. Машины,

используемые для проведения электролиза, являются дорогостоящими. Кроме того, чистое электричество из солнечных и ветровых источников ограничено в поставках. Экологические преимущества зеленого водорода потенциально имеют далеко идущие последствия, но производство этого чистого источника энергии пока нецелесообразно.

Список использованных источников

1. Водород — топливо будущего? / Н. С. Картамышева, Е. С. Картамышева, А. С. Биекенова, М. Н. Перевала. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 14 (94). — С.

2. «Зеленый» и/или «голубой» водород / М. Х. Сосна, М. В. Масленникова, М. В. Крючков, М. В. Пустовалов - Текст: непосредственный. — Текст : непосредственный // НефтеГазоХимия. – 2020. - № 3-4. - С. 21-23.

Научный руководитель: Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент.

УДК 615.45

ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО НАФТАЛЬДЕГИДА ГОССИПОЛА КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ ЕГО АКТИВНОСТИ

Власкина Е. Р., Лусс А. Л., Дятлов В. А.,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», г. Москва.

Госсипол – природный полифенол, являющийся токсином хлопчатника. Он участвует в ряде механизмов, обеспечивающих устойчивость растений при воздействии неблагоприятных явлений окружающей среды. Госсипол обладает широким спектром физиологической активности: противоопухолевой, противовирусной, интерферониндуцирующей, антиоксидантной и др. Также он активно борется с вредителями хлопчатника, что объясняет природу его высокотоксичности, действующей на быстроделящиеся клетки. В соответствии с этим изучается вопрос о разработке способа снижения токсичности госсипола с сохранением его биологических свойств. Наиболее эффективным способом признана иммобилизация на полимере-носителе [1]. В роле таких носителей выступают полисахариды. Однако из-за их химической инертности требуется дополнительная стадия активации. Одним из действенных и лег-

ких способов является периодатное окисление, в результате которого образуются диальдегидполисахариды, присоединение госсипола к которым наиболее эффективно[2].

В настоящей работе описан синтез модельных соединений госсипола путем его О-гликозилирования. Изучение токсичности гликозида и продукта, который образуется в результате кислотного гидролиза, грубо моделирующего реакцию в кислой среде желудка.

Реакцию конденсации нафтальдегида с глюкозой проводили в боратном буфере, в результате которой происходит присоединение по гидроксильной группе С1 аномерного атома углерода глюкозы. Региоселективность реакции обеспечивает ориентационный эффект комплекса Безекена, образующийся в боратсодержащей водной среде [3].

При кислотном гидролизе модельных соединений – ди-, три- и тетрагликозидов в виде комплексов с борной кислотой – образуются апогоссипол и продукты его окисления. Эти вещества гораздо менее токсичны из-за отсутствия альдегидных групп, вызывающих цитотоксичность. Таким образом, разработаны методы синтеза и охарактеризованы модельные соединения госсипола, что дает право на дальнейшее изучение физиологически активных соединений госсипола с биологической точки зрения [4].

Список использованных источников

1. Патент № 2577539 C2 Российская Федерация, МПК A61K 31/00, C08B 15/00, A61P 31/12. Полимерные производные госсипола, способ их получения и фармацевтическая композиция на их основе : № 2014124783/04 : заявл. 17.06.2014 : опубл. 20.03.2016 / В. Г. Нестеренко, А. П. Суслов, В. А. Дятлов, И. С. Круппа ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "НИАРМЕДИК ПЛЮС".

2. Платэ Н. А. Физиологически активные полимеры : учебное пособие / Н. А. Платэ, А. Е. Васильев. – Москва : Химия, 1986. – 296 с. – Текст : непосредственный.

3. Круппа, И. С. Химическая структура продуктов конденсации госсипола с глюкозой в водных и неводных средах / И. С. Круппа, С.А. Мамаева, В.А. Дятлов, И.Р. Рустамов. – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии : сб. науч. тр. – Том XXVIII, № 3. – Москва, 2014. – С. 38-41.

4. Круппа, И. С. Полисахаридные полимеры-носители для физиологически активных нафтальдегидов : 05.17.06 : дис. … канд. хим. наук / И. С. Круппа ; РХТУ им. Д. И. Менделеева. – Москва, 2017. – 137 с. – Текст : непосредственный.

УДК 66.092-977-922

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Вторушина В. А., Дружинина Д. Н., Таранова Л. В.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В данной работе рассмотрены несколько способов получения водорода с помощью электролиза и реакции получения водорода из метана, путем образования свободного углерода.

Целью данной работы является изучение процесса пиролиза с получением водорода, а также сравнение методов его получения и выявление наиболее экологичного метода.

Тенденция развития альтернативной, в том числе и водородной энергетики находит все более широкое распространение, поскольку водород является самым экологически чистым источником энергии. Энергетические и экологические проблемы со временем обостряются и требуют от мира разработки и создания элементов водородной инфраструктуры. Одним из ключевых факторов, который будет способствовать глобальному внедрению водородной энергетики, станет развитие технологий применения водородных энергоносителей в различных секторах экономики.

Исходя из поставленной цели, рассмотрим способы получения водорода несколькими направлениями, например, получение водорода из воды путем электролиза, протекающей по уравнению:

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2 - 143\,\frac{\text{кДж}}{\text{г}}\,H_2$$

В промышленных электролизерах энергетическая цена водорода (H_2) составляет 165 кДж/г, что близко к теоретическому пределу 143 кДж/г. [1]

Так же водород можно получить путем пароводяной конверсии метана, описанного реакцией:

$$CH_4 + 2H_2O \rightarrow C_2O + 4H_2 - 50\,\frac{\text{кДж}}{\text{г}}\,H_2 \text{ [3]}$$

Энергетическая цена водорода, полученного пиролизом углеводородов зависит от структуры углеводорода и максимальна для метана:

$$CH_4 \longrightarrow C + 2\,H_2 - 40\,\frac{\text{кДж}}{\text{г}}\,H_2 \text{ [3]}$$

В результате реакции получения водорода из метана (природного газа) образуется свободный углерод.

Данная технология производства водорода и одновременно технического углерода не имеет аналогов. Исходным продуктом является метан, который полностью переходит в водород и углерод.

Пиролиз метана осуществляется с разделением и одновременным удалением из зоны пиролиза твердой фракции (кокса и сажи) и газообразной фракции (водород) при температуре 1400 ± 500 °С. Время контакта исходного газа в теплообменнике регулируется с помощью изменения массобъемного состояния теплообменника.[2]

В роли сырья используется метан. Сравнительно с классической технологией получения водорода из природного газа, рассматриваемая технология имеет следующие преимущества:

- себестоимость водорода, получаемого пиролизом природного газа в 4-5 раз ниже себестоимости водорода, получаемого электролизом воды и ниже себестоимости водорода, получаемого пароводяной конверсией природного газа;
- применение не дефицитного сырья - природного газа;
- в новой технологии отсутствуют экологически опасные твердые, жидкие и газообразные продукты. Вредное воздействие на окружающую среду отсутствует.

В результате рассмотренных реакций получается низкоуглеродный водород. А производство низкоуглеродного водорода из ископаемого сырья, в данном случае природного газа, является приоритетным направлением в будущем.

Таким образом, изученный процесс пиролиза является рентабельным способом получения водорода и имеет перспективы развития водородной промышленности. Наиболее экономически эффективным способом получения водорода с низким углеродным следом является производство водорода путем паровой конверсии, а также методом электролиза воды. Из рассмотренных методов получения водорода наиболее экологичным является метод электролиза воды, но он обходится существенно дороже способов производства из ископаемого сырья.

Список использованных источников

1. Получение водорода и технического углерода пиролизом природного газа: Pandia: сайт. – URL: https://pandia.ru (дата обращения: 16.10.2021) – Текст: электронный.

2. Роль российского природного газа в развитии водородной энергетики: Энергетическая политика: сайт. – URL: https://energypolicy.ru (дата обращения: 16.10.2021) – Текст: электронный.

3. Пиролиз метана водородного направления: особенности применения металлических расплавов/ В. Е. Парфенов, Н. В. Никитченко, А. А. Пименов[и др.]. – Текст: непосредственный // Журнал прикладной химии. – Санкт – Петербург, 2020. - С.611-619.

Научный руководитель: Таранова Л. В., кандидат технических наук, доцент.

УДК 66.095.39

НОВЫЕ ПУТИ СИНТЕЗА 6-(1-МЕТИЛ-4-НИТРОИМИДАЗОЛИЛ)-5-МЕРКАПТОПУРИНА

Гатина А. З., Силютин И. А., Ахтямова З. Г.,
ФГБО ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

Эффективным средством для подавления тканевой несовместимости при пересадке органов является препарат «Имуран» – 6-(1-метил-4-нитроимидазолил)-5-меркаптопурин (Азатиоприн) [1]. Проблема с азатиоприном существует давно, подчеркнул главный внештатный специалист-ревматолог Минздрава РФ, академик РАН Евгений Насонов [2].

В литературе описан метод синтеза Имурана, заключающийся во взаимодействии N-метил-4-нитро-5-хлоримидазола с меркаптопурином [3]. Но этот метод обладает рядом существенных недостатков:

- использование пятихлористого фосфора PCl_5 и диметилсульфоксида $(CH_3)_2SO$ затрудняет регенерацию маточных растворов;

- высокие температуры проведения реакций (~100°C) и низкий выход целевого продукта.

В связи с этим нами были изучены реакций N-метил-4,5-динитроимидазола с серусодержащими соединениями. Взаимодействие реагентов осуществляли в среде изо-пропанола при температуре 50°C. Реакции завершались в течении 1,5-2 часов с выделением N-метил-4-нитро-5-меркаптозамещенных имидазола.

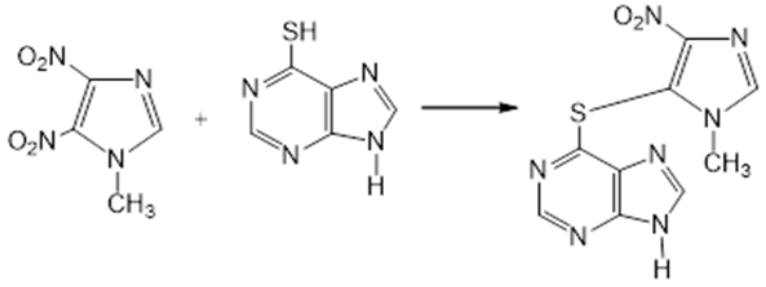
Легкое замещение нитрогруппы в N-метил-4,5-динитроимидазоле на меркаптогруппу дало нам возможность использовать его в качестве исходного продукта для синтеза фармацевтического препарата Имурана.

Дополнительным обоснованием использования N-метил-4,5-динитроимидазола в качестве исходного, были следующие факты:

- доступность, так как его получают непосредственно из имидазола, затем замещают на метильную группу;

- высокая реакционная способность по сравнению с N-метил-4-нитро-5-хлоримидазолом [4].

Реакцию конденсации N-метил-4,5-динитроимидазола с моногидратом 6-меркаптопурина проводили по следующей схеме:



В результате проведенных исследований нами разработан рациональный способ получения медицинского препарата Имуран, который обладает высокой технологичностью, доступностью исходных компонентов.

Список использованных источников:

1. Пат. 3056785 США, МПК C07D 473/00. Purine derivatives: № 04016203 / Hitchings george h ; burroughs welcome co USA

2. Известия iz : Газета : . - URL [https://iz.ru/1063007/ekaterina-iasakova/skrutili-proizvodstvo-patcienty-s-artritami-ostalis-bez-lekarstv: http://www.iz.ru (дата обращения: 20.02.2021). - Текст : электронный.

3. Е. В. Александрова. Реакции галогеннитроимидазолов с нуклеофилами / Е. В. Александрова, А. Н. Кравченко, П. М. Кочергин – Текст : непосредственный // Химия гетероциклических соединений. – 2010. – № 1. – С. 3-18.

4. Нургатин В. В. Пути регулирования реакционной способности слабоосновных нуклеофилов: автореф. дис. докт. хим. Наук / В. В. Нургатин . – КХТИ им. С.М. Кирова, Казань, 1985. – Текст : непосредственный.

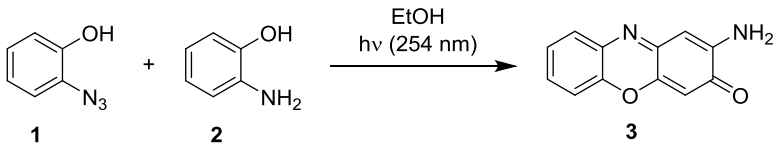
УДК 547.867.6, 544.526.1

ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ 2-АМИНОФЕНОКСАЗИН-3-ОНА

Гиричева М. А., Покровская А. В., Наумова А. С.,
Нижегородский государственный университет имени Н. И.Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия

Производные феноксазинового ряда проявляют противораковую активность против, например, *Actionmycin D* [1]. Существующие методы синтеза данных соединений основаны на окислении соответствующих 2-аминофенолов с использованием катионов двухвалентной меди или проводятся в условиях ферментативного катализа [2], что приводит к образованию 4,6- или 1,9- симметричных производных. Предлагаемый фотохимический метод получения феноксазинонов представляет интерес благодаря высокой селективности процесса и возможности синтеза асимметричных соединений.

В ходе данной работы осуществлен синтез 2-амино-3H-феноксазин-3-она **3** фотоинициируемой реакцией 2-азидофенола **1** с 2-аминофенолом **2**. Красно-чёрный кристаллический продукт **3** выделен методом препаративной колоночной хроматографии на силикагеле и охарактеризован методом ЯМР-спектроскопии.



Установлено, что проведение синтеза 2-амино-3H-феноксазин-3-она **3** непосредственно из азида дает практически количественный выход (в данном случае 2-аминофенол образуется из азида **1** путем отрыва протонов от растворителя триплетным нитреном). В то время как фотоинициируемый синтез вещества **3** взаимодействием азида **1** и 2-аминофенола **2** дает лишь 56% выход.

Данный метод позволяет получать асимметричные 2-амино-3H-феноксазин-3-оны, тем самым расширяя круг потенциальных биологически активных субстратов.

Список использованных источников

1. Le Roes-Hill M.Phenoxazinone synthase: what's in a name? / Le Roes-Hill M., Goodwin C., Burton S. Direct text // Trends in biotechnology. – 2009. – V. 27. – №. 4. – P. 248-258.

Научный руководитель: Будруев А. В. кандидат химических наук, доцент

УДК 577.115.083:582.26

БИОТОПЛИВО ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Григораш А. И., Ренев И. Е.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В статье рассмотрены основные аспекты применения разных поколений биотоплив. Приведены основополагающие преимущества и недостатки технологии получения биотоплив. Проанализирован и выявлен один из наиболее высокоперспективных вариантов решения данной проблематики специализирующийся на получении альтернативных видов топлива, одним из которых является биотопливо. Отмечена необходимость реализации новых оптимальных, выгодных технологий получения биотоплив.

На данный момент в мире существует проблема нехватки мировых запасов углеводородов, поэтому в качестве ведущей тенденции развития топливного рынка международным экспертным сообществом взята во

внимание биоэнергетика. Моторные топлива в процессе сгорания негативно сказываются на баланс углекислого газа в атмосфере. Одним из наиболее рациональных способов решения данной проблемы является использование компонентов в составах моторных топлив, полученных из возобновляемого сырья и в первую очередь оксигенатов, позволяющих сократить его вредное воздействие на окружающую среду. Сейчас стандартные двигатели не предусмотрены к использованию биотоплив, в целом состоящих из биокомпонентов, поэтому разрабатываются смесевые моторные топлива, часть которых получена из нефти, а часть из возобновляемого сырья.

Для более глубокого понимания проблематики структурируем биотоплива по физиологическому признаку. Данная классификация наводит на вопрос: из какой сырьевой базы изготавливают продукт?

Известны три вида биотоплив, характеризующиеся по агрегатному состоянию при нормальных условиях окружающей среды, такие как твёрдые, жидкие и газообразные биотоплива.

Следует отметить, что для каждого вида биотоплива есть определённые различия в конструкции мотора и его эксплуатации. Это обусловлено различными физическими и химическими показателями используемого топлива в процессе работы двигателя. Обобщение по видам биотоплив обращено в таблице 1.

Таблица 1

Виды биотоплива

Биотопливо		
Твёрдое	Жидкое	Газообразное
Дрова, уголь, пеллеты (брикеты и гранулы из продуктов деревопереработки), гранулы из биоотходов.	Топливо из растительного масла, биобутанол, биодизель, биоэтанол, биометанол, диметиловый эфир, бионефть, биотоплива второго поколения.	Биогаз и биометан, биоводород, биотопливо третьего поколения.

Далее классифицируем виды биотоплив по поколениям с учётом биомассы из которой они производятся. Они делятся на биотоплива первого, второго и третьего поколений, что показано в таблице 2.

Таблица 2

Виды биомассы.

Три вида биомассы		
Биотоплива первого поколения	Биотоплива второго поколения	Биотоплива третьего поколения
Пищевые масла- и сахаросодержащие наземные растения.	Непищевые, целлюлозосодержащие растения, из различных отходов пищевой, лесной, деревообрабатывающей промышленности, сельского хозяйства и другие.	Непищевые водные растения (микроводоросли).

Первое поколение биотоплив представляет собой сырьё любого сельскохозяйственного производства посредством применения надлежащих технологий. В качестве биотоплив наиболее масштабное продвижение получили биоэтанол, биодизель и биобутанол. Основной недостаток состоит в подъём цен на пищевые продукты. Также по мировым показателям для производства 1% автомобильного биотоплива, требуется 1% посевных земельных площадей, по подсчётам Международного Энергетического Агентства. А для производства биодизеля энергоёмкостью 3 джоуля, в среднем, требуется потратить 2 джоуля энергии – это неэффективно [3].

Второе поколение биотоплив наиболее эффективно. Здесь пригодное сырьё извлекается из древесной или волокнистой биомассы, содержащей нужные сахара в целлюлозе и лигнине. К основному продукту этого поколения можно отнести диметиловый эфир (ДМЭ). Достоинство состоит в том, что земли аграрного значения не выводятся из цикла выращивания продовольственных культур [3].

Неблагоприятным моментом в этой технологии возникает трудность переработки сырья. Необходимы инновационные реакторы и системы подготовки биомассы.

Самым актуальным и перспективным вариантом развития топливной биоэнергетики является биотопливо третьего поколения, где сырьём выступают микроводоросли. С 0,405 гектара водорослей можно получить в 30 раз больше биотоплива, чем с 0,405 гектара любого наземного растения [1]. Водоросль вырабатывает липиды и масла в клетках, которые могут быть экстрагированы и преобразованы в возобновляемое топливо.

В настоящее время можно отметить три способа переработки микроводорослей в топливо: с помощью пресса или маслоотделителя; селективная экстракция в надкритическом состоянии; селективное отделение и очистка с помощью гексана [2]. Основными продуктами данных технологий могут стать биогаз, биометан и биоводород. Одна из трудностей, затрудняющих их эксплуатацию, которую сейчас пробуют решить исследователи – короткий срок службы катализаторов биомассы [3], а также их недостаточная стабильность в процессе переработки сырья.

Преимущества данной технологии намного весомее недостатков: в качестве зоны для выращивания микроводорослей возможно использование земель непригодных для сельского хозяйства; биотопливо из микроводорослей имеет молекулярную структуру подобную структуре нефти, что служит большим плюсом при его транспортировке в существующей транспортной технике; микроводоросли растут в 20–30 раз быстрее наземных растений; при производстве биотоплива из микроводорослей выходят наибольшие объёмы топлива, чем из других культур [2].

Таким образом проведённый нами анализ преимуществ и недостатков биотоплива третьего поколения позволяет увеличить эффективность получения биотоплива при минимальном уровне загрязнения окружающей среды. Данные технологии только начинают получать развитие и расширение мощностей по производству экологически чистого топлива с целью экономии минерального топлива и снижения выброса в атмосферу вредных газов.

Список использованных источников

1. Иванова, П. В. Микроводоросли как источник альтернативного толива / П. В. Иванова, А. А. Натальина. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (312). — С. 591-594.
2. Биотопливо – граница между фотоном и электроном - URL: https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Falter220.ru%2Fbio%2Fbiotopli vo-2.html&cc_key/ (дата обращения 20.10.2021). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Таранова Л. В., кандидат технических наук, доцент

УДК 678.6/.7:544.23.057

ФРОНТАЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ АКРИЛАМИДА В НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ

Гринюк Е. В., Шуляковская М. Б.,
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Полимеры на основе акриламида (АА) широко используются в очистке сточных вод, сельском хозяйстве, в медицине и фармацевтической промышленности [1]. Основным способом получения полимеров на основе АА является радикальная полимеризация в растворе. Гораздо менее распространен такой способ получения полимеров акриламида, как фронтальная полимеризация (ФП). ФП является простым и удобным технологическим методом полимеризации [2]. Основными преимуществами процесса ФП являются низкие энергозатраты и высокая скорость процесса. Также возможно проведение синтеза без использования растворителей. Еще одним существенным преимуществом ФП является возможность осуществления процесса в высокопроизводительных трубчатых непрерывнодействующих реакторах.

В настоящей работе изучался процесс ФП АА в растворе с использованием стеклянного трубчатого реактора с внутренним диаметром 5 мм. В качестве растворителя использовали диметилсульфоксид (ДМСО). Мольное соотношение АА:ДМСО составляло 1:1, в качестве инициатора использовали персульфат аммония (ПСА) в концентрациях от 0,01 до 2 мол. %. Приготовленную реакционную смесь помещали в реактор, закрытый с одного конца подвижным штоком с диаметром, равным внутреннему диаметру реактора. Полимеризацию инициировали точечным кратковременным нагревом реакционной смеси у открытого конца реактора. После возникновения равномерно движущегося полимеризационного фронта нагрев прекращали и к подвижному штоку прилагали усилие, достаточное для обеспечения движения реакционной смеси и образующегося продукта со скоростью, равной скорости фронта. В ходе процесса полимеризации определяли такие макрокинетические параметры, как скорость и температура фронта (рисунок 1).

Установлено, что минимальная концентрация инициатора, при которой процесс ФП акриламида был осуществим составила 0,025 мол. %, при концентрации ПСА 0,01 мол. % происходило затухание фронта. Из рисунка видно, что температура и скорость фронта нелинейно возрастают с увеличением концентрации инициатора, достигая величин 159 °С и 11,5 см/мин соответственно при концентрации ПСА 2 мол.%.

Продукты полимеризации, полученные при концентрациях инициатора 0,1 мол. % и более представляли собой водорастворимые полимеры, для которых методом капиллярной вискозиметрии были определены молекулярные массы (рисунок 2), которые составили от 50 до 240 тысяч.

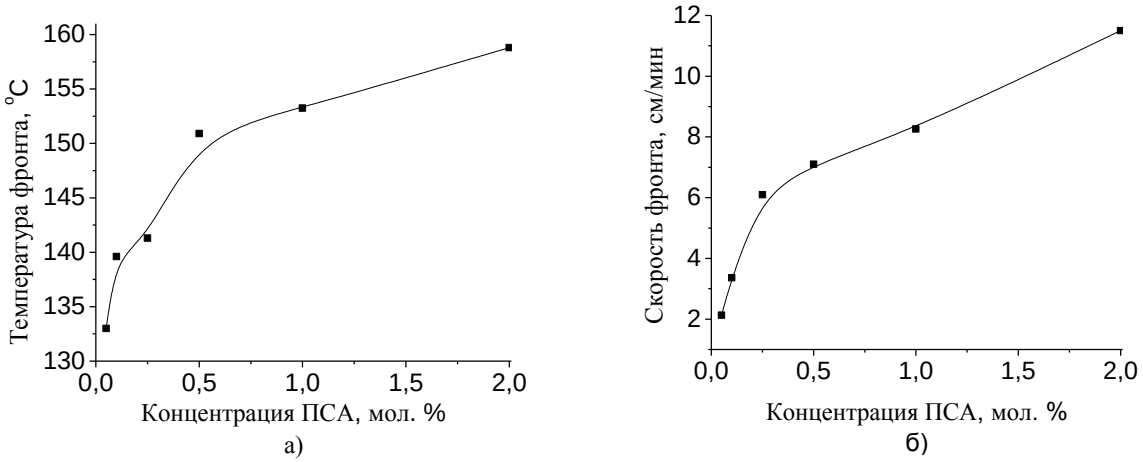


Рисунок 1 – Зависимости температуры (а) и скорости (б) фронта от концентрации инициатора при фронтальной полимеризации АА в ДМСО

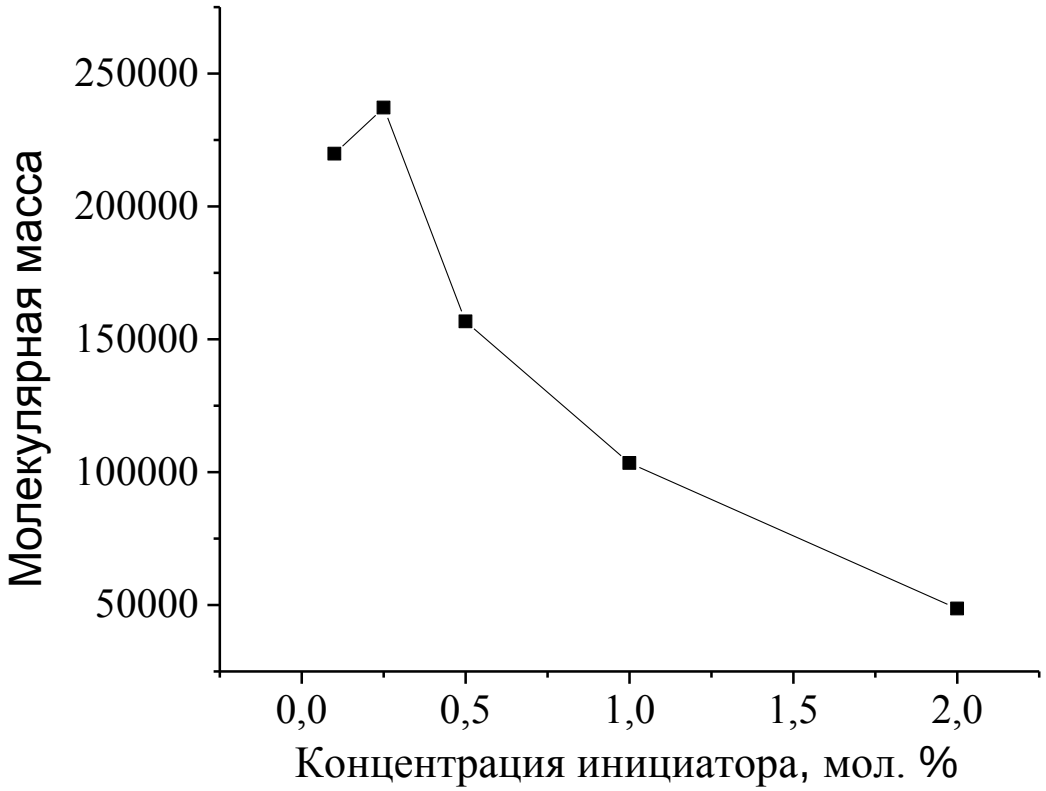


Рисунок 2 – Зависимость молекулярной массы полученных полимеров АА от концентрации инициатора

Список использованных источников

1. Frontal polymerization as a new method for developing drug controlled release systems (DCRS) based on polyacrylamide / Elisabetta Gavini, Alberto Mariani, Giovanna Rassu [et al.]. – Direct text // European Polymer Journal. – 2009. – № 45. – P. 690 – 699.

2. Фронтальная сополимеризация акриламида с метилметакрилатом и стиролом в присутствии наночастиц SiO_2, TiO_2. Теплофизические свойства полученных нанокомпозитов / А. О. Тоноян, М. А. Шахназарян, С. Б. Антонян [и др.]. – Текст : непосредственный // Изв. НАН РА и ГИУА. – 2013. − Т. LXVI, №1. – С. 45-52.

УДК 546.571+547.442.3+547.518

β-ДИКЕТОНАТЫ СЕРЕБРА(I) С ОБЪЁМНЫМИ КОНЦЕВЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ И ИХ ЦИКЛООКТАДИЕНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ: СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Гуляев С. А., Викулова Е. С., Сухих Т. С., Ильин И. Ю.,
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск
Институт неорганической химии им. А. В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

Серебряные наночастицы и плёнки являются наиболее часто используемыми антибактериальными агентами среди металлических материалов. Это обуславливает необходимость развития эффективных методов их осаждения на объекты не планарной топологии, например, медицинские имплантаты. Традиционные методы растворной химии могут приводить к включению примесей в материал, что влияет на биологические свойства [1]. Перспективной альтернативой является химическое осаждение из газовой фазы (MOCVD) и родственные технологии.

Однако, MOCVD материалов, содержащих серебро, значительно менее развито, чем для других благородных металлов [2]. Наиболее вероятная причина – ограниченный набор соединений серебра (прекурсоров), удовлетворяющих требованиям летучести и термохимической стабильности. Это связано с особенностями координационной химии серебра: с анионными лигандами, традиционно используемыми для получения MOCVD-прекурсоров (β-дикетонаты, карбоксилаты) серебро формирует комплексы полимерной структуры [2]. Такие соединения обычно проявляют низкие летучесть и термическую стабильность.

Для понижения размерности структуры используют следующие стратегии: введение (1) объёмных заместителей в анионные лиганды и/или (2) дополнительных нейтральных лигандов. В данной работе мы применили оба подхода для комплексов серебра (I) с β-дикетонатными лигандами $(RC(O)CHC(O)R')^-$. Целью являлось определение влияния модификации лиганда и координационного окружения металла на структуру и термические свойства комплексов.

В рамках первой стратегии, синтезирован ряд β-дикетонатов серебра с объемными терминальными группами R и/или R'= ^{t}Bu, $C(OMe)Me_2$ и C_2F_5, вместо CH_3 и CF_3-заместителей. Полученные комплексы охарактеризованы методами элементного CHN анализа, ^{13}C-ЯМР и ИК-спектроскопией. Строение установлено методом РСА. Показано, что введение объёмных заместителей в лиганд приводит к формированию цепочечных координационных (1D) вместо слоистых (2D) полимеров (R = CF_3, R' = CF_3 [3], CH_3). Структурная организация цепей и функциональная роль

аниона зависят от комбинации заместителей (координационное число серебра = 4-5), но всегда присутствуют связи Ag–C с метиленовым атомом углерода хелатного цикла соседнего фрагмента. Наиболее сложное строение имеет $[Ag(CH_3C(O)CHC(O)C_2F_5)]_\infty$, где можно выделить две спирально закрученные цепи, соединённые связями Ag–O. Типичным является захват молекул растворителя (ацетонитрил, толуол) для дополнения координационной сферы металла. Анализ данных термогравиметрического анализа показал, что соединения с максимальным расстоянием Ag…Ag в цепочке (наименее напряжённые структуры, например, R = CF_3, R'= $C(OMe)Me_2$), являются термически более стабильными.

В рамках второй стратегии, синтезирована серия гетеролигандных комплексов с 1,5-циклооктадиеном (cod) для следующих β-дикетонатных лигандов: R = CF_3, R'= CF_3, Me, ^{t}Bu. При использовании недостатка нейтрального лиганда, формируются комплексы стехиометрии Ag(β-дикетонат):cod = 2:1, представляющие слоистые координационные полимеры вследствие мостиковой функции cod. При эквимолярном отношении образуются молекулярные комплексы. Их особенность –снижение ядерности молекул при уменьшении объема терминальной группы. Так, в случае R = R'= CF_3 структура образована биядерными молекулами за счет мостиковых функций атомов кислорода [4], тогда как при замене CF_3 группы на Me формируется моноядерный комплекс.

Исследование проводится при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук МК-6148.2021.1.3.

Список использованных источников

1. Aderibigbe, B. A. Metal-based nanoparticles for the treatment of infectious diseases / B. A. Aderibigbe. – Direct text // Molecules. – 2017. – V. 22, N. 8. – P. 1370(1-37).

2. Piszczek, P. Silver Nanoparticles Fabricated Using Chemical Vapor Deposition and Atomic Layer Deposition Techniques: Properties, Applications and Perspectives: Review / P. Piszczek, A. Radtke – DOI: 10.5772/intechopen.71571 – URL: https://www.intechopen.com/chapters/57724 / (date of the application 20.12.2017). – Text : electronic // Noble and Precious Metals - Properties, Nanoscale Effects and Applications / M.S. Seehra, A.D. Bristow – IntechOpen.

3. Xu, C. Synthesis and characterization of Lewis-base adducts of 1,1,1,5,5,5-hexafluoroacetylacetonatosilver (I) /C. Xu, T. S. Corbitt, M. J. Hampden-Smith, T. T. Kodas, E. N. Duesler. – Direct text // J. Chem. Soc. Dalton Trans. – 1994. – N. 19. – P. 2841-2849.

4. Bailey, A. Synthesis and characterization of 1,1,1,5,5,5-hexafluoroacetylacetonato(1,5-cyclooctadiene)silver(I) dimer. An unusual

β-diketonate coordination mode / A. Bailey, T. S. Corbitt, M. J. Hampden-Smith, E. N. Duesler, T. T. Kodas. – Direct text // Polyhedron. – 1993. – V. 12, N. 14. – P. 1785-1792.

УДК 661.721+546.262.3-31+66.097.3+544.4

МОДЕЛИ СЕЛЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТИЛПЕЛАРГОНАТА В РЕАКЦИИ МЕТОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЯ ОКТЕНА-1

Демерлий А. М.[1], Севостьянова Н. Т.[2], Баташев С. А.[1,2],
[1]ООО «Тульская фармацевтическая фабрика», г. Тула
[2]Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, г. Тула

Реакция метоксикарбонилирования октена-1 оксидом углерода (II) и метанолом интересна как новый перспективный способ получения метиловых эфиров карбоновых кислот C_9 ($CH_3(CH_2)_7COOCH_3$, $CH_3(CH_2)_5CH(CH_3)COOCH_3$ и $CH_3(CH_2)_4CH(C_2H_5)COOCH_3$). Основной продукт (линейного строения) – метилпеларгонат (МП) – может использоваться в синтезе лекарственных субстанций, все три продукта могут применяться при формовании водостойких гипсовых плит [1]. Реагенты для этой реакции доступны, причем использование метанола и CO, получаемых в основном из синтез-газа, нацеливает на переход с традиционного сырья (нефти и природного газа) на альтернативное – каменный уголь и отходы растительной биомассы (возобновляемое сырье) [2, 3].

Достижение высоких скоростей и селективностей по МП стало возможным благодаря использованию гомогенных палладий-фосфиновых каталитических систем, обеспечивающих селективное образование линейных сложных эфиров в мягких условиях [2, 3]. В связи с перспективами внедрения процесса карбонилирования в промышленности особую важность приобретает кинетическое моделирование реакции, в частности разработка моделей селективности [3]. Кроме того, модели селективности позволяют детализировать механизм реакции.

Во исследуемых диапазонах температур 333-373 К, давлений CO 0,2-3,0 МПа и концентраций компонентов каталитической системы $Pd(OAc)_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота (TsOH) реакция протекала региоселективно (то есть с образованием только продуктов, являющихся структурными изомерами) по МП. Было установлено, что в области начальных скоростей реакции зависимость дифференциальной селективности по МП (рассчитанной как отношение начальной скорости образования МП к сумме начальных скоростей образования трех изомер-

ных продуктов реакции) от концентрации каталитического предшественника $Pd(OAc)_2$ имеет линейных характер (уравнение (1)) в диапазоне концентраций $Pd(OAc)_2$ $1\cdot10^{-3}$-$1{,}5\cdot10^{-2}$ М:

$$S(\%) = (77{,}0 \pm 0{,}7) + (1{,}30 \pm 0{,}08)\cdot 10^3 \cdot [Pd(OAc)_2] \quad \text{при 353 К} \qquad (1)$$

В то же время с увеличением концентрации метанола от $4{,}0\cdot10^{-2}$ до 1,0 М селективность реакции по метилпеларгонату снижается, следуя уравнению (2):

$$S(\%) = \frac{(100{,}16 \pm 0{,}50) + (9{,}91 \pm 0{,}70)\cdot 10^3 \cdot [CH_3OH]^2}{1 + (1{,}27 \pm 0{,}09)\cdot 10^2 \cdot [CH_3OH]^2} \quad \text{при 353 К} \qquad (2)$$

Зависимость значений дифференциальной селективности по метилпеларгонату от P_{CO} (селективность монотонно снижалается с ростом P_{CO} в диапазоне 0,2-3,0 МПа) описывается функцией (3):

$$S(\%) = \frac{(9{,}06 \pm 0{,}09) + (5{,}86 \pm 1{,}52)\cdot P_{CO}^2}{1 + (0{,}80 \pm 0{,}20)\cdot P_{CO}^2}\cdot 10 \quad \text{при 353 К} \qquad (3)$$

Увеличение концентрации TsOH от $4{,}5\cdot10^{-3}$ до $1{,}2\cdot10^{-1}$ М также приводило к снижению дифференциальной селективности реакции образования МП, что соответствует уравнению (4):

$$S(\%) = \frac{(89{,}53 \pm 0{,}15) + (18{,}07 \pm 1{,}37)\cdot 10^3 \cdot [TsOH]^2}{1 + (2{,}66 \pm 0{,}18)\cdot 10^2 \cdot [TsOH]^2} \quad \text{при 353 К} \qquad (4)$$

Функция дифференциальной селективности по МП от концентрации PPh_3 (в диапазон концентраций PPh_3 $4{,}5\cdot10^{-3}$–$1{,}0\cdot10^{-1}$ М) возрастает с выходом на практически постоянное значение (~86 %) и описывается уравнением (5):

$$S(\%) = \frac{1 + (1{,}34 \pm 0{,}25)\cdot 10^2 \cdot [PPh_3]}{(1{,}29 \pm 0{,}01)\cdot 10^{-2} + (1{,}53 \pm 0{,}28)\cdot [PPh_3]} \quad \text{при 353 К} \qquad (5)$$

Таким образом, для реакции метоксикарбонилирования октена-1 при 353 К была разработана модель дифференциальной селективности по наиболее ценному продукту (метилпеларгонату) в виде системы уравнений (1)-(5), отражающей влияние сореагентов и компонентов каталитической системы на процесс. Интерпретация полученных кинетических результатов дана в рамках многомаршрутного механизма образования продуктов (сложных эфиров карбоновых кислот C_9) и реакций лигандного обмена между каталитически неактивными комплексами палладия.

Список использованных источников

1. Артеменко, А. И. Органическая химия: учебник для строительных специальностец вузов / А. И. Артеменко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1994. – 560 с. – Текст : непосредственный.

2. Влияние условий на скорость и селективность гидрокарбметоксилирования октена-1, катализируемого фосфиновым комплексом палладия / В. А. Аверьянов, С. А. Баташев, Н. Т. Севостьянова, В.М. Зарытовский. – Текст : непосредственный // Катализ в промышленности. – 2005. – № 2. – С. 25-33.

3. Баташев, С. А. Модель селективности по метилпеларгонату реакции гидрокарбометоксилированию октена-1, катализируемой системой $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота / С. А. Баташев, Н. Т. Севостьянова. – Текст : непосредственный // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2020. – №8. – С. 1561-1568.

УДК 661.721+546.262.3-31+66.097.3+544.4

РАЗРАБОТКА КИНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ МЕТОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ $Pd(OAc)_2$ – PPh_3 – п-ТОЛУОЛСУЛЬФОКИСЛОТА

Демерлий А. М.[1], Севостьянова Н. Т.[2], Баташев С. А.[1,2],
[1]ООО «Тульская фармацевтическая фабрика», г. Тула
[2]Тульский государственный педагогический университет
им. Л. Н. Толстого, г. Тула

Реакции алкоксикарбонилирования ненасыщенных соединений спиртами и оксидом углерода (II) открывают возможность доступного, ресурсосберегающего и экологически безопасного синтеза разнообразных сложных эфиров. Применение гомогенных палладий-фосфиновых каталитических систем позволяет осуществлять эти процессы селективно по продуктам линейного строения (побочными продуктами являются лишь изомерные сложные эфиры) в мягких условиях (температуры 50-120 °С, давление CO до 5,0 МПа).

Нами были изучены кинетические закономерности реакции метоксикарбонилирования циклогексена. Данная реакция приводит к образованию единственного продукта (метилового эфира циклогексанкарбоновой кислоты) и отличается сравнительно простым механизмом (в отличие от реакций карбонилирования, сопровождающихся образованием побочных продуктов) [1-4]. Этим был обусловлен ее выбор в качестве объекта исследо-

ваний для разработки методики кинетического моделирования. Кроме того, указанный продукт может применяться в фармацевтических синтезах.

Было изучено влияние давления CO и концентраций сореагентов (циклогексена и метанола) и компонентов каталитической системы $Pd(OAc)_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота (моногидрат) в широких диапазонах. Реакция проводилась в среде растворителя – толуола [3-5]. Объяснение полученных результатов было дано на основании гидридного механизма реакции и лигандного обмена между балластными (каталитически неактивными) фосфин-карбонильными комплексами палладия. Было получено кинетическое уравнение реакции и на его основе – кинетические модели реакции в диапазоне температур 373-388 К (уравнения (1)-(3)).

$$r = \frac{C_{\text{м}} P_{\text{CO}} [\text{C}_6\text{H}_{10}][\text{CH}_3\text{OH}][\text{TsOH}]^2}{1 + 6{,}2 \cdot 10^2 \cdot [\text{CH}_3\text{OH}]^2 + 1{,}5 \cdot 10^4 \cdot [\text{PPh}_3]^2 + 1{,}8 \cdot 10^4 \cdot [TsOH]^2} \quad (1)$$

Область рабочих условий модели (1): T=373 К, $P_{CO}=(0{,}60\text{-}6{,}00)\cdot 10^6$ Па, концентрации (моль/л): $[C_6H_{10}]=0{,}1000$, $[CH_3OH]=0{,}0300\text{-}0{,}9000$, $[Pd(PPh_3)_2Cl_2]=(1{,}0\text{-}2{,}0)\cdot 10^{-3}$, $[PPh_3]=0{,}0050\text{-}0{,}1250$, $[TsOH\cdot H_2O]=0{,}0060\text{-}0{,}1440$.

$$\text{r} = \frac{\text{C}_{\text{м}} \text{P}_{\text{CO}} [\text{C}_6\text{H}_{10}][\text{CH}_3\text{OH}][\text{TsOH}]^2}{1 + 4{,}9 \cdot 10^2 \cdot [\text{CH}_3\text{OH}]^2 + 2{,}1 \cdot 10^4 \cdot [\text{PPh}_3]^2 + 1{,}07 \cdot 10^4 [\text{TsOH}]^2} \quad (2)$$

Область рабочих условий модели (2): T=378 К, $P_{CO}=(0{,}60\text{-}6{,}00)\cdot 10^6$ Па, концентрации (моль/л): $[C_6H_{10}]=0{,}0200\text{-}0{,}1000$, $[CH_3OH]=0{,}0300\text{-}0{,}9000$, $[Pd(PPh_3)_2Cl_2]=(0{,}05\text{-}1{,}50)\cdot 10^{-2}$, $[PPh_3]=0{,}0020\text{-}0{,}1250$, $[TsOH\cdot H_2O]=0{,}0060\text{-}0{,}1440$.

$$r = \frac{C_{\text{м}} P_{\text{CO}} [\text{C}_6\text{H}_{10}][\text{CH}_3\text{OH}][\text{TsOH}]^2}{1 + 4{,}2 \cdot 10^2 \cdot [\text{CH}_3\text{OH}]^2 + 1{,}5 \cdot 10^4 [\text{TsOH}]^2} \quad (3)$$

Область рабочих условий модели (3): T=388 К, $P_{CO}=(0{,}60\text{-}6{,}00)\cdot 10^6$ Па, концентрации (моль/л): $[C_6H_{10}]=0{,}1000$, $[CH_3OH]=0{,}4500$, $[Pd(PPh_3)_2Cl_2]=(0{,}10\text{-}1{,}50)\cdot 10^{-2}$, $[PPh_3]=0{,}0020\text{-}0{,}1250$, $[TsOH]=0{,}0060\text{-}0{,}1440$.

Представленные кинетические модели отражают вклады различных участников реакции в скорость образования метилциклогексанкарбоксилата, работают на всем протяжении реакции (от области начальных скоростей до глубоких конверсий реагентов) и могут использоваться в качестве основы для проектирования реакционного узла синтеза целевого продукта в промышленности.

Список использованных источников

1. Кинетика и механизм катализируемого комплексом Pd(II) гидрокарбометоксилирования циклогексена / В. А. Аверьянов, С. А. Баташев, Н. Т. Севостьянова, Н. М. Носова. – Текст : непосредственный // Кинетика и катализ. – 2006. – Т.46, № 3. – С. 381-390.

2. Аверьянов, В. А. Активность и кинетический аспект влияния палладийсодержащих катализаторов на реакцию гидрокарбометоксилирования циклогексена / Н.Т. Севостьянова, С. А. Баташев. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55, Вып. 4. – С. 111-115.

3. Кинетические аспекты влияния фосфин-палладиевого комплекса $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ и свободного трифенилфосфина на гидрокарбометоксилирование циклогексена / Н. Т. Севостьянова, С. А. Баташев, В. А. Аверьянов, А. М. Демерлий. – Текст : непосредственный // Нефтехимия. – 2012. – Т. 52, № 1. – С. 39-44.

4. Аверьянов, В. А. Кинетические аспекты влияния давления CO и концентрации метанола на гидрокарбометоксилирование циклогексена в присутствии каталитической системы $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота / В. А. Аверьянов, Н. Т. Севостьянова, С. А. Баташев, А. М. Демерлий – Текст : непосредственный // Нефтехимия. – 2013. – Т. 53, № 1. – С. 43-49.

5. Севостьянова, Н. Т. Кинетические модели гидрокарбометоксилирования циклогексена, катализируемого системой $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ – PPh_3 – п-толуолсульфокислота / Н. Т. Севостьянова, А. М. Демерлий, С. А. Баташев. – Текст : непосредственный // Химическая физика. – 2017. – Т. 36, № 1. – С. 32-35.

УДК 547.76+547.82

ПОИСК НОВЫХ ПОЛЕЗНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Диярова Н. Р., Чёрный К. В., Лаврова О. М.,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

Важнейшей фундаментальной проблемой синтетической органической химии является создание новых функционализированных гетероциклов, обладающих практически полезными свойствами. Прослеживается явный интерес химиков-органиков, работающих в зарубежных и российских исследовательских центрах, к функциональнозамещенным гетероциклам, содержащим набор гетероатомов в различном количестве и сочетании. Значительным фактором развития химии функциональнозамещен-

ных гетероциклов в последнее десятилетие, явилось обнаружение в ряду этих соединений биологически активных веществ. Известно, что из 1500 наиболее востребованных медицинских препаратов 80% содержат в структуре активного компонента гетероциклический фрагмент. Азотсодержащие гетероциклы, занимают десятую долю всего ассортимента лекарственных препаратов.

Для анализа потенциальной биологической активности использовали специализированные программные продукты.

Липофильность веществ оказывает сильное влияние на фармакокинетику лекарственных средств, так вещество в организме человека активно начинает вступать в такие процессы, как растворение, сорбцию, распределение, химические реакции, связывание, выведение и т.д. Анализ биологически-активных соединений проводили в соответствии с «правилом пяти» Липински [1]. Эти правила опираются на следующие параметры: молекулярная масса соединения не должна превышать значение 500, липофильность logP < 5, количество доноров водородной связи в молекуле не больше пяти и не более 10 акцепторов водородной связи, число нетерминальных вращающихся связей (RotB)

Благодаря онлайн сервису Molinspiration Chem in formatics 2015 [2] были проанализированы известные азотсодержащие гетероциклы, и их функциональные производные, для поиска наиболее перспективных веществ-лидеров. Результаты приведены в таблице 1. Анализируя полученные результаты, хотелось бы отметить, что почти все вещества полностью отвечают параметрам Липински.

Таблица 1

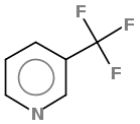
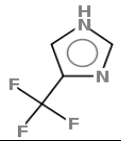
Значения молекулярных дескрипторов исследуемых соединений

Вещество	**Mr**	**LogP**	**TPSA**	**RotB**
Пиридин	79	0,7	12,89	0
Имидазол	68	0,07	28,68	0
3-(трифторметил)пиридин	147	1.60	12.89	1
4-(трифторметил)-1H-имидазол	136	1.06	28,68	1

Анализ потенциальной активности исследуемых соединений проводили в программе PASS, которая основана на анализе зависимостей «структура-активность» для веществ из обучающей выборки, содержащей более 45000 разнообразных биологически активных веществ, был проанализирован весь массив данных и выбраны только те значения, показатель активности которых (Pa) был равен или превышал 50%. Полученные результаты представлены в таблице 2, из которых видно, что многие полученные нами соединения обладают широким спектром различных видов биологической активности.

Таблица 2

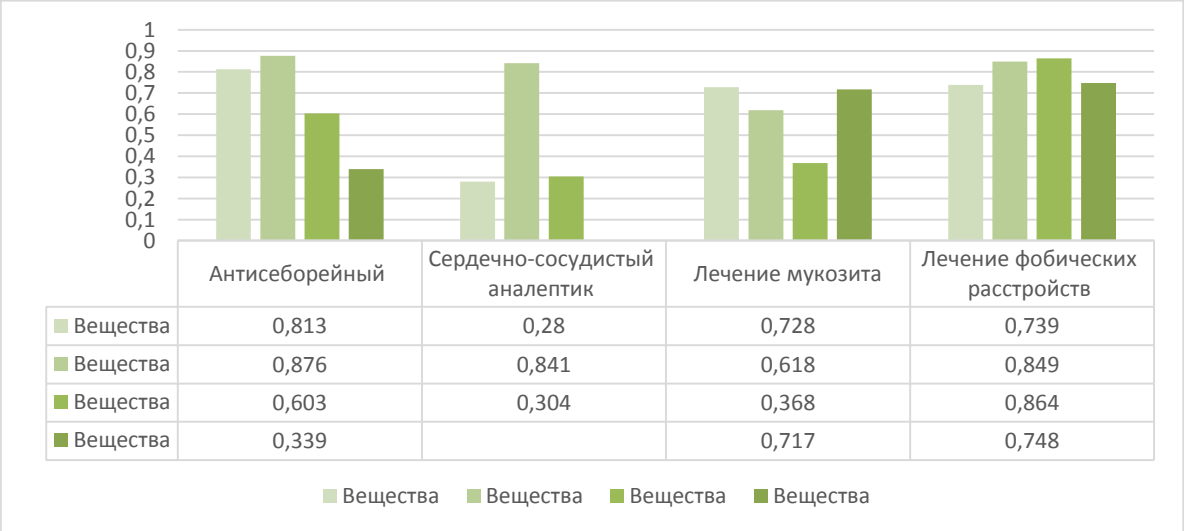
Прогнозирование спектра биологических эффектов для исследуемых веществ

Название соединения	**Структурная формула**	**Активность вещества, %**
Пиридин		Антисеборейный – 81,3 Сердечно-сосудистый аналептик – 28 Лечение мукозита – 72,8 Лечение фобических расстройств – 73,9
Имидазол		Антисеборейный – 87,6 Сердечно-сосудистый аналептик – 84,1 Лечение мукозита – 61,8 Лечение фобических расстройств – 84,9
3-(трифторметил)пиридин		Антисеборейный – 60,3 Сердечно-сосудистый аналептик –30,4 Лечение мукозита – 36,8 Лечение фобических расстройств-86,4
4-(трифторметил)-1Н-имидазол		Антисеборейный – 33,9 Сердечно-сосудистый аналептик – Лечение мукозита – 71,7 Лечение фобических расстройств-74,8

На графике 1 представлено сравнение наиболее ярко выраженных биологических эффектов.

График 1

Сравнение биологических эффектов



Из графика 1 видно, что введение группы CF_3 положительно влияет на биологическую активность исследуемых соединений, повышая активности такие, как лечение фобических расстройств и мукозита.

Таблица 3

Расшифровка активностей

Вещество	**Ра**	**Активность**	**Полезность вещества**
Пиридин/имидазол	0,813/0,876	Антисебо-рейный	Себорея-воспалительное заболевание, которое связано с неправильной работой сальных желез. Основная причина его появления — быстрая выработка кожного жира, из-за чего на голове создаются условия, благоприятные для размножения грибка, патогенных микроорганизмов Для лечения требуется антисеборейное средство.
3-(трифторметил) пиридин	0,864	Лечение фобических расстройств	Психиатрия фобическими называют расстройства, связанные с переживанием страха в отношении каких-либо предметов, движений, действий, поступков, ситуаций и даже людей; содержанием фобии может стать любое явление обыденной жизни.
4-(трифторметил)-1Н-имидазол	0,717	Лечение мукозита	Мукозит полости рта – это острое воспаление слизистой оболочки полости рта после системной терапии рака и/или лучевой терапии. Поражения часто очень болезненны, могут усложнять процесс питания и гигиену ротовой полости, а также увеличивать риск очагового и системного инфицирования. Вещество способное лечить мукозит важный элемент в цепи выздоровления человека при лечении рака.

Таким образом, исследованные азотсодержащие гетероциклы являются перспективными для изучения веществами. Дальнейшая их модификация и функционализация позволит получить полезные биологически-активные вещества. И следующим этапом будет непосредственное исследование этих активностей на биологических объектах.

Список использованных источников

1. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings / Lipinski C. A., Lombardo F., Dominy B. W., Feeney P. // Adv. Drug. Deliv. Rev. – 1997. – V. 23. – P. 3-25.-136. Teague S
2. Онлайн система PASS C&T (Prediction of Activity Spectra for Substances: Complex & Training) (195.178.207.233/PASS/).

УДК 546

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА (ПВП)

Джессика Патрисиа Доносо Де Ла Торре,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

В области медицины были разработаны биоразлагаемые гидрогели для контролируемого высвобождения лекарственных средств. Гидрогель — это материал, способный набухать в присутствии жидкостей, удерживать их в течение определенного времени и выделять жидкость в соответствии с условиями, он также нерастворим в воде, эластичен и мягок [1]. Использование этого материала имеет большую открытость в биомедицинских приложениях, таких как: контактные линзы, тканевые протезы, протезы протоков человека, контролируемое высвобождение лекарств. Гидрогели реагируют на различные стимулы, такие как pH и температура, другие соединения в растворе. На их основе могут быть разработаны системы контролируемого высвобождения, которые способны не высвобождать активные агенты до тех пор, пока они не окажутся в соответствующей биологической среде [2].

Целью нашей работы было изучение минерализации гидрогелей на основе ПВП с добавками растительных белков (легумин, зеин и шлобулин. Для анализа получения композитов с фосфатами методом фосфатной минерализации образцов нами использовано два подхода.

При первом способе минерализации необходимо приготовить суспензию фосфата кальция, а затем погрузить гидрогель. Раствор готовили с 20 мл 0,3М раствора H_3PO_4, который добавляли к 20мл 0,5М раствора $Ca(OH)_2$ при магнитном перемешивании, чтобы затем добавить гидрогель и оставить его при постоянном перемешивании в течение одного дня [3]. Второй способ заключается в том, чтобы предварительно загрузить гидрогели $Ca(OH)_2$ а затем погрузить их в 20 мл раствора 0,3 М $(NH_4)_2HPO_4$ а также оставить его на сутки для магнитного перемешивания [3]. Гидрогели

готовили таким же образом, только перед гелеобразованием смешивали с 5 мл раствора 0,5 М $Ca(OH)_2$.

Обнаружено, что в гидрогеле с зеином в обоих случаях происходит минерализация. В первом случае образуется монетит, во втором – витлокит, что определяется pH средой. Стоит отметить, что количество кристаллов во втором случае больше и они склонны к агломерации.

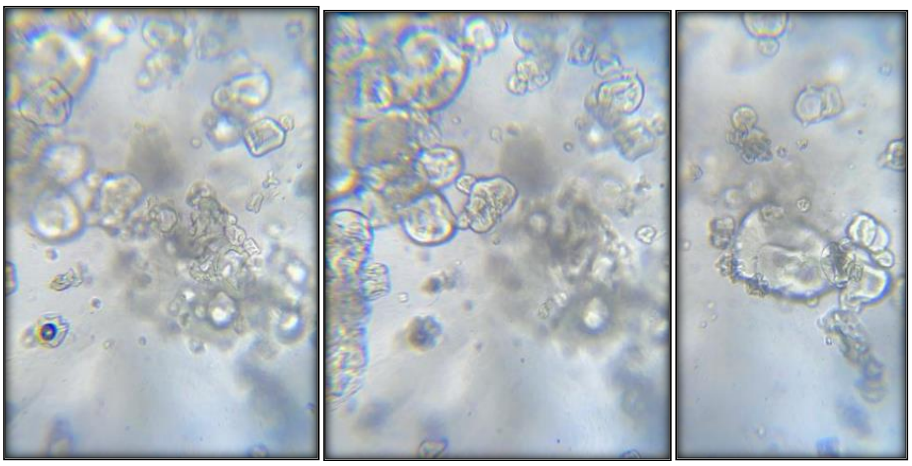


Рисунок 1 – Результат минерализации гидрогеля с легумином под микроскопом

В гидрогеле с легумином в обоих случаях происходит минерализация фосфатов со структурой витлокита, что определяется pH средой и влиянием белка. Форма и количество кристаллов совпадает. В гидрогеле с глобулином в обоих случаях происходит минерализация фосфатов со структурой монетита, что определяется pH средой и влиянием белка. Форма и количество кристаллов совпадает. В данном случае мы получаем самые мелкие кристаллы, но также склонные к агломерации.

Таким образом, в работе впервые установлена возможность получения биокомпозитов с фосфатами кальциями путем внешней минерализации гидрогелей в растворах фосфатов.

Список использованных источников

1. Potenciales biomateriales para la liberación controlada de medicamentos - Hydrogels. Potentials biomaterials for controlled drug delivery. / Arredondo Peñaranda, A., Londoño López, M. E. Hidrogeles. // Revista Ingeniería Biomédicaю – 2011ю - №3. – С. 83–94.

2. Principales características en el diseño de sistemas de liberación controlada de fármacos / Escobar J.L., García D.M., Zaldivar D. Hidrogeles // Revista Iberoamericana Polímeros. 2002. Vol. 3, № 3.

Научный руководитель: Муханова Е. А. кандидат химических наук

УДК 547.46´052

СЕНСОР НА ИОНЫ СЕРЕБРА НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННОГО 6-(2-ГИДРОКСИФЕНИЛ)НИКОТИНОНИТРИЛА

Егорова Е. С., Шишликова М. А., Сизова Т. С.,
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова,
г. Чебоксары

Серебро довольно распространено в современном мире, а также является драгоценным металлом. Диапазон его применения широк, как в фотографии, электротехнической и электронной промышленности, так и в виде товаров для домашнего использования в качестве столовых приборов, ювелирных изделий и зеркал. Однако растворимые соли серебра могут быть вредны для организма человека, поэтому важно разработать метод его обнаружения с высокой селективностью. Существует достаточно большое количество способов обнаружения ионов данного металла, но многие из них требуют длительного времени и дорогостоящего оборудования. Выбранный нами метод, основанный на флуоресцентном отклике, отличается своей простотой и низким пределом обнаружения.

Проведенные ранее нашим коллективом исследования показали, что производные трицианопиридина (TCPy), содержащие трицианобутадиеновый (BDTC) фрагмент, за счет связывания катионов металлов и аминов могут проявлять сенсорные свойства [1]. Продолжая исследования в данном направлении, нами было синтезировано производное TCPy **1**, содержащее дополнительную рецепторную группу в α-положении (рис. 1).

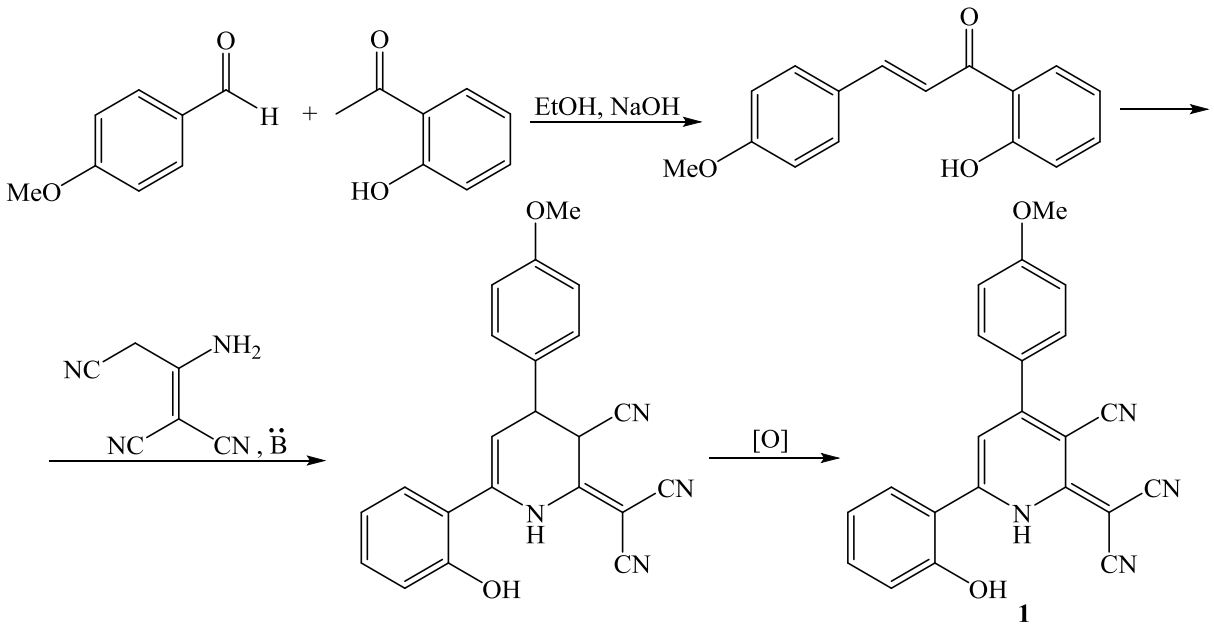


Рисунок 1 – Схема синтеза соединения **1**

Соединение **1** представляет собой кристаллическое соединение оранжевого цвета, слабо флуоресцирующее в органических растворителях с максимумом испускания в области 550 нм. При этом флуоресценция соединения **1** резко усиливается при добавлении растворов солей серебра, также происходит смещение максимума в область 590 нм. Исследования показали, что соединение **1** обладает высокой селективностью к ионам серебра и позволяет их определять вплоть до 0,7 мкМ даже в присутствии ионов других металлов.

Исследование методом изомолярных серий показало, что соединение **1** связывается с ионами серебра в отношении 1 к 1. Проведенное флуоресцентное титрование показало хорошую линейную зависимость интенсивности испускания от концентрации ионов серебра вплоть до достижения эквимолярных отношений, после чего интенсивность флуоресценции становилась практически неизменной, даже при добавлении еще большего избытка ионов серебра (рис. 2).

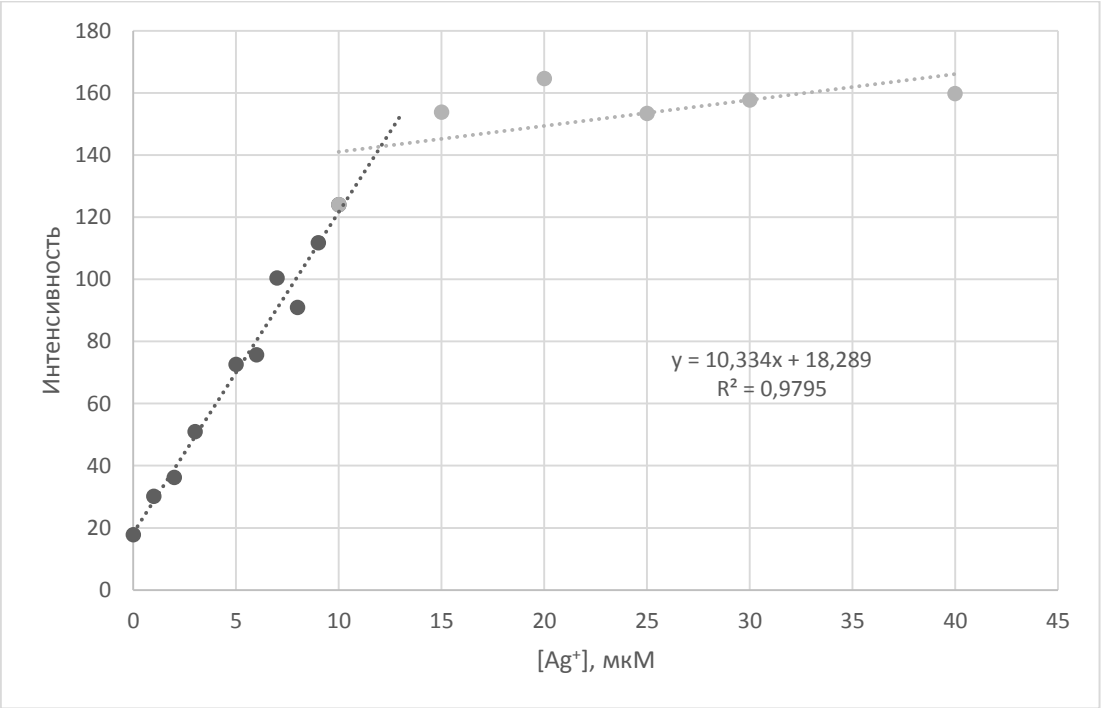


Рисунок 2 – Зависимость между интенсивностью флуоресценции и концентрацией ионов серебра

Таким образом, для распознавания ионов серебра был разработан новый флуоресцентный сенсор на основе 6-(2-гидроксифенил)никотинонитрила, обладающий высокой чувствительностью и селективностью.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект № 0849-2020-0003.

Список использованных источников

1. Ershov, O. Crystallographic characterization of ethylammonium salts of tetracyanopyridine (TCPy) and fluorescence determination of the degree of substitution of the amino nitrogen atom thereof / O. Ershov, S. Chunikhin, M. Ievlev, M. Belikov, V. Tafeenko. – Direct text. // Pravo. – 2019. - №36.

Научный руководитель: Бардасов И. Н. кандидат химических наук, доцент

УДК 547.76

ИЗУЧЕНИЕ S И O-СОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ НА ПОЛЕЗНУЮ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Ермолаева А. А., Лаврова О. М.,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

Сегодня, предсказать биологическую активность можно благодаря специализированным программным продуктам. Липофильность веществ оказывает сильное влияние на фармакокинетику лекарственных средств. Биологически активное вещество в организме человека активно начинает вступать в такие процессы, как растворение, сорбцию, распределение, химические реакции, связывание, выведение и т.д. Анализ биологически-активных соединений должен соответствовать «правилу пяти» Липински [1]. Эти правила опираются на следующие параметры: молекулярная масса соединения не должна превышать значение 500, липофильность logP < 5, количество доноров водородной связи в молекуле не больше пяти и не более 10 акцепторов водородной связи, число нетерминальных вращающихся связей (RotB).

Онлайн сервисом Molinspiration Chem in formatics 2015, который отвечает требованиям фармхимии [2] были проанализированы известные S и O-содержащие гетероциклы, и их функциональные производные, для поиска наиболее перспективных веществ-лидеров. Результаты приведены в таблице 1. Анализируя полученные результаты, хотелось бы отметить, что почти все вещества полностью отвечают параметрам Липински.

Таблица 1

Значения молекулярных дескрипторов исследуемых соединений

Вещество	**Mr**	**LogP**	**TPSA**	**RotB**
тиофен-2-карбальдегид	112,15	1.63	17.07	1
4-метокситиофен-2-карбальдегид	142,18	1.61	26.30	2

Окончание таблицы 1

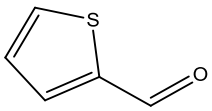
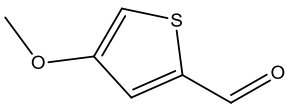
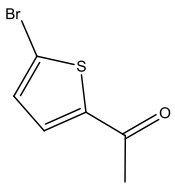
1- (5-бромтиофен-2-ил) этанон	205,07	2.67	17.07	1
1- (5-бром-4-метокситиофен-2-ил) этанон	235,10	2,65	26,30	2
(E) -3H, 3'H- [2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион	296,36	4.39	34.14	0
(E) -5,5'-диметокси-3H, 3'H- [2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион	356,42	4.45	52.61	2

Используя онлайн-сервис PASS, был проведён анализ исследуемых веществ, проанализирован весь массив данных и выбраны только те значения, показатель активности которых (Pa) был близок или превышал 50%.

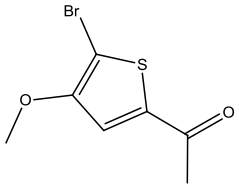
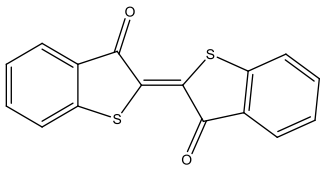
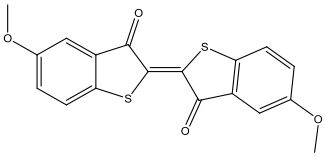
Полученные результаты представлены в таблице 2, из которых видно, что полученные нами соединения обладают различным ингибиторным действием. Так, ингибитор акроцилиндропепсина, ферулоилэстеразы и химозина способствует правильному пищеварению, ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы применяется как фунгицид. Так же соединения могут обладать контрацептивной способностью.

Таблица 2

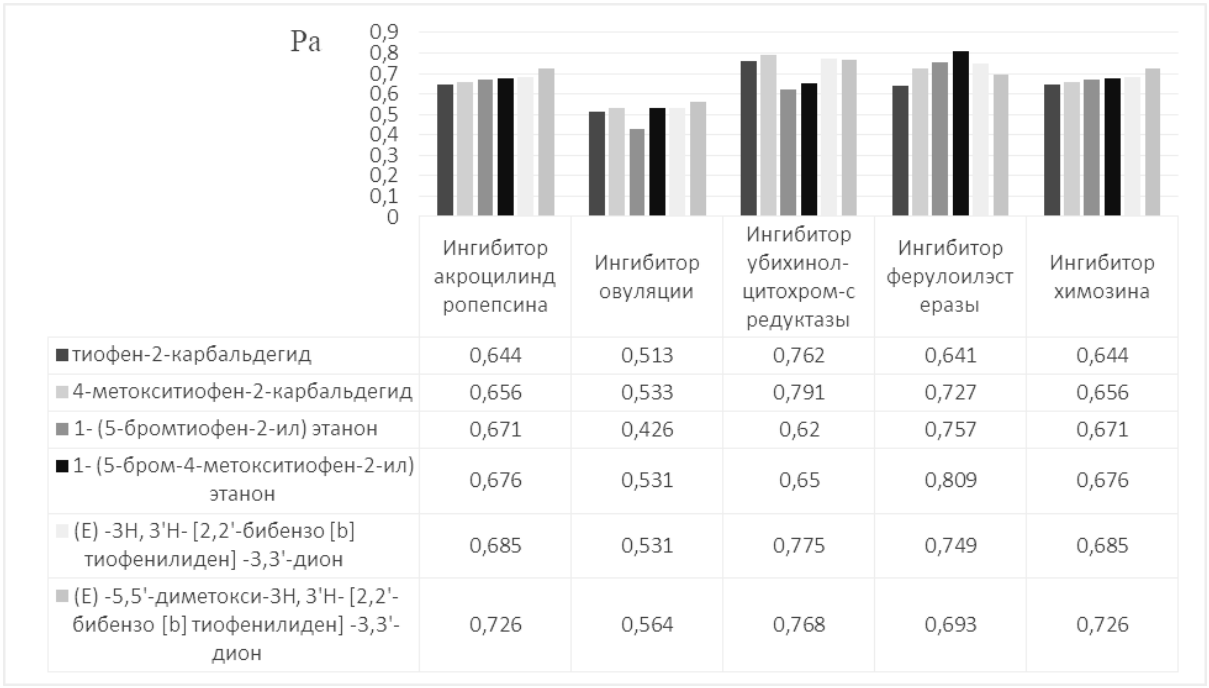
Прогнозирование спектра биологических эффектов для исследуемых веществ

Название соединения	**Структурная формула**	**Биологическая активность вещества**	**Вероятность, %**
тиофен-2-карбальдегид		Ингибитор акроцилиндропепсина	64,4
		Ингибитор овуляции	51,3
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	76,2
		Ингибитор ферулоилэстеразы	64,1
		Ингибитор химозина	64,4
4-метокситиофен-2-карбальдегид		Ингибитор акроцилиндропепсина	65,6
		Ингибитор овуляции	53,3
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	79,1
		Ингибитор ферулоилэстеразы	72,7
		Ингибитор химозина	65,6
1- (5-бромтиофен-2-ил) этанон		Ингибитор акроцилиндропепсина	67,1
		Ингибитор овуляции	42,6
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	62,0
		Ингибитор ферулоилэстеразы	75,7
		Ингибитор химозина	67,1

Окончание таблицы 2

1- (5-бром-4-метокситиофен-2-ил) этанон		Ингибитор акроцилиндропепсина	67,6
		Ингибитор овуляции	53,1
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	65,0
		Ингибитор ферулоилэстеразы	80,9
		Ингибитор химозина	67,6
(E) -3H, 3'H-[2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион		Ингибитор акроцилиндропепсина	68,5
		Ингибитор овуляции	53,1
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	77,5
		Ингибитор ферулоилэстеразы	74,9
		Ингибитор химозина	68,5
(E) -5,5'-диметокси-3H, 3'H- [2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион		Ингибитор акроцилиндропепсина	72,6
		Ингибитор овуляции	56,4
		Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	76,8
		Ингибитор ферулоилэстеразы	69,3
		Ингибитор химозина	72,6

На рисунке 1 представлено сравнение наиболее ярко выраженных биологические эффекты. Из графика видно, что введение метокси группы положительно влияет на некоторые биологические активности исследуемых соединений, повышая её.



	Ингибитор акроцилиндропепсина	Ингибитор овуляции	Ингибитор убихинол-цитохром-с редуктазы	Ингибитор ферулоилэстеразы	Ингибитор химозина
тиофен-2-карбальдегид	0,644	0,513	0,762	0,641	0,644
4-метокситиофен-2-карбальдегид	0,656	0,533	0,791	0,727	0,656
1- (5-бромтиофен-2-ил) этанон	0,671	0,426	0,62	0,757	0,671
1- (5-бром-4-метокситиофен-2-ил) этанон	0,676	0,531	0,65	0,809	0,676
(E) -3H, 3'H- [2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион	0,685	0,531	0,775	0,749	0,685
(E) -5,5'-диметокси-3H, 3'H- [2,2'-бибензо [b] тиофенилиден] -3,3'-дион	0,726	0,564	0,768	0,693	0,726

Рисунок 1 – Сравнение биологических эффектов

Таким образом, исследованные S и O-содержащие гетероциклы являются перспективными для изучения веществами. Дальнейшая их модификация и функционализация позволит получить полезные биологически-активные вещества. И следующим этапом будет непосредственное исследование этих активностей на биологических объектах.

Список использованных источников

1. Lipinski C. A., Lombardo F., Dominy B. W., Feeney P. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings // Adv. Drug. Deliv. Rev. – 1997. – V. 23. – P. 3-25. - 136. Teague S
2. Онлайн ресурс Molinspiration Chem in formatics 2015. – URL : http://www.molinspiration.com/cgi-bin/properties.

Научный руководитель: Лаврова О. М., кандидат химических наук, доцент.

УДК 665.71.03

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В СМЕСИ С ТЯЖЕЛЫМ ГАЗОЙЛЕМ И ДЕПРЕССОРНОЙ ПРИСАДКОЙ

Ефанова А. О., Богданов И. А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Освоение арктических земель способствует увеличению спроса на дизельное топливо, способное в суровых условиях сохранять требуемые физико-химические характеристики, регламентируемые [1]. Одним из способов улучшения низкотемпературных свойств является ввод депрессорных присадок в состав дизельного топлива с добавлением тяжелого газойля, который усиливает эффект действия депрессора. Данный факт подтверждает релевантность исследований в этой сфере.

Целью данной работы является анализ изменения низкотемпературных свойств дизельного топлива при введении в состав смеси депрессорной присадки и тяжелого газойля в различной концентрации.

Для проведения исследования были приготовлены смеси дизельного топлива, депрессорной присадки (0,3 мл на 100 мл топлива, согласно рекомендациям производителя) и тяжелого газойля, в концентрации 0, 1, 3, 5 и 10 % об.

В качестве анализируемых низкотемпературных свойств были выбраны: температура помутнения, предельная температура фильтруемости и температура застывания. Исследования проводились согласно методикам, представленным в [2-4].

Результаты определения температуры помутнения исследуемых смесей представлены на рисунке 1.

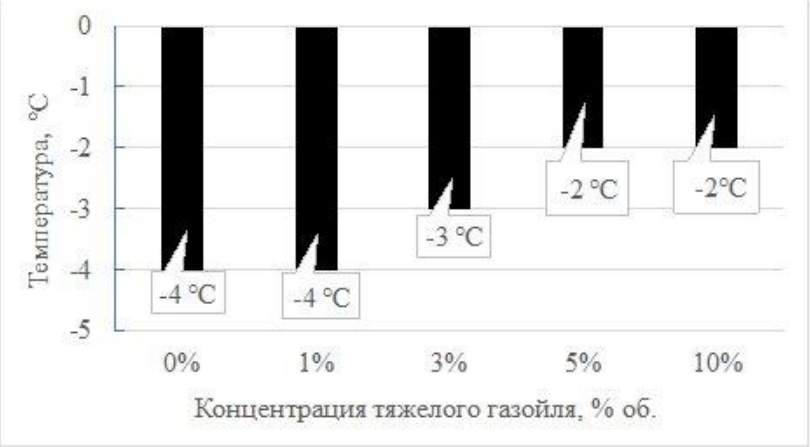


Рисунок 1 – Температура помутнения анализируемых смесей

Полученные данные свидетельствуют об ухудшении температуры помутнения исследуемых смесей: при увеличении концентрации тяжелого газойля с 0 до 10 % об., температура помутнения увеличивается с -4 °С до -2 °С. Причиной данной тенденции являются положительные значения низкотемпературных свойств тяжелого газойля, добавляемого в исследуемые смеси.

Результаты определения предельной температуры фильтруемости исследуемых смесей представлены на рисунке 2.

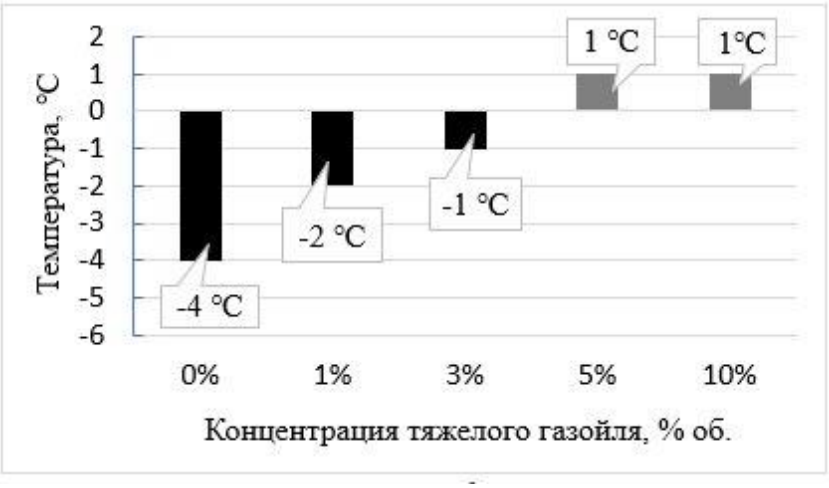


Рисунок 2 – Предельная температура фильтруемости анализируемых смесей

На рисунке 2 также наблюдается неблагоприятная динамика: при увеличении концентрации тяжелого газойля с 0 до 10 % об., предельная температура фильтруемости увеличивается с -4 °С до +1 °С. Объяснятся данный факт положительным значением предельной температуры фильтруемости тяжелого газойля, как и в результатах, представленных выше.

Результаты определения температуры застывания исследуемых смесей представлены на рисунке 3.

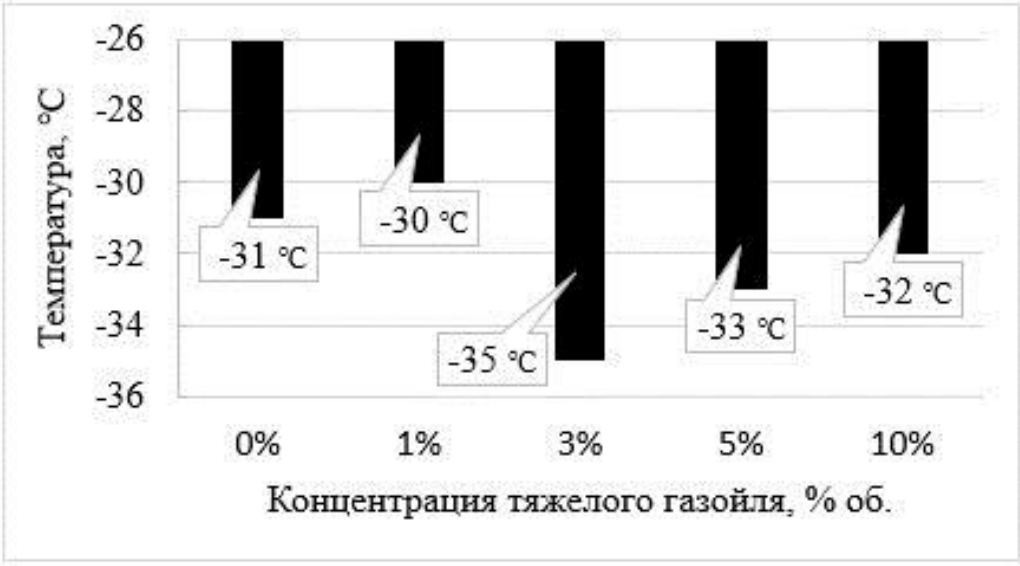


Рисунок 3 – Температура застывания анализируемых смесей

По результатам определения температуры застывания, представленным на рисунке 3, можно наблюдать улучшение данного низкотемпературного свойства для смесей дизельного топлива с депрессорной присадкой и тяжелым газойлем. Особое внимание стоит обратить на смесь, концентрация тяжелого газойля в которой составляет 3 % об. Депрессия температуры застывания для данной смеси составила 4 °С. Дальнейшее увеличение концентрации тяжёлого газойля (более 3 % об.) является нецелесообразным, так как температура застывания начинает повышаться. Тяжелый газойль имеет положительные низкотемпературные свойства и добавление его в значительных количествах неизбежно ухудшает низкотемпературные свойства смеси.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что добавление малых концентраций тяжелого газойля для изменения низкотемпературных свойств, в частности для усиления действия депрессора в отношении температуры застывания является эффективным и целесообразным с практической точки зрения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90156.

Список использованных источников

1. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1871-ст : введ. впервые : дата введ. 2015-01-01 / разработан ОАО «ВНИИ НП», Техническим комитетом по стандартизации ТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 12 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 5066-2018 Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2018 г. № 660-ст : введ. впервые : дата введ. 2019-07-01 / разработан Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы», АО «ВНИИ НП». – Москва : Стандартинформ, 2013. – 7 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ EN 116-2013 Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1826-ст : введ. впервые : дата введ. 2015-01-01 / подготовлен Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы», ОАО «ВНИИ НП» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта – Москва : Стандартинформ, 2013. – 8 с. – Текст : непосредственный.

4. ГОСТ 20287-91 Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 13.05.91 № 671 : введ. впервые : дата введ. 1992-01-01 / разработан Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР – Москва : Стандартинформ, 2006. – 9 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Богданов И. А., инженер-исследователь отделения химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета (ОХИ ИШПР ТПУ).

УДК 628.345

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНОЗЕМА ПОСРЕДСТВОМ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Жильцова Е. Е., Юртаева А. А.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва.

Красный шлам - опасный отход глинозёмного производства, а его складирование не только опасно для окружающей среды (ОС), но и убыточно. Существует множество лабораторных технологий переработки красного шлама, однако до настоящего времени не разработано эффективной и рентабельной схемы его промышленной переработки [1].

Высокое содержание железа делает красный шлам перспективным сырьем для чёрной металлургии. Помимо этого, исходя из высокого спроса на алюминий, количество образуемого и складируемого красного шлама ежегодно возрастает, усиливая негативное воздействие на ОС [2].

Основной целью работы являлось оценка эффективности извлечения соединений железа в процессе обработки красного шлама растворами кислот различной концентрации.

Выбранный процесс извлечения железа позволяет практически полностью перерабатывать красные шламы и получать целевые продукты (пигменты, металлургическое сырье, коагулянты и пр.).

Для понимания механизма гидрометаллургической переработки необходимо исследование фазового и элементного состава сырья. В рамках проведенной работы изучен химический и фазовый состав образца красного шлама Богословского алюминиевого завода (Краснотурьинск, Россия). Дифрактоограммы фазового состава (рисунок 1) были получены на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA (Швейцария). Химический состав (таблица 1) анализировали методом рентгенофлуоресцентной спектроскопиии с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра PANalytical AXIOSmax Advanced (Нидерланды).

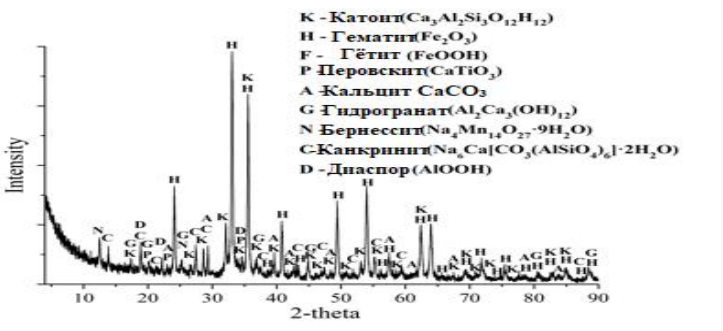


Рисунок 1 - Рентгенограмма образца красного шлама с Богословского алюминиевого завода

Таблица 1

Химический состав образца красного шлама, %

Компонент	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	MnO	Na_2O	P_2O_5	S	Sc
Содержание	49,81	8,71	12,77	4,67	9,26	0,65	0,26	3,30	0,85	0,48	0,014

Из данных химического и фазового состава видно, что основным компонентом в составе красного шлама является гематит, а также примеси синтетических кальций и натрийсодержащих минералов (например, катоит).

Для оценки эффективности извлечения основных компонентов были использованы следующие растворы: 25% H_2SO_4, 50% H_2SO_4, 75% H_2SO_4, 19% HCl и 50% HNO_3. Соотношение красный шлам:выщелачивающий реагент составляло 1:100, а время процесса 2 часа, при температуре кипения растворов.

Определение содержания соединений железа в растворах проводили методом спектрофотометрии (с сульфосалициловой кислотой). Данные по максимально возможной степени извлечения соединений железа представлены на диаграмме 2.

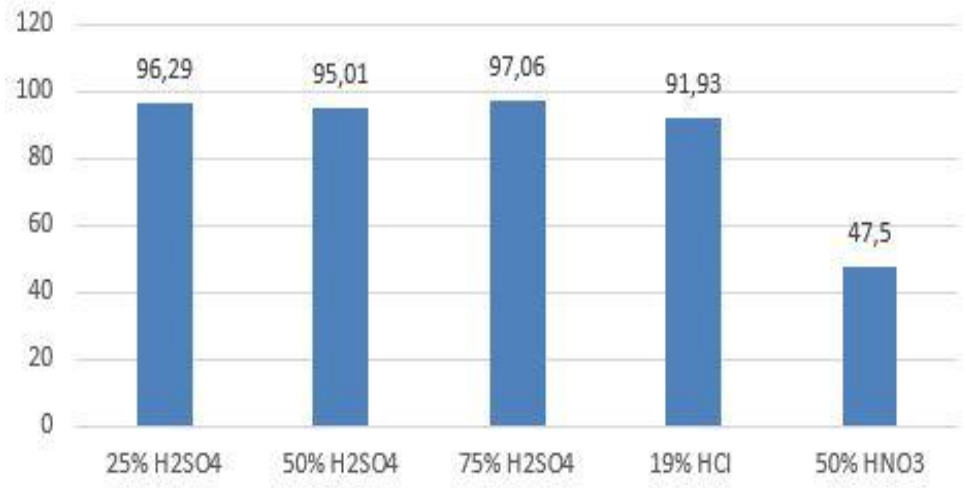


Рисунок 2 - Степень извлечения железа минеральными кислотами

Из представленных данных видно, что степень извлечения железа серной кислотой достигает 95% и практически не зависит от концентрации кислоты. Соляная кислота была менее эффективна, однако степень извлечения составила 91%. Эффективность вскрытия красного шлама азотной кислотой не превысила 50 %, что говорит о нерациональности ее использования. С учетом стоимости, эффективности и технологических соображений использование соляной и азотной кислот для данного процесса было признано не рациональным.

Список использованных источников

1. Корнеев В. И. Красные шламы / В. И. Корнеев, А. Г. Сусс, А. И. Цеховой. - Москва : Металлургия, 1991. – 144 с. – Текст : непосредственный.

2. Критерии возможности переработки красных шламов как техногенного сырья/ И. И. Ребрик, В. А. Утков, В. М. Сизяков [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 11. – С. 26-28. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Кузин Е. Н., кандидат технических наук, доцент

УДК 665.666.4

РАЗРАБОТКА СПОСОБА БОРЬБЫ С ОТЛОЖЕНИЯМИ ПОЛИСУЛЬФИДОВ НА НПЗ

Житков Н. В., Романов К. Ю., Рудко В. А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

С конца 2012 года на многих нефтеперерабатывающих заводах участились случаи образования больших количеств серосодержащих отложений в секциях АВО и в рефлюксных емкостях. При этом их количество не зависело от применяемых при нефтепереработке «пакетов» реагентов [1].

Отложения в виде большого количества мелкодисперсного порошка наблюдались по росту перепада давления на теплообменном оборудовании, по линиям дренажа воды, а также в секциях АВО [2].

Целью данной работы является разработка комплекса технологических решений, направленных на предотвращение выпадения отложений полисульфидов на установках первичной переработки нефти.

В качестве объектов исследования отложений полисульфидов были использованы: сырая нефть, поступающая на установку ЭЛОУ-АВТ, нефть обессоленная после ЭЛОУ, отложения и вода из рефлюксной емкости с верха атмосферной колонны, а также дренажная вода.

В ходе работы была представлена возможная схема образования отложений, опробован лабораторный метод получения отложений, произведен хромато-масс-спектрометрический и ИК-спектрометрический анализ полученных и имеющихся отложений.

Следующим этапом планируется разделить имеющиеся отложения по растворимости для установления в дальнейшем их точного химического состава и определения химизма процессов образования отложений.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ по НИР 0792-2020-0010.

Список использованных источников

1. Хуторянский, Ф. М. Современное состояние химико-технологической защиты от коррозии установок первичной переработки нефти. Проблемы, пути совершенствования / Ф. М. Хуторянский, А. Л. Цветков, Ю. Ю Кляцкий. – Текст : непосредственный // Экспозиция Нефть Газ. – 2014. – №4. – С. 56-59.

2. О проблеме образования нетипичных сероорганических отложений в теплообменном оборудовании установок первичной переработки нефти / А. Р. Вартапетян, А. А. Зуйков, А. Н. Монахов, И. И. Федоров – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК» «Роснефть». – 2016. – № 4. – С. 82-86.

Научный руководитель: Рудко В. А., кандидат технических наук, исполнительный директор НЦ «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов».

УДК 661.961

ПРОИЗВОДСТВО «ЗЕЛЕНОГО» ВОДОРОДА

Загидуллина А. Р.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

На сегодняшний день водород в основном производится с помощью парового риформинга природного газа или других ископаемых видов топлива, таких как пропан, бензин, дизельное топливо, метанол или этанол. Однако паровой риформинг ископаемого топлива приводит к образованию водорода низкой чистоты с высокой концентрацией углеродсодержащих оксидов. Что еще более важно, паровой риформинг не избавляет от зависимости от дефицитных ископаемых видов топлива и не снижает уровень загрязняющих веществ. Выбросы парниковых газов (CO_2 и др.) в атмосферу представляют собой серьезную проблему на сегодняшний день, а их утилизация является весьма затратной.

Высококачественный и «зеленый» водород может быть получен путем электрохимического преобразования воды в водород и кислород с помощью процесса, известного как электролиз. Он является одним из наиболее эффективных методов получения водорода, поскольку производит только чистый кислород в качестве побочного продукта. Кроме того, при электролизе возможно использование энергии постоянного тока от устойчивых энергетических ресурсов, таких как солнце, ветер и биомасса.

Существуют различные виды электролиза:

- электролиз щелочной воды;
- электролиз твердых оксидов;
- микробные электролизные ячейки;
- электролиз воды с использованием полимерно-электролитной мембраны.

Таблица 1

Преимущества и недостатки технологий электролиза воды

Способ электролиза	**Преимущества**	**Недостатки**
Щелочной электролиз	Распространенность технологии в промышленности; Использование простых металлов; Малые затраты; Высокая энергоэффективность (70 -80%).	Низкая сила тока; Образование карбонатов на электроде снижает производительность электролизера; Низкая чистота газов; Низкое рабочее давление; Низкая динамическая работа;
Электролиз PEM	Высокая сила тока; Компактная конструкция; Большая скорость производства водорода с высокой чистотой газов (99,99 %); Более высокая энергоэффективность (80-90%).	Новые и частично установленные; Высокая стоимость комплектующих; Кислотная среда; Низкая долговечность; Промышленное внедрение в ближайшей перспективе.

Рассмотрим последний способ подробнее. В качестве электролита используется твердая сульфированная полистирольная мембрана. Эта концепция также упоминается как протонообменная мембрана или полимерный электролитный мембранный (оба с аббревиатурой PEM) электролиз воды, и реже как электролиз воды с твердым полимерным электролитом (SPE). Мембрана представляет собой тонкую пленку на основе фторированных кислотных полимеров с нанесенным на обе стороны катализатором.

Принцип работы протонообменной мембраны представлен на рисунке 1. Низкая толщина мембраны отчасти является причиной многих преимуществ твердого полимерного электролита.

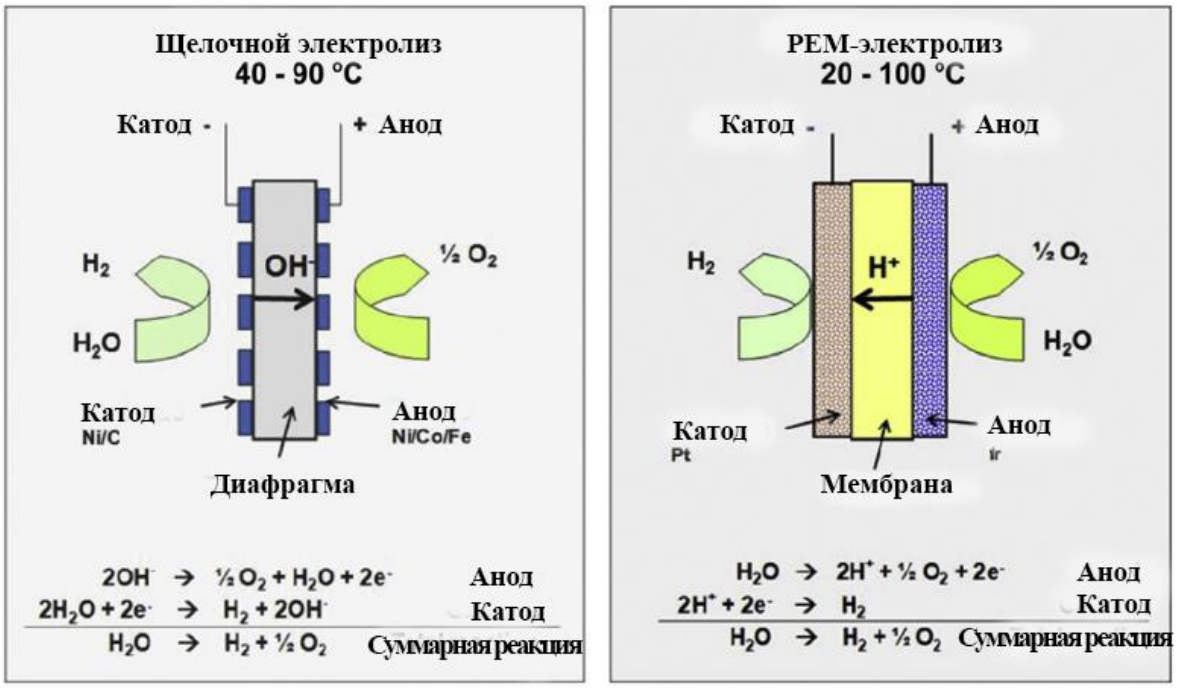


Рисунок 1 – Схема принципа работы электролизера с использованием полимерно-электролитной мембраны

PEM-электролизеры в масштабных размерах могут удовлетворить растущий спрос на «зеленый» водород: с точки зрения устойчивости и воздействия на окружающую среду. Протонообменная мембрана выдерживает жесткое коррозионное значение pH, высокое перенапряжение, особенно при высокой плотности тока.

Список использованных источников

1. Kumar S. S. Hydrogen Production by PEM Water Electrolysis / S. S. Kumar, V. Himabindu. – Direct text //Materials Science for Energy Technologies – Vol 12 – 2019 – P. 1 - 49.

2. Carmo M. A comprehensive review on PEM water / M. Carmo, D. Fritz, J. Mergel, D. Stolten. – Direct text // International journal of hydrogen energy – Vol 38 – P. 4901 – 4934.

Научный руководитель: Дерюгина О. П., кандидат технических наук, доцент

УДК 541.145:628.316.12

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ В ОБРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ НИТРОФУРАЛ

Захарова Д. С.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

В последние десять лет фотоокислительные методы находят широкое практическое применение в обработке сточных вод химических предприятий, за счет глубокой деструкции загрязняющих веществ [1]. Основу данных методов заключают два приоритетных механизма: окисление гидроксильными радикалами, образующимися в результате разложения окислителей, и фотолиз. За счет применения фотоокислительных методов с совместным действием катализаторов наблюдается активное разрушение сложных органических соединений антропогенного происхождения, устойчивых к традиционным методам обработки различных производств, в частности в фармацевтической промышленности [2].

Таким образом, основной задачей данной работы являлась оценка эффективности различных методов фотоокисления модельных водных растворов нитрофурала, содержание которого составляло 0,005 г/л.

В рамках эксперимента был использован графитоподобный фотокатализатор нитрид углерода (g-C_3N_4), полученный по методике [3]. Исследования по окислительным процессам модельных растворов нитрофурала ($C_6H_6N_4O_4$) проводили на лабораторной установке стационарного типа, принципиальная схема которой изображена на рисунке 1 [4].

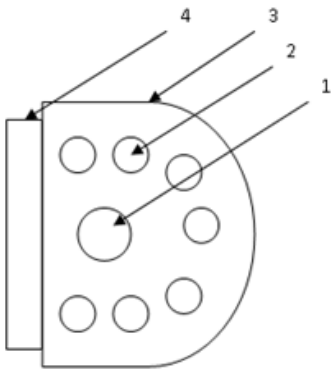


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки (вид сверху):
1-лампа ДРБ-8; 2-кварцевая пробирка; 3-металлический корпус; 4-блок питания

Исходную и конечную концентрации растворов фармацевтического препарата определяли спектрофотометрическим методом, в основе которого лежит взаимодействие нитрофурала с 10% гидроксидом натрия. Обра-

зование желтого цвета продукта реакции являлось основным показателем качественного анализа. Время обработки в фотореакторе составляло 30 минут. Концентрация пероксида водорода - 0,352 моль/л (0,014 мл 3% H_2O_2 на 50 мл пробы). Масса катализатора на 100 мл пробы составляла 0,01 гр. В процессе излучения света лампой типа ДРБ-8 происходила деструкция модельных растворов нитрофурала. Полученные результаты исследования представлены на рисунке 2.

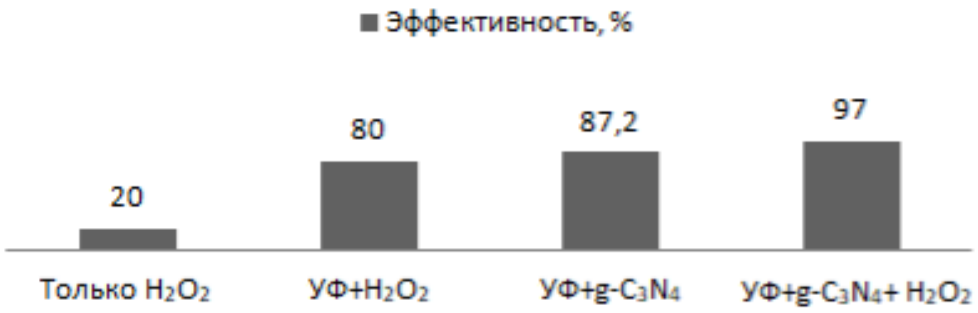


Рисунок 2 - Эффективность окисления нитрофурала различными методами окисления

Из данных диаграммы видно, что комплексное УФ-воздействие в присутствии пероксида водорода и катализатора нитрида-углерода является наилучшим способом разрушения лекарственного препарата. Также можно сделать вывод о целесообразности применения фотодеструктивных методов в очистных сооружениях фармацевтических предприятий.

Список использованных источников

1. Глубокое фотоокисление в системах подготовки питьевой воды / С. В. Храменков, К. Е. Хренов, Е. В. Шушкевич [и др.]. – Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2012. – № 3(51). – С. 42-48.

2. Фотоокислительные методы в очистке органических соединений. Обзор / М. А. Кабанов, Н. А. Иванцова, К. А. Коваль, Е. С. Балакина. – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. МКХТ РХТУ им. Д. И. Менделеева – Москва, 2020. – Том XXXIV. – № 12. – С. 24-27.

3. Чебаненко, М. И. Получение нанопорошков графитоподобного нитрида углерода и их фотокаталитическая активность под действием видимого света / М. И. Чебаненко. - Текст : непосредственный // Журнал прикладной химии. – 2020. - № 4. – С. 490-497.

4. Захарова, Д. С. Фотоокислительная деструкция модельных растворов фурацилина / Д. С. Захарова, Н. А. Иванцова. – Текст: непосредственный // Инновационные технологии защиты окружающей среды в совре-

менном мире : всерос. науч. конф. с междунар. участием 18-19 марта 2021 г. – Казань, 2021. – С. 189-193.

Научный руководитель: Иванцова Н. А., канд. хим. наук, доц.

УДК 544.478.02

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Здрецов И. М., Коноплин Р. Р.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Нефтеперерабатывающие заводы в России в основном загружены закупаемыми за границей катализаторами на основе оксида алюминия [1]. Для того, чтобы нефтеперерабатывающая промышленность стала более независимой от иностранных партнёров, необходимо создать собственные технологии производства носителей и катализаторов, которые по свойствам не уступают импортным [2]. Этого можно достичь, изучая в частости влияние различных добавок на свойства оксида алюминия.

Целью данной работы является изучение влияния различных добавок на текстурные, кислотно-основные и прочностные свойства носителей на основе Al_2O_3 и определение наилучших рецептур для улучшения каждой из указанных характеристик.

Образцы для исследования были приготовлены следующим образом. На начальной стадии исходные материалы измельчают. После этого компоненты в порошковом виде загружают в лабораторный смеситель, где происходит сухое смешение. Затем смесь пластифицируют путём добавления жидкофазного пептизатора с получением твердообразной пластичной пасты. Её загружают в экструдер и выдавливают через фильеру диаметром от 1,0 до 5,0 мм, затем нарезают на правильные цилиндры. Получившиеся гранулы высушивают на воздухе в течение не менее 24 часов при температуре от 15 до 30 °С. Термообработку носителя проводят в муфельной печи при температурах от 550 до 1150 °С в течение 3-5 часов.

В качестве исходного материала использовались гидроксиды алюминия (псевдобёмит, бёмит, и гидроксид бёмитно-байеритного состава). Жидкофазными пептизаторами являлись вода и водные растворы азотной, серной, фосфорной, борной и лимонной кислот. Пептизационные эквиваленты составляли от 0,01 до 0,300 г кислоты на 1 г Al_2O_3. Следующие добавки с размером частиц от 0,03 до 0,5 мкм добавляли на этапе сухого смешения в количестве от 5 до 65 % мас.: оксид кремния, оксид циркония, цеолиты, карбамид, метилцеллюлоза, карбонат и бикарбонат аммония, графит и γ-Al_2O_3.

Текстурные характеристики образцов (удельная поверхность (SSA), суммарный объём пор ($\sum V_{pore}$), распределение пор по размерам) определялись на приборе Quantachrome Nova ver.11.03 посредством методов BET и BJH. Механическая прочность на раздавливание (MCS) определялась на приборе Mark-10 Series 4 Force Gauge в соответствие с методом ASTM D4179. Кажущаяся плотность определялась в соответствие с ГОСТ 16190-70. Оценка кислотно-основных свойств, в частности и среднестатистической кислотности (H_0), проводилась с помощью индикаторного метода Гаммета, описанного в работе [3].

По итогу проведения вышеописанных опытов были получены следующие результаты. Возможности регулирования структурных и кислотно-основных свойств посредством введения SiO_2, ZrO_2 и цеолита представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние наполнителей на структурные и кислотно-основные свойства

Charge composition		**Peptizer, g / g Al_2O_3**	**Support chemical composition, % wt.**			**Support properties (550 °C)**			
Binder	Filler		Al_2O_3	Oxide from filler	Oxide from peptizer	SSA, m^2/g	$\sum V_{pore}$, cm^3/g	MCS, kg/cm^2	Integral acidity, H_0
Pseudo-boehmite	-	H_2O	100	-	-	340	0,83	30	7,98
	-	HNO_3 0,05	100	-	-	-	0,50	55	7,84
	Cab-O-Sil, SiO_2	HNO_3 0,035	96	4	-	-	0,47	74	7,41
		HNO_3 0,035	90	10	-	-	0,64	63	7,09
		HNO_3 0,035	60	40	-	-	0,82	32	6,96
	Aerosil A-300, SiO_2	HNO_3 0,035	50	50	-	200	0,75	45	-
		HNO_3 0,035	40	60	-	-	1,15	40	-
	Zeolite ZSM-5	H_3PO_4 0,05	35	65	P_2O_5 1,3	175	0,65	20	5,95
	ZrO_2	HNO_3 0,035	80	20	-	-	0,47	98	7,07
Bayerite + boehmite	Zeolite ZSM-5	HNO_3 0,045	50	50	-	163	0,54	31	-
Boehmite, well-crystallized		H_3PO_4 0,05	35	65	P_2O_5 1,3	-	0,54	14	5,97

Порообразующие добавки (карбамид, метилцеллюлоза, карбонат и бикарбонат аммония) увеличили суммарный объём пор (от 0,54 до 0,77-0,89 $см^3/г$) и удельную поверхность (от 250 до 280-300 $м^2/г$) в сравнении со стандартным образцом. Распределение пор по размерам изменилось в направлении их увеличения, особенно при добавлении метилцеллюлозы. В образцах, приготовленных на основе псевдобёмита, с добавлением графита повышался суммарный суммарный объём пор. Кроме того, с увеличением температуры прокаливания наблюдалось снижение кажущейся плотности. Распределение пор по размерам в сравнение со стандартным образцом смещалось в зону крупных пор. Добавка γ-Al_2O_3 смещала распределение в зону мезопор. С увеличением конечной температуры прокаливания и размера зерна добавки уменьшались кажущаяся плотность и удельная поверхность носителя.

В результате проведённой работы были сформированы следующие выводы. Добавка SiO_2, ZrO_2 и цеолита повышают кислотность поверхности оксида алюминия. Оксид циркония, к тому же, может использоваться для сильного увеличения механической прочности носителя. Для смещения распределения пор по размерам в сторону макропор следует вводить добавки карбоната и бикарбоната аммония, карбамида, графита и, в особенности, метилцеллюлозы; в сторону мезопор – γ-Al_2O_3. Все порообразующие добавки, за исключением графита, повышают удельную поверхность образцов на основе псевдобёмита.

Список использованных источников

1. О необходимости перехода российских предприятий от экспорта сырой нефти к её глубокой переработке с помощью отечественных палладийсодержащих катализаторов : материалы XXXV Всероссийской научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону : ИУБиП, 2021. – 358 с. – Текст : непосредственный.

2. Голосман Е. З. Катализаторы импортозамещения / Е. З. Голосман, С. А. Волченкова. – Текст : непосредственный // НефтеГазоХимия. – 2017. – № 3. – С. 41-51.

3. Денисова К. О. Исследование кислотно-основных свойств поверхности феррита кобальта различными физико-химическими методами / К. О. Денисова, А. А. Ильин, Р. Н. Румянцев [и др.]. – Текст : непосредственный // Теоретические основы химической технологии. – 2020. – Т. 54, № 6. – С. 784-792.

Научный руководитель: Парфёнова Л. В. кандидат технических наук, доцент

УДК 546.763'766: 66.067.8.081.3

СОРБЦИЯ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА ИЗ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ШЛАМА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ИЗОБУТАНА

Зубакина М. А., Шайдулина А. А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

На сегодняшний день в нефтехимической промышленности алюмохромовый катализатор используется для дегидрирования изобутана до C_3-H_5-олеинов. Катализатор представляет собой микросферические гранулы алюмооксидного носителя, нанесённого на него активного компонента - кислородных соединений трёх- и шестивалентного хрома, в различных формах и щелочного промотора – оксида калия. На сегодняшний день на российских заводах для процесса дегидрирования применяются катализаторы марок ИМ-2201 и КДМ катализаторы [1].

В промышленности процесс дегидрирования парафинов проводят при температурах 520-620°С и атмосферном давлении или под вакуумом. Применение катализатора при дегидрировании необходимо для подавления нежелательных процессов крекинга, изомеризации и коксообразования. Но так как полностью избежать этой реакции не представляется возможным, она оказывает влияние на снижении селективности и активности катализатора, что обуславливает необходимость его регенерации. Контактный газ после дегидрирования, выносит за собой частицы отработанного катализаторного шлама. Газ очищается в скрубберах, путем орошения водой. Шлам отделяют методом отстаивания и вывозят на полигон для захоронения [2].

Шламовая пульпа состоит из жидкой фазы, содержащей Cr(VI) в виде хроматов и дихроматов, и твёрдой фазы, содержащей хром в виде гидроксида. Шестивалентный хром является токсичным, а поэтому его выброс без предварительного обезвреживания и утилизации недопустим. Образование значительных объемов шлама и отсутствие экономически выгодной технологии переработки не теряет своей актуальности.

В связи с этим рассматриваются способы извлечения Cr(VI) с использованием пористых материалов на основе отходов лесозаготовки древесного сырья [3]. В данной работе в качестве сорбционного материала для извлечения шестивалентного хрома из жидкой фазы были выбраны высушенные опилки, являющиеся бесплатным отходом лесной промышленности. Экспериментально была изучена потенциальная возможность использования такого материала в качестве сорбента.

Сорбция маточного раствора проводилась после фильтрации пульпы в три стадии при поддержании постоянных параметров процесса без перемешивания и при сохранении отношения Ж:Т на каждой стадии сорбции. Определение содержания Cr(VI) до и после каждой стадии осуществлялось

согласно титриметрическому методу определения высоких концентраций шестивалентного хрома на основании методики [4]. Результаты эксперимента по сорбционному извлечению приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента сорбции хроматинов на опилках

№ опыта	Наименование раствора	Начальная концентрация Cr^{6+}, г/л	Конечная концентрация Cr^{6+}, г/л	Эффективность сорбции, %
Опыт № 1 (ж:т = 13, время сорбции 48 часов, статические условия)				
1	Исходный раствор	1,017	0,467	54
2	Раствор после сорбции (1)	0,467	0,048	90
3	Раствор после сорбции (2)	0,048	0,000	100
Опыт № 2 (ж:т = 15, время сорбции 48 часов, статические условия)				
4	Исходный раствор	1,017	0,485	53
5	Раствор после сорбции (4)	0,485	0,076	84
6	Раствор после сорбции (5)	0,076	0,000	100
Опыт № 3 (ж:т = 20, время сорбции 48 часов, статические условия)				
7	Исходный маточный раствор	1,017	0,604	41
8	Раствор после сорбции (7)	0,604	0,250	58
9	Раствор после сорбции (8)	0,250	0,000	100
Опыт № 4 (ж:т = 40, время сорбции 48 часов, статические условия)				
10	Исходный маточный раствор	1,017	0,778	23
11	Раствор после сорбции (10)	0,778	0,622	21
12	Раствор после сорбции (11)	0,622	0,433	30

После проведения процесса сорбции было выявлено, что данный процесс необходимо проводить в три стадии с соблюдением отношения Ж:Т не более 20 при использовании в качестве твердой фазы древесных опилок. После увеличения соотношения Ж:Т более 20 эффективность сорбции на первом и втором этапе падает с 54 до 41 % и с 90 до 58 % соответственно.

Список использованной литературы

1. Крылов О. В. Гетерогенный катализ : учеб. пособие для вузов / О. В. Крылов. – Москва: Академкнига, 2004. – 679 с. – Текст : непосредственный.

2. Извлечение хрома из водных растворов пористыми материалами на основе отходов лесозаготовки местного древесного сырья (кора и щепа) / В. В. Головина, А. О. Еремина, А. А. Соболев, Н. В. Чесноков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2017. Т. 10. № 2. С. 186-205. – Текст : непосредственный.

3. Озерянская В. В. Исследование процессов очистки хромсодержащих гальванических стоков комбинацией реагентного и флотационного методов //Advanced Engineering Research. 2011. Т. 11. №. 8-2. С. 1385-1389. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Пягай И. Н., доктор технических наук, с.н.с.

УДК 661.17

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

Зубкова О. С., Бабыкин Р. Р.,
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Практически все концентрированные простые и сложные удобрения, которые содержат P_2O_5 в водно-растворимой форме, в настоящее время в России и за рубежом производятся на базе экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК). Сульфат кальция, образующийся при этом, в зависимости от температуры процесса, а также концентрации P_2O_5 в жидкой фазе кристаллизуется в виде дигидрата, полугидрата или ангидрита. Смесь этих продуктов обычно называют фосфогипсом и их количества приводят в перерасчете на сухой дигидрат [1].

Фосфогипс является многотоннажным отходом производства концентрированных удобрений. На некоторых предприятиях количество фосфогипса достигло больших величин, так, в Череповецком ПО «Аммофос» за год получено более 3,8 млн. т. фосфогипса. Это очень вредит окружающей среде. Помимо этого, содержание отвалов требует дополнительных капитальных вложений и эксплуатационных затрат [2].

В настоящее время нельзя признать решенной проблему утилизации фосфогипса в России. Применение и переработка фосфогипса в промышленных масштабах нерентабельны, и он практически весь складируется на специально спроектированных объектах размещения. Отвалы фосфогипса продолжают расширяться, а сам продукт используется на 0,2% в год. В некоторых публикациях отмечается, что в Бельгии, Японии и Германии степень использования фосфогипса составляет около 100% [3,4].

Вовлечение фосфогипса в переработку может решить не только проблему загрязнения окружающей среды, но и вопрос выбора новых сырьевых источников химически осажденного гипса. Перспективное использование отходов фосфогипса позволит покрыть некоторую часть потребности строительной отрасли и уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, но сократить затраты на производство строительных материалов [5,6].

Одним из способов переработки фосфогипса является его отмывка, с целью очистки и дальнейшее выщелачивание карбонатами щелочных металлов и аммония, для получения карбоната кальция и растворимых сульфатов. Эффективность этого метода была рассмотрена в этом исследовании.

Реакции выщелачивания производились в автоматическом параллельном реакторе HEL, на протяжении одного часа, при температуре 70 °C и режиме перемешивания в 200 об/мин с помощью магнитной мешалки. Определение химического состава осуществлялся методом рентгенофлуорисценции на РФА спектрометре Shimadzu EDX-7000. Отмывка фосфогипса шла в стеклянном реакторе HEL с рубашкой с полной автоматизацией. Процесс вели 1 ч, при температуре 70 °C и режиме перемешивания в 200 об/мин. После каждой процедуры отмывки проводились измерения содержания кислых стоков потенциометрическим титрованием и взвешиванием предварительно высушенного порошка, результаты отмывок в зависимости от партии представлены на рисунке 1 в виде гистограмм.

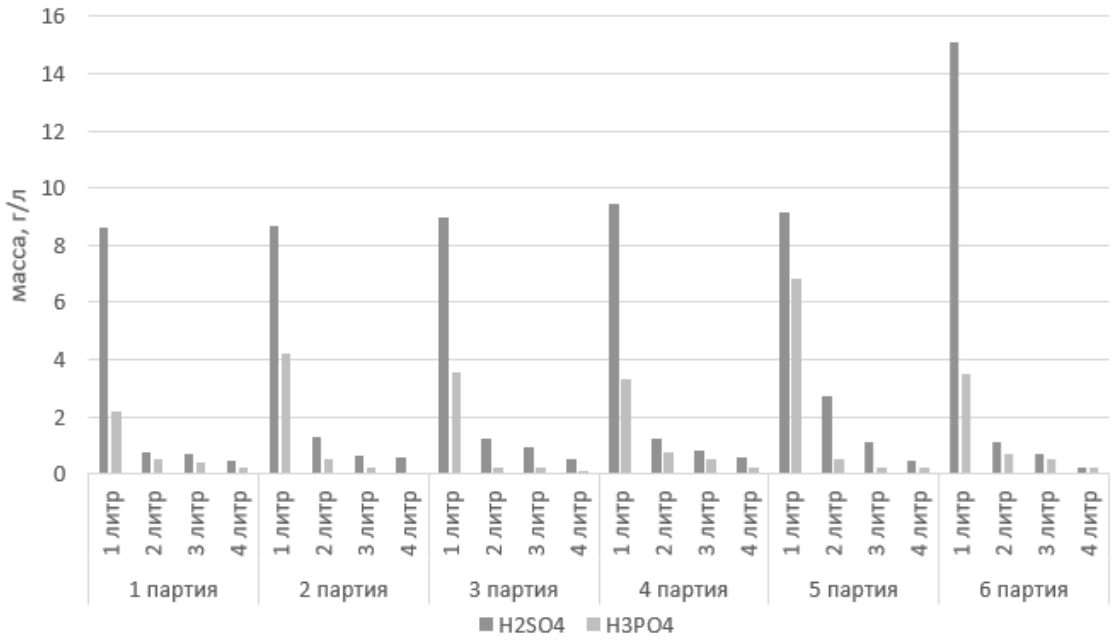


Рисунок 1 – Содержание кислот в воде после промывки

По результатам измерения pH воды после каждой промывки значения pH варьировали: от 2,45 до 2,67 после 1-ой промывки фосфогипса; от 3,26 до 4,25 после 2-ой промывки фосфогипса; от 4,25 до 5,26 после 3-ей промывки фосфогипса; от 4,83 до 6,6 после 4-ой промывки фосфогипса.

По результатам полученных данных видно, что в среднем из 60 фосфогипса вымывается около 13 грамм кислот, что составляет 22% его массы.

В таблице 1 представлен химический анализ фосфогипса до отмывки и после каждой процедуры промывки в реакторе.

Таблица 1

Химический состав фосфогипса до и после промывки

№ промывки	Химический состав, масс. %			
	SiO_2	SO_3	CaO	SrO
ФГ без промывки	1,62	58,72	36,41	2,43
I партия	3,24	59,65	34,36	2,1
II партия	2,44	58,25	35,96	2,39
III партия	1,98	59,05	36,14	2,12
IV партия	2,89	59,01	35,30	1,95
V партия	3,10	59,54	34,34	2,21
VI партия	2,89	58,37	35,65	2,32
смешан. партия	3,17	58,998	34,89	2,17

В основу выщелачивания отмытого фосфогипса легли следующие реакции:

1. $CaSO_4 * 2H_2O + Na_2CO_3 *10H2O= CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$;
2. $CaSO_4 * 2H_2O + K_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + K_2SO_4 + 2H_2O$;
3. $CaSO_4 * 2H_2O + (NH_4)_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + (NH_4)_2\,SO_4 + 2H_2O$

Химический состав продуктов выщелачивания чистого фосфогипса, данные получены в ходе рентгенофлуоресцентного исследования (полуколичественный анализ), представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав осадка после реакции выщелачивания

№ реакции	Химический состав, масс. %				
	CaO	SO_3	SiO_2	SrO	K_2O
1	80,98	2,2	8,56	5,94	-
2	74,8	6,59	8,52	5,08	3,15
3	64,9	22,05	7,02	4,38	-

Выводы

Данное исследование позволяет сделать вывод, что реакции выщелачивания могут быть использованы для переработки фосфогипса в карбонат кальция и растворимые сульфаты, однако требуют подбора оптимальных условий, особенно выщелачивание карбонатом аммиака, к примеру – выщелачиванию в автоклаве.

Список использованных источников

1. Алексеев, А. И. Комплексная переработка апатит-нефелиновых руд на основе создания замкнутых технологических схем / А. И. Алексеев. – Текст : непосредственный //Записки горного института. - 2017. - № 215. - С. 75-83.

2. Современные направления переработки фосфогипса. / В. В. Головнева, А. Е. Кулемина, И. А. Почиталкина О. Э. Шубабко . – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии. - Т. 24. - 2020. - С. 65-67.

3. Технология комплексной переработки фосфогипса конверсионным способом с получением сульфата аммония, фосфомела и новых продуктов / В. М. Сизяков, С. В. Нутрихина, Б. В. Левин. – Текст : непосредственный // Записки горного института. - Т. 197. - 2012. - С. 239-244..

4. Акаев О. П. О переработке фосфогипса – многотоннажного отхода производства экстракционной кислоты: материалы международной научно-практической конференции / О. П. Акаев, В. В. Долгов, Т. И. Озерова. – Шарья, 2009. - С. 24-28. – Текст : непосредственный.

5. Литвинова, Т. Е. Получение соединений индивидуальных РЗМ и попутной продукции при переработке низкокачественного редкометального сырья: дис. ... докт. техн. наук: 05.16.02 / Литвинова Татьяна Евгеньевна. 2014. - 318 с. – Текст : непосредственный.

УДК 66.081.3

СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ САПОНИТОВОЙ ГЛИНЫ

Зубкова О. С., Панкратьева К. А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

На Ломоносовском горно-обогатительном комбинате занимаются разработкой месторождения алмазов на европейском севере России с 2005 года. Месторождение находится в отдаленном регионе, окруженном заповедными зонами, со слабой инфраструктурой. Содержание алмазов на месторождении составляет 0,000042% составляет минерал алмаз в 1 тонне руды, таким образом, предприятие производит по 99,000058 % сапонитовых отходов на каждую тонну обработанной руды, которые сбрасываются в хвостохранилище в виде пульпы.

Для обогащения алмазов обогатительной фабрике в среднем необходимо 2600 $м^3$/ч свежей воды с нормативом твёрдого – 0,5 г/л, но из-за физико-химических и минералогических особенностей минерала сапонита

(содержание которого в руде жерловой части достигает – 90% [1] и в отходах хвостохранилища – 30%). Структура минерала имеет отрицательно заряженные внешние узлы в слоях, что обуславливает хорошие сорбционные свойства, которые выражаются в большом содержании щелочноземельных металлов в межслоевом пространстве, не позволяет достичь заданной нормы. Содержание твёрдого в оборотной воде после естественного отстаивания в чаше хвостохранилища и оборотная вода подаётся, особенно в зимний период, с содержанием твёрдого 150-200 г/л, что существенно снижает эффективность извлечения алмазов.

Следовательно, нужны технологии утилизации складируемой пульпы и сгущения твёрдого в оборотной воде минеральными коагулянтами с последующей реализацией сгущённого продукта в качестве товарного продукта, т.е. переходить на комплексную переработку сапонитовой руды [2]. С целью получения чистой оборотной воды в технологическом цикле используется декантерная центрифуга, обезвоженный сгущенный осадок складируется на шламовом поле, а осветлённая вода направляется на обогатительную фабрику.

По проведённым исследованиям по выявлению минерального и химических составов пульпы, поступающей на хвостохранилище основную минеральную составляющую составляют следующие минералы, масс. %: доломит – 20, каолинит –22, сапонит – 45, бейделлит - 14.

Согласно химическому анализу в составе взвесей превалирующее большинство оксидов составляет, масс. %: SiO_2 – 54; MgO – 26; Fe_2O_3 – 8; Al_2O_3 – 6; CaO – 3.

По полученным результатам можно сделать вывод, что сапонитовую пульпу можно использовать глинистой основой для получения сорбента.

Для создания сапонитового сорбента был использован патент-прототип, ранее использованный в создании глинистого сорбента [4]. Состав сорбента: глинистая основа-сапонит, также в создании использовался цемент в качестве связующего компонента, ингибитор, активация производилась под воздействием кислоты. Далее, был проведен обжиг сорбента по определенной технологии при максимальной температуре 550 °С, удельная поверхность сорбента, исходя из полученных данных на анализаторе удельной поверхности Quantachrome для 550 ° С, составляет 37 $м^2$/г.

Во время проведения опыта, был приготовлен модельный раствор с концентрацией 10 мг/л на основе медного купороса, растворенного в дистиллированной в воде с целью проверки сорбционных свойств сапонитового сорбента на тяжелые металлы (Cu). Оценка сорбционных свойств происходила с использованием визуальной оценки при помощи цветной шкалы-концентраций, согласно ГОСТ 4388-72. [5]

Процесс проверки сорбционных свойств, а также водородного показателя занял две недели, использовалась визуальная оценка концентрации меди исходя из шкалы. На основе данных были построены графики представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – График насыщения сорбента ионами Cu

В точке 11 происходит пик, который показывает полное насыщение сорбента. Результаты изменения pH раствора в ходе исследования представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 - Зависимость водородного показателя от времени

Данный график показывает, что в зависимости от времени, сорбент стабилизируется до pH=8 на протяжении 6 дней, но с течением времени

значение поднимается до 10 за счет гидратации минералов, входящих в цементный клинкер используемы в формовке сорбента в качестве связующего вещества [4]. По результатам полного насыщения сорбента, был проведен рентгенофлуоресцентным методом на приборе EDX-7000. В таблице 1приведены значения изменения состава сорбента до и после модельного раствора, как видно из таблицы глинистый сорбент адсорбирует ионы Cu.

Таблица 1

Химический состав сорбента до и после насыщения.

	Массовое содержание %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	SO_3	CuO
Сорбент до насыщения	73,24	5,22	9,4	0,78	3,1	7,4	0,004
Сорбент после насыщения модельным раствором Cu	65,99	6,33	8,56	0,68	2,1	10,8	4,5

Выводы

Данные исследования позволяют сделать вывод, что, сорбент на основе сапонитовой глины можно использовать в качестве сорбента для очистки воды от тяжелых металлов, что поможет решить проблему использования, образующегося сапонитового отхода, а также в качестве сорбента в очистке вод от тяжёлых металлов.

Список использованных источников

1. Сапонит из месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова / В. Н. Аполлонов, В .В. Вержак, К. В. Гаранин [и др.] . – Текст : непосредственный //Геология и разведка. -2003.- № 3. – С. 64-73.

2. Алексеев, А. И. Усовершенствование технологии обогащения сапонитовой руды в процессе добычи алмазов / А. И. Алексеев, О. С. Зубкова, А. С. Полянский. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. - 2020. - Т. 205, №1. - С 70.

3. (2020) Сорбция координационных соединений редкоземельных элементов. Записки Горного института / О. В. Черемисина, Е. А. Черемисина, М. А. Пономарева, А. Т. Федоров. - Том 244. С. 474-481. DOI: 10.31897/pmi.2020.4.10. – Текст : непосредственный.

4. Облицов А. Ю. Утилизация отходов обогащения алмазоносной руды месторождения имени М. В. Ломоносова : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.36 / Облицов Антон Юрьевич ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования национальный минерально-сырьевой университет «Горный». — Санкт-Петербург, 2012. — 162 с. – Текст : непосредственный.

УДК 622.691.24:546.11

ПОДЗЕМНОЕ ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА

Ибрагимова А. Т.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Водород - важнейший компонент устойчивого энергобаланса будущего на нашей планете. Для экологической эффективности энергетической системы и промышленности необходима активная водородная экономика, основой для которой служит «зеленый» водород.

Водород или водородные энергоносители производятся в ГВт из различных возобновляемых источников энергии. Поскольку поставки и закупки водорода не всегда соотносятся со спросом, существует потребность в крупномасштабных подземных хранилищах такого компонента как энергоносителя.

В настоящее время всё большее распространение получает решение крупномасштабного хранения водорода в соляных кавернах [1-2]. По аналогии с хранением природного газа (ПХГ – подземное хранение газа), такие каверны схожи в проектировании, строительстве и эксплуатации. Отличием являются некоторые виды оборудования для обустройства скважин и транспортной инфраструктуры.

С технической и экономической точки зрения хранение водорода в соляных кавернах является наиболее перспективным решением, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Буферный водород для балансировки производства и использования в масштабе ГВт требует нагнетания и экстракции большого количества водорода в течение короткого периода времени. Развитие соляных каверн необходимо, поскольку они особенно подходят для быстрой поставки водорода.

Такие зарубежные газотранспортные компании как Gasunie EnergyStock и New Energy (Нидерланды), реализуя преобразование солнечной электроэнергии в водород при помощи 5000 солнечных панелей [3], демонстрируют в исполнении проект под названием HyStock в подземном хранилище газа Zuidwending (провинция Гронинген, Нидерланды), схематичное изображение которого приведено на рисунке 1.

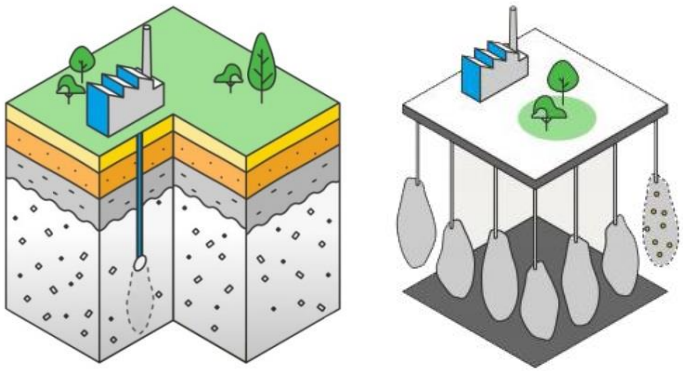


Рисунок 1 – Схематичное отображение соляных каверн [4]

В основе проекта используется технология Power-to-Gas (P2G или «энергия-газ»), позволяющая хранить и транспортировать энергию электричества в виде сжатого газа. В большинстве систем P2G используется непосредственно водород или водород, производимый электролизом.

Gasunie отвечает за национальную транспортировку и хранение природного газа в Нидерландах и северной Германии за счет газотранспортной сети общей протяженностью более 12 тыс километров [2]. Кроме того, Gasunie работает над энергетической системой будущего с проектами в области водорода, «зеленого» газа, транспортировки и хранения CO_2 [4].

В газовом буфере Zuidwending есть десять мест для соляных каверн. Шесть из них уже используются для хранения природного газа [4]. В сентябре 2021 года Gasunie успешно закачала и водород в недра хранилища [2]. Этот результат знаменует собой еще один важный шаг в развитии водорода как части структуры энергетики будущего.

В исследовании технического потенциала соляных каверн для хранения водорода в Европе, самый большой потенциал имеет Германия, что составляет 41% от общего объема. Далее следуют Нидерланды и Великобритания с 10,4% и 9,0% соответственно [1].

В результате Нидерланды являются одной из немногих стран в Европе, где есть соляные каверны с большой емкостью для хранения. Более того, хранение водорода в соляных кавернах уже безопасно используется в других странах, таких как США и Великобритания [4].

В каждой соляной каверне будет место как минимум для 6000 тонн водорода (200 ГВт) [4]. Это запас энергии, который может зарядить около 3 миллионов автомобилей Tesla.

Соединение соляных каверн с трубопроводом, по которому осуществляется поставка H_2 располагают на глубине 1200 м (рисунок 2). Центральная наземная установка контролирует давление, производство и закачку во все водородные каверны. Так, подземное хранилище водорода превращается в огромную подземную батарею, способную хранить энергию в течение длительного времени.

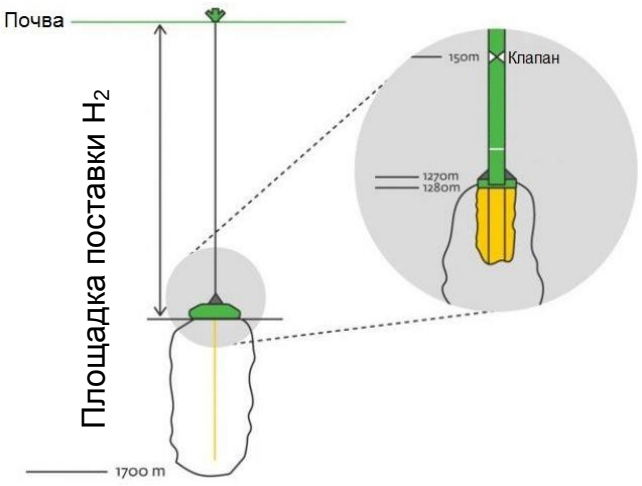


Рисунок 2 - Упрощенное представление каверны [4]

В испытательной каверне A8 проекта HyStock исследуется сохранение качества H_2, его влияние на технологическое оборудование, используемые материалы, цемент и т.д. Изучаются различия требований компонента в других методах работы или отличном оборудовании по сравнению с природным газом. Важным критерием является герметичность запорных систем под давлением, так как H_2 - самый маленький из известных элементов на Земле и молекулам нужно очень мало места для проникновения.

В следующем году ожидается окончательное решение о внедрении крупномасштабного хранилища водорода в соляных пещерах на участке Zuidwending в соответствии с проектом HyStock [5]. Gasunie продолжит строительство хранилищ в соляных пещерах, первая из которых может быть полностью введена в эксплуатацию к 2026 году с потенциалом роста до четырех пещер для хранения к 2030 году. Это создаст объем хранилища от 3 до 4 ГВт H_2 из экологически чистой электроэнергии [2].

Однако рассмотренный проект требует предварительных инвестиций и определенных затрат. Инфраструктура должна быть готова к подводу и отводу четырех соляных каверн.

Можно отметить, что современные планы энергетической трансформации, бурное развитие ветряной и солнечной энергетики в Нидерландах создают предпосылки и одновременно большие перспективы для развития водородных накопителей энергии.

В будущем водород станет важным чистым топливом в устойчивом энергоснабжении, поскольку его можно будет использовать для мобильности и транспорта, а также для промышленных применений и электроснабжения. Проект HyStock представляет интерес в реализации внедрения крупномасштабного хранилища H_2 и развития водородной экономики.

Список использованных источников

1.Caglayan D. G. Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe / D. G. Caglayan, N. Weber, H.U. Heinrichs. – Direct text // International Journal of Hydrogen Energy. – 2020.

2. Nederlandse Gasunie : Газотранспортная компания : сайт. – URL : https://www.gasunie.nl/en (дата обращения: 02.10.2021). – Текст : электронный.

3. Barrett S. Gasunie plans first 1 MW P2G hydrogen plant in Netherlands / S. Barrett. - Direct text // Fuel Cells Bulletin. – 2017. - № 8. - P. 14.

4. HyStock : проект крупномасштабного подземного хранилища водорода : сайт. – URL : https://www.hystock.nl/over-hystock (дата обращения: 02.10.2021). – Текст : электронный.

5. Zuidwending : хранилище газа: сайт. – URL : https://www.agbzw.nl/ (дата обращения: 02.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Савченков А. Л. кандидат технических наук, доцент

УДК 544.478

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТООКИСЛЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФЕНОЛ-ФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМЕСИ

Иванцова Н. А.[1] к.х.н., доцент кафедры промышленной экологии, ivantsova.natalya@gmail.com.
Чурина А. А.[2] бакалавр факультета биотехнологии и промышленной экологии, linachurina@yandex.ru.
1,2 Москва, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева.

Аннотация. В статье рассмотрены методы фотохимической деструкции водных растворов фенола и формальдегида. Изучено влияние фотоокисления на фенол-формальдегидную смесь. Результаты показали, что данная система обладает высокой эффективностью, что позволяет использовать её для очистки воды от трудноокисляемых органических соединений, таких как фенол и формальдегид.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, окисление, формальдегид, фенол.

Применение традиционных методов очистки сточных вод для очистки воды от органических соединений, к сожалению, не эффективны, так как большая их часть обладает высокой устойчивостью к окислению. В то же время, органические вещества играют особую роль в антропогенных воздействиях на окружающую среду, что делает их деструкцию достаточно актуальной проблемой.

В качестве объекта исследования была выбрана смесь двух органических веществ в эквимолярных концентрациях: фенола и формальдегида, которые являются исходным сырьем для производства фенолформальдегидной смолы соответственно. Фенолформальдегидные смолы используют в качестве связующих и клеев в производстве композиционных материалов на основе древесины и бумаги, тканей, в производстве защитных и специальных покрытий, лаков, эмалей, заливочных и пропиточных составов, наполнителей для полимерных материалов. Среди их достоинств можно выделить низкую стоимость, доступность исходного сырья, простоту технологических процессов синтеза, возможность сочетания в исходном состоянии практически со всеми материалами. Недостатками фенолформальдегидных смол являются токсичность их основных компонентов и большое количество вредных отходов производства. органических соединений. Формальдегид классифицируется МАИР [1] как канцерогенный для человека (группа 1), обладает токсическим действием и интенсивно поглощают растворенный в воде кислород, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности организмов водоемов[2].

В качестве объектов исследования были выбраны модельные водные растворы фенола, формальдегида и фенол-формальдегидной смеси (ФФС). В растворе ФФС концентрация по фенолу составляла 3,95 мг/л и 0,69 мг/л по формальдегиду. Фотоокисление исследуемых водных растворов проводили при введении микродобавок серной кислоты (1:1) при pH=3,5-4. Остаточная концентрация компонентов смеси определялась фотоколориметрическим методом с применением 4-аминоантипирина [3], формальдегида - ацетилацетона.

Исследования по окислительной деструкции фенола, формальдегида и ФФС проводили на лабораторной установке в статических условиях, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

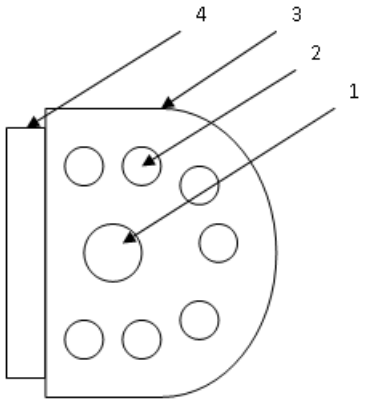


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки (вид сверху): 1-УФ-лампа; 2-кварцевая пробирка; 3-металлический корпус; 4-блок питания

В качестве источника УФ использовали ртутно-кварцевую лампу низкого давления типа ДРБ-8 (D 16 мм, L 300 мм; λ = 254 нм). Облучаемые растворы в установке помещали в кварцевые пробирки объемом 60 мл каждая, расположенных на расстоянии 40 мм от оси лампы. Время контакта с зоной облучения (t, мин) варьировали в диапазоне от 0-90 мин.

Таблица 1

Концентрации (мг/л) соединений в растворе ФФС до и после фотоокисления

Метод фотоокисления		**Определяемое соединение, мг/л**	
		Фенол	Формальдегид
Исходный раствор		3,95	0,69
После УФ/H_2SO_4	15 минут	2,91	0,68
	30 минут	1,64	0,61
	60 минут	0,89	0,58
	90 минут	0,45	0,57

Экспериментально установлено, что концентрации веществ в смеси снижается, особенно концентрация фенола. Незначительное снижение концентрации формальдегида может быть связано с тем, что гидроксигруппа у фенола окисляется до альдегидной, которая в свою очередь вступает во взаимодействие с ацетилацетоном при методике определения количества формальдегида.

Для проверки этой гипотезы повели эксперимент по фотоокислению модельного раствора фенола с концентрацией 5 мг/л в течение 15 минут, а после провели анализ на наличие формальдегида. Его концентрация составила 0,1 мг/л, что подтверждает наши предположения.

По результатам лабораторных исследований можно сделать вывод, что фотоокисление можно применять в качестве доочистки (при низких концентрациях фенола и формальдегида в смеси) химически загрязненных сточных вод с последующей биоочисткой.

Список использованных источников

1. International Agency for Research on Cancer (IARC) Formaldehyde, 2-butaoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. – Direct text // IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum, 88 2006. –PP. 39-325.

2. Коваль К. А. Школа-конф. молодых ученых «Фундаментальные науки – специалисту нового века» / К. А. Коваль, Е. Н. Кузин (Иваново 20 – 24 апреля 2020). ИГХТУ, Иваново, 2020. С. 246. – Текст : непосредственный.

3. Лурье. Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. - Химия, Москва, 1984. 448 с. – Текст : непосредственный.

УДК 502.3:[622.691.4+628.52]

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ АВАРИЙ НА ГАЗОПРОВОДАХ

Игуминова В. А.,
Омский государственный технический университет, г. Омск

В современных условиях развития топливно-энергетического комплекса, важной составляющей которой является природный газ, наблюдается рост объемов газопереработки, сопровождающийся увеличением спроса на продукты переработки природного газа [1].

Газопровод – это инженерно-технический комплекс сооружений, предназначенный для транспортирования газа [2]. При этом современные системы трубопроводных коммуникаций являются весьма сложными объ-

ектами, поскольку имеют широкий перечень критериев по виду используемого материала, по виду транспортируемой среды и по способу монтажа.

При проведении предполагаемых работ по реконструкции на газопроводах необходимо использование огромного количества различного сырья, материалов, энергетических ресурсов, строительной техники, что в свою очередь оказывает негативное воздействие на окружающую среду (ОС).

Актуальность данной темы обосновывается тем, что использование мобильной компрессорной станции при плановых строительно-монтажных работах на линейных участках газопровода позволит не только снизить ущерб, оказываемый окружающей среде, но и сократить экономические потери производства от стравливаемого газа.

Следует отметить, что причинами реконструкции трубопровода могут служить различные факторы, к числу которых относят коррозию материала, повреждения при эксплуатации, строительные дефекты, заводской брак труб, стихийные бедствия и т. д.

При реконструкции участка трубопровода на атмосферный воздух оказывают воздействие выбросы загрязняющих веществ от строительной техники, но главную угрозу представляют выбросы газа, преимущественно метана (более 90%), находящегося непосредственно в газопроводе, который необходимо стравливать в атмосферу. Ввиду того, что реконструируемые участки трубопроводного транспорта могут достигать десятка километров, объем стравливаемого метана, являющегося опасным парниковым газом, который приводит к климатическим изменениям, неуклонно увеличивается. [3].

Не смотря на то, что природный газ считается самым дешевым и экологичным видом топлива, входящие в его состав токсичные вещества создают взрывоопасную смесь, которая находится под высоким давлением, вызывая риск возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций. Следует отметить, что Метан (CH_4) – бесцветный газ, не имеющий запаха, является взрыво- и пожароопасным. Небезопасная для здоровья человека концентрация метана – от 10 % и более, поскольку из-за нехватки кислорода может наступить асфиксия [4].

Согласно «Инструкции по расчету и нормированию выбросов АГНКС» [5], объем газа V ($м^3$), выбрасываемого в атмосферу за 4 часа при опорожнении газопровода длиной 4000 м, будет равен 252918,07 $м^3$. Учитывая, что стоимость природного газа за 1000 $м^3$ равна 4150 рублей, экономический ущерб предприятия составит 997 129,3 рубля. Отсюда следует, что сохранение объема природного газа при опорожнении газопровода во время его реконструкции является главной задачей предприятия.

В качестве решения вышеописанной проблемы необходимо использовать мобильную компрессорную станцию (МКС), благодаря которой природный газ из демонтируемого участка трубопровода перекачивается за отключающий линейный кран по ходу газа (или в проходящий парал-

лельно газопровод), что позволит минимизировать объемы газа при стравливании до минимума (рисунок 1).



Рисунок 1 - Мобильная компрессорная установка P-PACK 750

Эта технология, в большинстве своем, рассчитана на эксплуатирование в период производства плановых ремонтных работ, в отличие от аварийных ситуаций, когда время опорожнения газопровода должно быть сведено к минимуму, что возможно исключительно при стравливании газа в атмосферу.

Для присоединения необходимо предусмотреть врезку двух тройников с фланцами (в перемычке между кранами обвязки) и дополнительного запорного устройства (между тройниками). Подключение установки для перекачивания в параллельный газопровод может быть выполнено с помощью такой же врезки в перемычку между газопроводами. Подсоединение к тройникам входного и нагнетающего патрубков перекачивающей установки выполняется на фланцах.

Основными достоинствами передвижной компрессорной станции являются:

- мобильность;
- возможность работы в широком диапазоне давлений всасывания и нагнетания, и, как следствие, снижении времени перекачки;
- использование для продувки газопровода;
- простота реализации технологии [6].

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. В ходе проведения строительно-монтажных работ на системах трубопроводного транспорта происходит интенсивное загрязнение атмосферы за счет опорожнения газопровода через стравливаемые свечи. Огромное количество газ, выбрасываемое в воздушный бассейн способно оказывать воздействие не только на живые организмы и на климат, но и привести к серьезным экономическим убыткам компании.

2. Использование передвижной компрессорной установки при предполагаемом ремонте газопроводов позволит решить множество проблем, к числу которых относится минимизация негативного

воздействия, оказываемого на атмосферный воздух и сохранение огромных объемов ценного природного ресурса.

Список использованных источников

1. Министерство энергетики Российской Федерации: Добыча природного и попутного нефтяного газа. – URL : https://minenergo.gov.ru/node/1215 (дата обращения 15.10.2021).

2. Коршак А. А. Основы нефтегазового дела: учебник для вузов / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. – 3-е изд., испр.и доп. – Уфа.; Изд-во: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. – 528 с.: ил. – Текст : непосредственный.

3. Газоперерабатывающая отрасль России, анализ и перспективы ее развития / Г. И. Рожнятовский, С. И. Нуржиц, И. М. Ванчугов [и др.] . – Текст : непосредственный // Научно-технический журнал НефтеГазоХимия. – 2020. – № 2. – С. 47-54.

4. Тихомиров Е. А. Политические аспекты парникового эффекта / Е. А. Тихомиров. – Изд-во: ЛитРес Самиздат. – 2019. – 100 с.: ил. – Текст : непосредственный.

5. Инструкции по расчету и нормированию выбросов АГНСК «СТО Газпром 2-1.19-059-2006». Инструкция / Открытое акционерное общество «Промгаз». – М, ОАО «Газпром», 2006. – 60 с. – Текст : непосредственный.

6. Применение МКС для перекачивания природного газа из участка магистрального газопровода, выводимого в ремонт. ООО «Газпром трансгаз Томск» / Цаплин П. А. − Томск, 2011 г.−11с. – Текст : непосредственный.

УДК 628.477.7

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Игуминова В. А.,
Омский государственный технический университет, г. Омск

На сегодняшний день в каждом регионе России располагается достаточно большой энергетический комплекс, главным топливом которого является уголь [1]. Золошлаковые отходы (ЗШО) - вид отхода, который образуется при сжигания угля, имеющего большую зольность, в котле на тепловых электростанциях (ТЭЦ).

ЗШО классифицируется в зависимости от вида сжигаемого угля, метода сжигания, рабочей температуры факела, способов удаления, сбора и накопления золы на тепловых электростанциях.

Таким образом, выделяют:

• Золу–уноса - сухое золоудалении с осаждением частиц золы в циклонах и электрофильтрах и накоплением в силосах.

• Топливные шлаки - полное плавлении минеральной части топлива, осаждении расплава в нижней части топки котла и грануляции расплава водой аналогично придоменной грануляции доменных шлаков.

• Золошлаковая смесь - совместное мокром удалении уловленной обеспыливающими устройствами золы–уноса и топливных шлаков, образующихся в котле. Золошлаковая смесь в виде пульпы направляется в золоотвал [2].

Ввиду того, что ежегодно на территории Российской Федерации образуется более 1,8 млрд. тонн вышеупомянутого отхода, из которого лишь малая часть (менее 5%) подлежит утилизации, возникает необходимость в рассмотрении рациональных методов ликвидации золы.

Следует отметить, что скапливающиеся на полигонах объемы ЗШО негативно сказываются на состоянии окружающей среды и на здоровье населения. Так, помимо образующихся пылений и выделяющихся в атмосферу поллютантов, представленных оксидами азота, серы и углерода, полигоны накопления отхода – золоотвалы - занимают весьма внушительные площади [3].

В настоящее время можно выделить два метода переработки золошлаковых отходов:

- извлечение ценных металлов;

- вторичная переработка с целью дальнейшего использования материала в качестве вторсырья.

С эколого-экономической точки зрения первый из предложенных направлений признан нерациональным, поскольку выделение ценных компонентов в ЗШО является весьма затратным методом, неспособным решить вопрос сокращения территорий полигонов размещения золы [4].

Говоря об отраслях использования золошлаковых отходов в качестве вторичного сырья можно выделить несколько категорий, представленных на рисунке 1 [5].



Рисунок 1 – Возможности использования переработанных золошлаковых отходов

Рассмотрев компонентный состав ЗШО, представленный в таблице 1, можно говорить о многообразии в структуре отхода химических элементов, которые в свою очередь определяют дальнейшую отрасль использования переработанной золы [6].

Таблица 1

Химический состав ЗШО

Усредненный компонентный состав золы*								
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_2	K_2O	Na_2O	п.п.п.
20-61	7-32	5-13	8-42	0,8-5,5	0,3-7,2	0,1-4	0,1-2	0,2-7
*Примечание: состав будет напрямую зависеть от месторождения угля, сжигаемого на ТЭЦ								

С точки зрения ресурсосбережения, наиболее подходящим дальнейшим использованием холоотхода является строительная индустрия, а именно: золошлаковые смеси (ЗШС) и золы-уноса могут служить сырьем для изготовления шлакоблоков, цементов, бесклинкерных вяжущих бетонов (тяжелых, легких, ячеистых), пористых силикатных заполнителей и т. д.

Стоит уточнить, что использование отхода при производстве земляного полотна автомобильных дорог не имеет популярности на территории страны ввиду численного превосходства заводов и установок, подготавливаемых золу для стройматериалов.

Немаловажно, что для реализации ЗШО и ЗШС в производстве строительных материалов, химический состав должен строго соответствовать ГОСТам, регламентируемым направление ресурсоиспользования.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. Ввиду постоянно растущего темпа работы ТЭЦ возникает серьезная экологическая проблема образования золошлаковых отходов, отрицательно сказывающихся на экосистеме в целом.

2. Зола является ценным сырьем для ее вторичного использования из-за своего разнообразного компонентного состава. Наиболее рациональным будет переработка отхода при дальнейшем производстве строительных материалов, однако для этого необходимо проводить ряд лабораторных исследований с целью выявления соответствий качества сырья с регламентами.

Список использованных источников

1. Каленская Е. В. Экологические аспекты функционирования российского энергетического комплекса/ Е. В. Каленская. – Текст : непосредственный // Отходы и ресурсы. - 2016. - Т. 3, № 4. - С. 9.

2. Ватин, Н. И. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Н. И. Ватин, Д. В. Петросов // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С. 16–21. – Текст : непосредственный.

3. Фоменко Н. А. Применение окисленных бурых углей для повышения экологической безопасности утилизации золошлаковых отходов : дис, … канд. тех. наук : 25.00.36 / Наталья Александровна Фоменко; Нац. исслед. тех. ун-т. – Москва, 2019. – 110 с. – Текст : непосредственный.

4. Салихов В. А. Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золошлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области) / В. А. Салихов. - Новосибирск : Наука, 2013. – 224 с. – Текст : непосредственный.

5. Смоленский, О. В. Использование зол-уноса ТЭЦ в производстве строительных материалов и строительстве / О. В. Смоленский // Технологии бетонов. – № 2. – 2012. – С. 10–11. – Текст : непосредственный.

6. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций / НИИЖБ. – Москва: Строй-издат, 1986. – 80 с. – Текст : непосредственный.

УДК 544.526.2:628.316.12

ФОТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ РЕЗОРЦИНА

Каратаева П. Р., Иванцова Н. А.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Распространение органических соединений, в частности, фенолов в окружающей среде является крайне серьезной проблемой последних десятилетий. Фенольные соединения имеют тенденцию сохраняться в окружающей среде в течение длительного периода времени, накапливаться и оказывать токсическое воздействие на людей и животных. Появление фенольных соединений в природных водах является следствием антропогенной деятельности, а также образованием в природных условиях (разложение мертвых растений и животных, а также синтез микроорганизмами и растениями в водной среде). Антропогенным источником загрязнения воды фенольными соединениями является промышленная, бытовая, сельскохозяйственная и другие виды деятельности [1]. Среди многих методов очистки, доступных для обработки токсичных и устойчивых к биодеградации органических загрязняющих веществ, весьма перспективным методом является усовершенствованные окислительные процессы (Advanced Oxidation Processes – AOPs), разрушение соединений происходит за счет образующихся гидроксильных радикалов (OH·) [2].

В качестве объекта исследования был выбран модельный раствор резорцина с концентрацией от 1 до 10 мг/л. Для количественного определения содержания его в пробе использовали фотометрический метод с образованием окрашенного соединения с 4-аминоантипирином в присутствии персульфата аммония при pH = 10,0 ± 0,2 [3]. Концентрация пероксида водорода варьировалась в диапазоне от 0,0012 до 0,012 моль/л. Время (τ, с) УФ-излучения – от 47 до 118 с.

Исследования по окислительной деструкции резорцина проводили на УФ-излучателе проточного типа с горизонтальным змеевиковым реактором, представленным на рисунке 1.

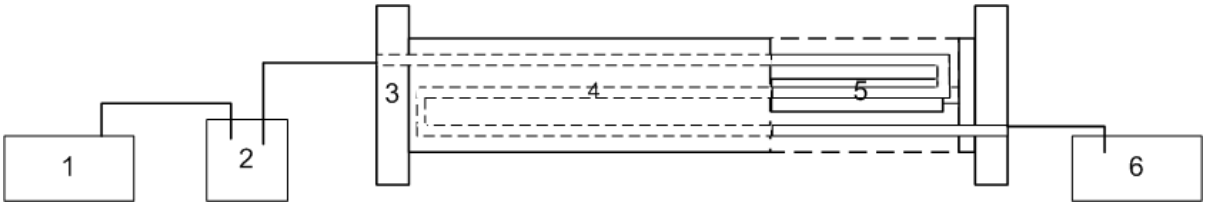


Рисунок 1- Схема установки со змеевиковым горизонтальным реактором:
1 - исходная емкость, 2 - насос, 3 - корпус, 4 - кварцевый змеевик,
5 -эксимерная лампа ДРБ-8, 6 – приемник

Согласно полученным результатам (рис. 2), степень окислительной деструкции резорцина экспоненциально снижается с увеличением исходной концентрации его в растворе.

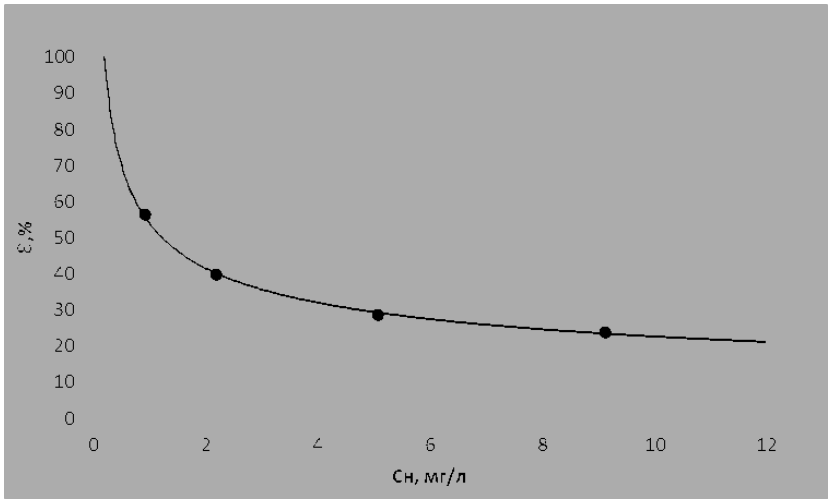


Рисунок 2 - Зависимость эффективности окислительной деструкции резорцина от его начальной концентрации (τ = 118 с)

Экспериментально доказано (рис. 3), что увеличение времени контакта водного раствора резорцина с зоной облучения оказывает суще-

ственное влияние на степень окислительной деструкции. Увеличение времени воздействия УФ-излучения с 48 до 118 с экспоненциально повышает эффективность с 10 до 57 %.

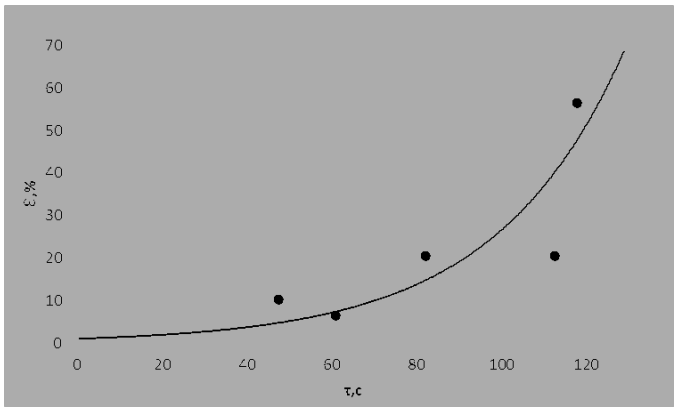


Рисунок 3 - Зависимость эффективности окислительной деструкции резорцина от времени воздействия УФ-излучения ($С_н$ = 2 мг/л)

Исходя из полученных данных степень деструкции резорцина возрастает при увеличении концентрации пероксида водорода (рис. 4). Концентрация пероксида водорода равная 0,012 моль/л (в 10 раз больше от стехиометрического расчета) позволяет увеличить степень деструкции до 99,4 %. Результат объясняется увеличением количества активных гидроксильных (ОН·) и гидропероксильных радикалов (ООН·) в водном растворе [4, 5].

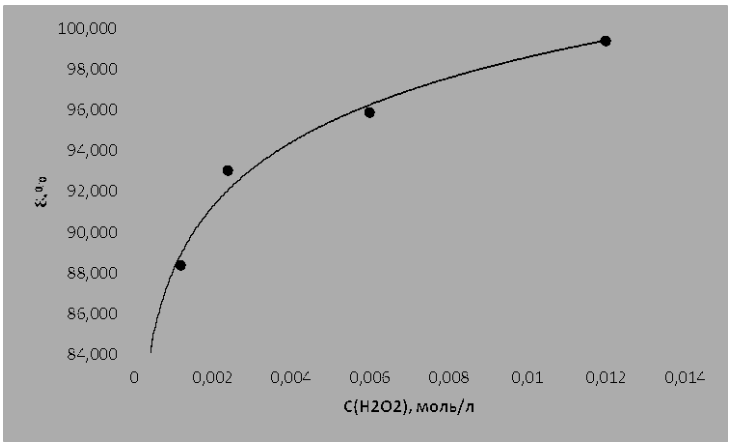


Рисунок 4 - Зависимость эффективности окислительной деструкции резорцина от концентрации пероксида водорода ($С_н$ = 10 мг/л, τ = 118 с)

На основе полученных результатов делаем вывод, что существует экспоненциальная зависимость между эффективностью окислительной деструкции и исходной концентрацией резорцина в водном растворе, а также временем воздействия УФ-излучения. Только УФ-воздействие при макси-

мальном времени контакта (118 с) с зоной облучения позволяет достичь 57 % эффективности очистки, в то время как, при комбинации УФ-излучения и пероксида водорода степень окислительной деструкции резорцина возросла до 99,4%.

Список использованных источников

1. Anku W.W. Phenolic Compounds in Water: Sources, Reactivity, Toxicity and Treatment Methods / W.W. Anku, M. Mamo, P. Govender. – UK : INTECH, 2017. – 443 p. – Direct text.

2. Mao, X. Enhanced electrochemical oxidation of phenol by introducing ferric ions and UV radiation / X. Mao, L. Wei, S. Hong, H. Zhu, A. Lin, F. Gan. – Direct text // Journal of environmental sciences. – 2008. – № 20(11). – P. 1386–1391.

3. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – Москва : Химия, 1984. – 448 с. – Текст: непосредственный.

4. Haber, F. The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by iron salts / F. Haber, J. Weiss. – Direct text // Royal Society. – 1934. – № 147. – P. 332–351.

5. Gosu, V. Wet peroxidation of resorcinol catalyzed by copper impregnated granular activated carbon. / V. Gosu, A. Dhakar, P. Sikarwar, U. K. A. Kumar, V. Subbaramaiah, T. C. Zhang. – Direct text // Journal of environmental management. 2018. – № 223. – P. 825–833.

Научный руководитель: Иванцова Н. А. кандидат химических наук, доцент

УДК 66.074.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ОСУШКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

Карнаухов А. Ю.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Природный газ является важнейшим сырьем газовой промышленности, который используется преимущественно для коммунально-бытового назначения.

Основной показатель, характеризующий качество природного топливного газа является температура точки росы по воде и углеводородам, которая показывает максимальную температуру газа, при которой выделяется жидкая фаза.

Ограничение температуры точки росы необходимо из соображений безопасности, потому как содержащаяся в газе влага способна образовы-

вать с легкими углеводородами кристаллические вещества, называемые гидратами. Образование гидратов является опасным явлением при эксплуатации газового оборудования, потому как отложение гидратов на стенках газопровода может вызывать закупоривание, что приводит к аварийным ситуациям. Поэтому ТТРв природного газа должна быть не выше -10 °С для летнего периода, а для зимнего не выше -20 °С [1].

Для предотвращения образования кристаллогидратов используют ингибиторы (метанол, гликоли), которые не дают воде образовать гидраты с углеводородами. Однако данный процесс не удаляет влагу из потока газа. Для этого используют процесс осушки, который разделяют на два метода – адсорбционный и абсорбционный.

Основной данных методов являются сорбционные процессы, где в качестве поглотителя могут выступать как жидкие вещества (гликоли), так и твердые (цеолиты, силикагели).

В последние годы промышленное значение приобретают мембранные процессы очистки и разделения газов, которые предполагают использование проницаемой мембраны.

Разделение газа с помощью мембраны происходит в результате селективного проникновения компонентов газа, обусловленного перепадом давлений на мембране. Молекулы воды быстро проникают сквозь мембрану и попадают в область низкого давления, такой поток называется пермеатом. Углеводородный газ не проникает сквозь мембрану, поэтому выходит из мембраны потоком высокого давления [2].

Использование мембранной технологии является перспективной альтернативной технологией осуши газа, которая способна конкурировать с более крупнотоннажными процессами абсорбции и адсорбции воды. Основное преимущество мембраны перед традиционными технологиями – это энергоэффективность. Помимо этого данная технология характеризуется низкими капитальными и эксплуатационными затратами [3].

Для процесса осушки углеводородного газа перспективным является применение полимерного половолоконного мембранного модуля. Распределение потоков газа внутри мембранного модуля приведено на рисунке 1.

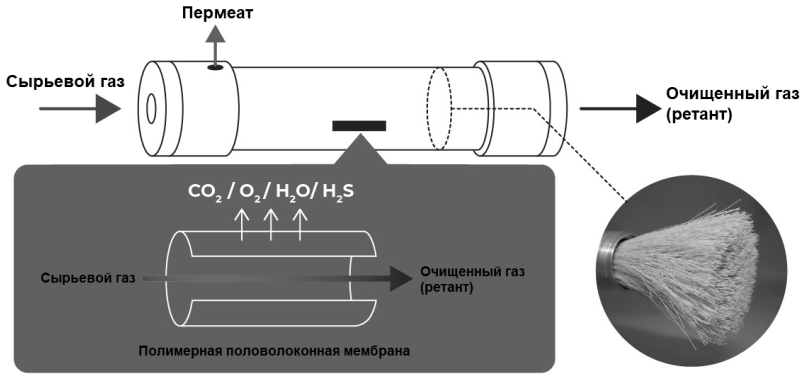


Рисунок 1 – Распределение потоков в мембранном модуле

Применение мембранного модуля для улавливания водяного пара из потока углеводородного газа является эффективным, потому как позволяет достичь температуры точки росы по воде до -40 °С, что удовлетворяет требованиям по подготовке газа [4].

Список использованных источников

1. СТО Газпром 089-2010. Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия : стандарт организации : утвержден и введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 25 октября 2010 г. № 359 : взамен ОСТ 51.40-93 : дата введения 2011-08-08 / разработан ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – Москва : ООО «Газпром экспо», 2011. IV, 12 с. – Текст : непосредственный.

2. Р. Е. Инновационная технология осушки природных и нефтяных газов / Р. Е. Шестерикова, А. А. Шестерикова. – Текст : непосредственный // Наука без границ. – 2017. – № 12 (17). – С. 50-54.

3. Ahmadi M. Subsea natural gas dehydration in a membrane contactor with turbulence promoter: An experimental and modeling study / M. Ahmadi, A. Lindbrathen, M. Hillestad, L. Deng. – Direct text // Chemical Engineering Journal. – Vol. 404. – 2021. – P. 1-18.

4. He X. Conceptual process design and simulation of membrane systems for integrated natural gas dehydration and sweetening / X. He, I. Kumakiri, M. Hillestad. – Direct text // Separation and Purification Technology. – Vol. 247. – 2020. – P. 1-8.

УДК 66.097.03

КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПРОПАНА

Карпенко Я. О.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Реакция дегидрирования основана на отщеплении водорода от органических соединений. В результате дегидрирования пропана образуется пропен или пропилен. При протекании данного химического процесса у алканов, содержащих 2–4 атома углерода в молекуле происходит разрыв С–Н связи с образованием двойной.

Для ускорения реакции дегидрирования используют платиновые, никелевые, палладиевые катализаторы, а также оксиды железа (III), хрома (III), и некоторые другие, однако промышленное получение пропилена из соответствующего алкана осложняется противоречивыми кинетическими и термодинамическими ограничениями. Основными проблемами, возника-

ющими при осуществлении данного процесса, являются невысокая селективность и активность, а также быстрое закоксовывание катализатора и потребность его частой регенерации.

Высокоэффективными катализаторами для процесса дегидрирования пропана являются модифицированные Pt-содержащие катализаторы типа MFI. Данный тип катализаторов с модулем цеолита 80-130 показывает высокую селективность, а модификаторы Zn и Cu благоприятствуют катализу. Во время дегидрирования пропана на катализаторе CuZnPt/MFI-80, достигается степень конверсии пропана 29% при селективности по пропилену 96%. Таким образом, данный вид по активности и селективности опережает традиционные промышленные катализаторы процесса дегидрирования пропана [1].

Также был синтезирован и кинетически смоделирован Pt-Sn катализатор, как эффективный и высокоселективный ускоритель для процесса получения пропилена путем дегидрирования пропана. Возможность введения цеолитподобных материалов SAPO-34 в качестве носителя для катализаторов на основе Pt-Sn обеспечивается из-за того, формирование продуктов по большей части зависит от носителя. Данный тип катализаторов представляет особый интерес в нефтехимической промышленности благодаря своей химической и термической стабильности и упорядоченным микропорам диаметром около 0,38 нм [2].

Наиболее распространенными ускорителями процесса дегидрирования пропана являются катализаторы, содержащие в своем составе платину или оксид хрома, но последние имеют высокую токсичность, что является основным недостатком данного типа катализаторов, помимо того, они быстро дезактивируются и применяются только на установках с непрерывной регенерацией. Платиновые катализаторы более стабильны, чем хромсодержащие, но все равно дезактивируются со временем, к тому же платиновые катализаторы обладают высокой стоимостью. Таким образом, появляется необходимость в создании более стабильных катализаторов. Например, катализатор, включающий модифицированный платиной и несколькими металлами-промоторами алюмосиликатный цеолит ZSM-5 с мольным соотношением SiO_2/Al_2O_3 от 50 до 130. Данный катализатор обладает высокой стабильностью и значительно упрощает выход пропилена. Селективность пропилена составляет 93-96% [3].

Перспективным направлением является окислительное дегидрирование низших парафинов, потому что данный процесс позволяет снизить термодинамические ограничения образования алкенов за счет удаления водорода. В приготовлении хромовых и галлиевых катализаторов в присутствии углекислого газа применяются пропитка силикагеля раствором $Cr(NO_3)_3$ или $Ga(NO_3)_3$ и одностадийный синтез катализаторов на основе хрома [4]. При температуре около 650°C выход по пропилену составляет около 48%. Введение кислорода в реакционную массу помогает увеличить

стабильность работы системы. Оптимальное содержание хрома составляет около 5%, но при повышении его концентрации наблюдается уменьшение стабильности и активности катализатора. При этом, введение кислорода является целесообразным только в случае, если целевыми продуктами является несколько алкенов, а не только пропилен, так как одновременно с ростом стабильности катализаторов растет и интенсивность процессов крекинга [5].

Список использованных источников

1. Исследование процесса дегидрирования пропана на модифицированных Pt-содержащих цеолитах типа MFI / А. Б. Пономарев, Е. В. Писаренко, М. В. Шостаковский, Р. А. Караулов. – Текст: непосредственный // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXII. – 2018. – № 1. – С. 7.

2. Komasi M. Kinetic modelling of propane dehydrogenation over a Pt–Sn/hierarchical SAPO-34 zeolite catalyst, including catalyst deactivation / Komasi, Fatemi, Mousavi. – Direct text // Progress in Reaction Kinetics and Mechanisms. – 2017. – №4(42). – P. 344.

3. Пат. 2751701 Российская Федерация. Катализатор дегидрирования пропана и способ получения пропилена с его использованием: опубл. 16.07.2021 / Смирнов А.В., Писаренко Е.В., Шостаковский М.В., Пономарев А.Б.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук» (ИНЭОС РАН). – Текст: непосредственный.

4. Лапидус А. Л. Дегидрирование пропана в присутствии CO2 на хром- и галлий-оксидных катализаторах. Кинетика и механизм процесса / А. Л. Лапидус. – 2010. – Текст: непосредственный.

5. Гайдай Н. А. Дегидрирование пропана в присутствии CO2 на нанесенных оксидно-хромовых катализаторах. – Текст: непосредственный / Н. А. Гайдай, К. Есмаили , А. Б. Карпов // Газохимия. – 2011. – С. 40.

Научный руководитель: Дерюгина О.П. доцент кафедры ПНГ

УДК 66

ПРОИЗВОДСТВО КАТАЛИЗАТОРОВ В РОССИИ

Катаев Д. Н.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.

Современному человеку трудно представить наш с вами мир без продуктов нефтехимии, ведь нефтехимия неразрывно связана с огромным

количеством промышленных отраслей, начиная от машиностроения, электротехники, заканчивая производством различных полимерных материалов. Нефтехимическое производство включает в себя все стадии переработки нефти, начиная с добытой нефти на промысле, заканчивая глубокой её переработкой до получения товарных продуктов. Всё это обуславливает огромное количество процессов, в которых около 80-90% важную роль имеет катализ. Удивительно, как шведский химик Берцелиус в 1855 году предложил невероятно эффективный метод осуществления в промышленности химических превращений.

Прежде чем продолжить, вспомним, что такое катализ. Катализ – это многоступенчатый химико-физический процесс селективного изменения механизма и скорости химических реакций катализатором, создающим с компонентами реакций промежуточные продукты. Чаще всего говорят о положительном катализе, в его основу входит увеличение скорости под влиянием катализатора, который в промежуточных реакциях создает более энергетически выгодный реакционный путь. Проще говоря, катализатор ускоряет химические превращения в реакции и не входит в состав конечных продуктов. Благодаря этому из одного и того же объема сырья можно извлечь куда больше продуктов и сделать это быстрее, чем это все происходило естественным путем.

Нефтехимическое производство без использование каталитических процессов в наше время попросту нерентабельно и невозможно. Это подтверждается высокой конкурентностью на мировом рынке катализаторов. Крупными игроками на этой транснациональной арене являются: “*W.R. Grace & Co., Albemarle Corporation, BASF, Axens S.A., Haldor Topsøe, Honeywell (UOP), Shell (Criterion Catalysts & Technologies), Sinopec, Johnson Matthey.*

Российский рынок нефтепереработки в настоящее время имеет характерную черту – это значительная степень зависимости от импорта зарубежных компаний, что, учитывая политическую ситуацию отношений России с Западом, приводит к напряженной обстановке в экономической безопасности, а также несоответствию национальных интересах нашей страны. Так, к примеру, в 2019 году российские НПЗ произвели закупку катализаторов на сумму 145 млн. долларов, что является просто колоссальной суммой. Все выше перечисленное подводит к высокой актуальности задачи развития отечественного рынка данной продукции.

Решением этой задачи занимаются крупнейшие нефтеперерабатывающие компании. Так, например, «Газпром-нефть» строит в Омске масштабное производство полного цикла выпуска катализаторов около 21 тыс. т. катализаторов ежегодно, что должно удовлетворить запросы всех российских НПЗ. Не даром данному проекту в 2015 году присвоили статус «национальный».

Основной этап строительства по подсчётам должен быть закончен до конца 2021 года. В этом помогают столичный МГУ, некоторые НИИ, в их числе Омский Центр новых химических технологий ИК, Институт катализа имени Г.К. Борескова в Новосибирске. На данный момент получено не менее 48 патентов на разработки.

Также одним из вариантов решения стала собственная разработка катализаторов. Об этом заявила компания Роснефть представив производство катализатора гидроочистки «РН-Кат» специализированного предприятия компании. Данный катализатор направлен на переход нефтеперерабатывающих заводов компании на использование высокоэффективных катализаторов собственного производства, что позволяет уменьшить либо полностью избежать зависимости от зарубежных компаний. Помимо этого, данный катализатор позволяет повысить устойчивость, независимость и экономическую эффективность всей российской нефтехимической отрасли. Мощность завода «РН-Кат» составляет до 4 тыс. т. в год.

Данные инновации доказывают актуальность задачи в производстве отечественных катализаторов, которые в свою очередь смогут уменьшить затраты на закупку катализаторов за рубежом, увеличить количество рабочих мест в нефтеперерабатывающей отрасли, а также привлечь внимание инвесторов. Все это привлечет к экономическому росту и безопасности нашей страны.

Список использованных источников

1. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов. – Уфа: Гилем, 2002. – 672 с. Текст – непосредственный.

2. Роснефть: нефтяная компания: [сайт]. – URL: https://www.rosneft.ru/press/news/item/206721 (дата обращения 18.10.2021). – Текст: электронный.

3. ИХТЦ: химические технологии: [сайт]. – URL: https://ect-center.com/blog/katalizatory-v-neftepererabotke (дата обращения 18.10.2021). – Текст: электронный.

4. РБК Тренды: [сайт]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/innovation/cmrm/5f294e6b9a79473e9bbb5fef#card_5f294e6b9a79473e9bbb5fef_6 (дата обращения 18.10.2021). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Савченков А. Л., кандидат технических наук, доцент

УДК 542.942-92:546.82:544.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТА КОБАЛЬТА (II) И ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Коваль К. А.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Передовые окислительные процессы заключаются в генерации высокоактивных частиц, в том числе и гидроксильных радикалов, которые используются для деструкции органических веществ. Особое значение данные методы приобретают при разрушении трудноокисляемых веществ, когда использование традиционных реагентов малоэффективно за счёт низких скоростей реакций [1]. Самым используемым и наиболее изученным направлением AOPs является использование реактива Фентона, эффективность которого можно повысить различными методами, в том числе сочетанием с УФ-излучением. При этом фотохимические AOPs как правило более эффективны, чем химические AOPs [2].

Кроме железа разлагать пероксид водорода на гидроксильные радикалы способны многие элементы, существующие в нескольких степенях окисления (хром, медь, марганец и другие), по подобным фентоновскому механизмам с учётом специфики каждого отдельного катализатора [3].

В данной работе в качестве катализатора был выбран сульфат кобальта (II). Исследования фотокаталитической активности проводились на примере водного раствора фенола, подкисленного серной кислотой, с использованием ртутно-кварцевой лампы низкого давления ДРБ-8 мощностью 8 Вт, заключённой внутри витков кварцевого змеевикового фотореактора. Световая мощность лампы ДРБ-8, соответствующая резонансной линии 254 нм, составляет 2.5 Вт. Диаметр витка фотореактора равен 45 мм, внутренний диаметр кварцевой трубки – 5 мм [4].

Начальная концентрация фенола составила 10 мг/л, пероксида водорода – 50,7 мг/л. Остаточное количество фенола определялось фотоколориметрическим методом с применением 4-аминоантипирина [5]. Сульфат кобальта (II) в качестве катализатора использовался с концентрацией равной 16,5 мг/л на безводный сульфат.

Полученные результаты по УФ/H_2O_2-деструкции фенола представлены на рисунке 1.

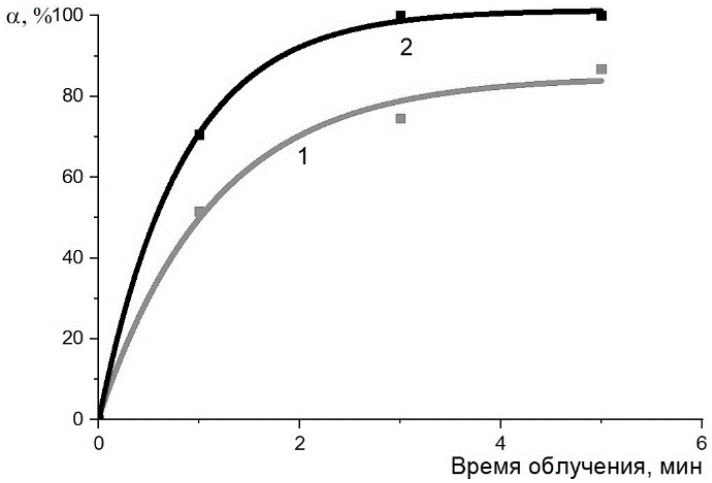


Рисунок 1 – Степень деструкции фенола под действием УФ-излучения в системах: 1 – УФ/H_2O_2; 2 – УФ/H_2O_2/Co^{2+}

Согласно полученным экспериментальным данным кобальт (II) также проявляет каталитическую активность несмотря на высокий окислительно-восстановительный потенциал кобальта (III) ($E(Co^{3+}/Co^{2+})$ = +1,84 – +1,92 В [6]). Таким образом, можно предположить взаимодействие кобальта (II) с пероксидом водорода [7, 8]:

$$Co^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Co^{3+} + OH^- + HO\square \quad (1)$$

Стоит отметить, что, исходя из полученных зависимостей, данная реакция не наблюдается до УФ-воздействия. Также не стоит исключать того, что образующийся кобальт (III) может выступать в качестве прямого окислителя [9]. В данном случае в качестве окислителя фенола и/или пероксида водорода, что влияет на суммарную эффективность процесса. При взаимодействии с пероксидом водорода имеют места быть последующие окислительные реакции, в том числе радикального механизма, которые могут привести к повышению степени деструкции органических веществ.

Список использованных источников

1. Mota, A. L. N. Advanced oxidation processes and their application in the petroleum industry: a review /A. L. N. Mota, L. F. Albuquerque, L. C. Beltrame, O. Chiavone-Filho, Jr A. Machulek, C. A. O. Nascimento. – Direct text. // Brazilian journal of petroleum and gas. – 2009. – V. 2, №. 3. – P. 122-142.

2. Oturan, M. A. Advanced oxidation processes in water/wastewater treatment: principles and applications. A review / M. A. Oturan, J. J. Aaron. –

Direct text // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2014. – V. 44, №. 23. – P. 2577-2641.

3. Bokare, A. D. Review of iron-free Fenton-like systems for activating H_2O_2 in advanced oxidation processes / A. D. Bokare, W. Choi. – Direct text // Journal of hazardous materials. – 2014. – №. 275. – P. 121-135.

4. Иванцова, Н. А. Окислительная деструкция фенола в водной среде при совместном воздействии ультрафиолетового излучения и пероксида водорода / Н. А. Иванцова, Д. А. Паничева, О. Ю. Кузнецов. – Текст: непосредственный // Химия высоких энергий. – 2020. – Т. 54, №. 1. – С. 13-18.

5. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье – Москва: Химия, 1984. – 448 с. – Текст: непосредственный.

6. Yazici, E. Y. Recovery of cobalt from sulphate solutions by precipitation via persulphate oxidation / E. Y. Yazici, P. Altınkaya, O. Celep, H. Deveci. – Direct text // 15th International Mineral Processing Symposium, Istanbul-Turkey, October 19-21, 2016. – P. 774-782.

7. Kuo, C. Y. Effects of oxidant concentration and temperature on decolorization of azo dye: comparisons of UV/Fenton and UV/Fenton-like systems / C. Y. Kuo, C. Y. Pai, C. H. Wu, M. Y. Jian. – Direct text // Water science and technology. – 2012. – V. 65, №. 11. – P. 1970-1974.

8. Ling, S. K. Oxidative degradation of dyes in water using Co^{2+}/H_2O_2 and Co^{2+}/peroxymonosulfate / S. K. Ling, S. Wang, Y. Peng. – Direct text // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – V. 178, №. 1-3. – P. 385-389.

9. Anipsitakis, G. P. Radical generation by the interaction of transition metals with common oxidants / G. P. Anipsitakis, D. D. Dionysiou. – Direct text // Environmental science & technology. – 2004. – V. 38, №. 13. – P. 3705-3712.

Научный руководитель: Иванцова Н. А., канд. хим. наук, доц.

УДК 546.02

ПОЛОЖЕНИЕ ДОПАНТА В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ МАТРИЦЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПАРАМЕТР, ОТВЕЧАЮЩИЙ ЗА ТУШЕНИЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НА ПРИМЕРЕ Eu- SnO_2 и Eu- γ-AlOOH

Колоколов Д. С., Маркарян А. А., Вознесенский М. А.
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

В последние десятилетия разработке фотолюминесцентных материалов с регулируемыми характеристиками уделяется пристальное внимание ученых. Перспективными областями применения фотолюминесцентных меток являются химические сенсоры, различные визулизационные техники

в биологии и медицине (включая биоимаджинг и интравенозную контрастную ангиографию), люминесцентное выделение области поражения при хирургическом удалении раковых опухолей, а также маркировка потребительских товаров.

Для обеспечения нетоксичности, термической и биологической устойчивости и отличной от биологических объектов области эмиссии фотолюминесценции предложено использовать широкозонные полупроводники, допированные редкоземельными элементами (РЗЭ). При этом остается открытым вопрос о том, как можно достичь максимальной интенсивности люминесценции и обеспечить высокие квантовые выходы.

Проведенный нами обзор литературы и предварительные эксперименты позволили выдвинуть гипотезу о том, что при допировании оксидных материалов основное влияние на интенсивность люминесценции оказывает положение допанта в кристаллической структуре, а квантовые выходы определяются её упорядоченностью. Данная работа направлена на проверку указанной гипотезы и основана на предложенном нами делении оксидных матриц для введения РЗЭ на 2 типа – «мягкие» и «жесткие». В нашем представлении «мягкая» матрица обладает толерантной к замещению кристаллической структурой, что приводит к возможности вводить высокие концентрации допанта, с одной стороны, но при этом демонстрирует невысокие квантовые выходы из-за низкой кристалличности, связанной как с плотностью упаковки структурных единиц, так и с особенностями получения наночастиц. «Жесткая» матрица имеет высокую кристалличность, но демонстрирует низкую толерантность к замещению из-за высокой плотности упаковки структурных единиц. В данной работе в качестве «мягкой» матрицы использовали диоксид олова SnO_2 (полупроводник, ширина запрещенной зоны 3,6 эВ), а в качестве «жесткой» – бёмит γ-AlOOH (диэлектрик, ширина запрещенной зоны 4,5 эВ).

Также в данной работы было проверено предположение о том, что изменение формы частиц может быть использовано для регулирования положения допанта в кристаллической структуре матрицы. В качестве допанта использовали европий, который широко распространен для подобного рода исследований. В случае SnO_2 были получены сферические (размер менее 5 нм, метод осаждения) и кубические (размер менее 10 нм, осаждение с последующей гидротермальной обработкой) наночастицы в диапазоне концентраций допанта 5 – 15 мольн.% [1]. В случае γ-AlOOH были получены наночастицы также двух форм – пластины (гидротермальные условия, щелочная среда) и стержни (гидротермальные условия, кислая среда) на основании данных работы [2]. При этом для «жесткой» матрицы ожидаемо зафиксировано наличие предела допирования (т.е. концентрации допанта, выше которой наблюдается появление в продукте примесных фаз), который составляет 10 мольн.% для пластин и больше 10 мольн.% стержней.

Определение положения допанта в кристаллической структуре матрицы проводили квантово-химически с использованием оригинального подхода, позволяющего нам получить данные о каждом из синтезированных образцов. Проведенное исследование показало, что положение допанта определяется его концентрацией и формой наночастиц.

Изучение фотолюминесцентных характеристик полученных образцов показало, что для обоих типов матрицы наблюдается наличие основного пика эмиссии европия при 618 нм. Однако, в случае «жесткой» матрицы наиболее эффективным является возбуждение фотолюминесценции с использованием длины волны 300 нм (т.е. зафиксирована передача энергии от матрицы к люминофору), а в случае «мягкой» матрицы – 392 нм (стандартная длина волны для возбуждения фотолюминесценции европия). Также установлено, что для «мягкой» матрицы концентрационное тушение наблюдается только для кубических частиц при концентрации допанта 15 мольн.%, а для «жесткой» матрицы – только для стержней, содержащих 15 мольн.% европия. При этом, положение допанта в кристаллической структуре и той и другой матриц при указанных концентрациях допанта различно для разных форм наночастиц.

Таким образом, нами экспериментально подтверждена выдвинутая гипотеза о возможности регулирования концентрации тушения РЗЭ в допированных оксидных матрицах путем изменения формы их частиц.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект «Разработка подходов к компьютерному моделированию процессов роста наночастиц из растворов: теоретическое и экспериментальное исследование на примере диоксида олова – материала с фотокаталитической активностью» № 20-03-00762 А).

Исследования были проведены на базе ресурсных центров: «Рентгенодифракционные методы исследования», «Методы анализа состава и вещества», «Оптические и лазерные методы исследования», «Инновационные технологии композитных наноматериалов», «Физические методы исследования поверхности» Научного парка СПбГУ, а также к.х.н. Колесникову И.Е. за обсуждение оптических свойств образцов.

Список использованных источников

1. Morphology and doping concentration effect on the luminescence properties of SnO2:Eu3+ nanoparticles / I. E. Kolesnikov, D. S. Kolokolov, M. A. Kurochkin, M. A. Voznesenskiy. - J. Alloys Compd., 2020, 822, 153640.

2. Theoretical and experimental approaches to the electro-optical study of boehmite nanoparticles with given morphology / O. M. Osmolovskaya, M. G. Osmolowsky, M. P. Petrov, A. V. Voitylov and V. V. Vojtylov. - Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp., 2020, 586, 124095.

Научный руководитель: Осмоловская О. М.

УДК 66.095.134

ПРИМЕНЕНИЕ ГОМОГЕННОГО КИСЛОТНОГО И ЩЕЛОЧНОГО КАТАЛИЗАТОРА В РЕАКЦИИ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Косолапова С. М., Кудинова А. А., Пягай И. Н.
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

На сегодняшний день в мире наблюдается тенденция к ужесточению экологических требований к характеристикам моторных топлив. На этой почве технология переработки растительного сырья в биодизельное топливо получила поддержку более 60-ти стран [1]. Одним из основных параметров, влияющих на скорость и полноту получения биотоплива является выбор катализатора процесса переэтерификации. На сегодняшний день литературная база по катализаторам для производства биодизеля насчитывает десятки вариаций среди гомогенных и гетерогенных катализаторов, из которых ученое сообщество проявляет одинаковый интерес как к основным, так и кислотным катализаторам [2-3].

Наибольшее практическое применение в технологии получения биодизельного топлива из растительных масел получили гомогенные катализаторы, так как они обеспечивают высокий выход продукта. Однако, несмотря на широкое изучение гомогенных катализаторов для реакции переэтерификации, литературные данные не сводятся к однозначному выбору между кислотным и щелочным гомогенным катализом. Так, кислотный катализатор (H_2SO_4, HCl) обладает высокой активностью в реакциях этерификации, однако уступает щелочному катализатору в реакции переэтерификации. В то же время, щелочной катализ, в котором участвуют гидроксиды щелочных металлов (NaOH, KOH), сильно зависит от чистоты исходного сырья, так как в присутствии воды могут протекать побочные реакции омыления, дезактивирующие катализатор и ухудшающие качество итогового продукта.

В данной работе была проведена переэтерификация подсолнечного масла с кислотным числом, равным 3,49 мгКОН/г. Кислотное число масла определяли по ГОСТ Р 50457-92 «Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности» титрометрическим методом.

Для переэтерификации использовали гомогенный кислотный и щелочной катализаторы – серную кислоту (конц.) и гидроксид калия. В качестве реакционного спирта использовали медицинский этиловый спирт, содержащий 5% воды. Состав проб после синтеза эфиров жир-

ных кислот определяли на газовом хромато-масс-спектрометре. Для определения выхода целевого продукта использовали метод внутреннего стандарта.

Синтез этиловых эфиров жирных кислот проводили в системе параллельных реакторов с обратным холодильником и магнитной мешалкой при соотношении спирта к маслу по массе соответственно 1:1 - 5:1. Реакционную смесь подогрели до 70 °С и перемешивали со скоростью 200-250 об/мин в течении 2,5 - 4 часов. По завершении синтеза смесь отстаивали до полного разделения на два слоя – эфирную и глицериновую фракции.

В реакционную смесь добавляли 1 % концентрированной H_2SO_4 (99%), во второй – 0,5 – 2,5 %масс КОН (предварительно растворив его в реакционном спирте).

Анализ всех проб на хромато-масс-спектрометре по методу внутреннего стандарта установил низкий выход этиловых эфиров жирных кислот во всех реакционных смесях на базе кислотного катализатора. Выход биодизеля при данном методе катализа не превышал 10 %, в то время как в пробах эфирных фракций после щелочной переэтерификации было определено значительное содержание целевого продукта 50 – 75 %. При этом в ходе увеличения соотношения спирта к маслу выход целевых продуктов линейно возрастает.

В результате обработки полученных экспериментальных данных был сделан вывод о большей эффективности щелочного катализа. Применение гидроксида калия в качестве катализатора позволило получить выход эфиров жирных кислот >75%, в то время как использование серной кислоты при тех же условиях процесса не превысило значения в 10%. Оптимальное объёмное соотношение масло:спирт составило 1:3, количество катализатора – 1% от массы реакционного спирта, время проведения процесса – 2,5 часа.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ по НИР 0792-2020-0010.

Список использованных источников

1. Головин М. С. Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском Союзе / М. С. Головин, О. В. Кудрявцева. - Текст: непосредственный // Государственное управление. - Электронный вестник. 2020. №78 сс. 72-90;

2. Optimization of alkali-catalyzed transesterification of Pongamia pinnata oil for production of biodiesel / L. C. Meher, V. S. S. Dharmagadda, Naik, S. N. // Bioresource Technology. - 2006. - 97(12). PP. 1392–1397

Научный руководитель: Пягай И. Н., д.т.н., профессор

УДК: 54.057+54-31+546.47

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОРОДНЫХ ВАКАНСИЙ НА ФОТОКАТАЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

Кочнев Н. Д, Осмоловская О. М.
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Стремительно развивающаяся промышленность очень сильно влияет на экологическую обстановку и приводит к резкому увеличению загрязнения окружающей среды, в частности, водных источников. Только в одной текстильной промышленности около 200 000 тонн органических красителей теряется в ходе синтеза и обработки и попадает в различные водные ресурсы[1,2]. Международная организация World Bank подсчитала, что от 17 до 20 процентов загрязнений промышленных вод приходится на текстильную промышленность и данное число продолжает увеличиваться каждый год. В связи с этим существует острая необходимость в поиске новых способов, которые могли бы поспособствовать улучшению общей ситуации, и фотокатализ с применением полупроводниковых оксидных материалов может выступать как наиболее эффективное и перспективное решение.

Среди различных полупроводниковых материалов можно особенно выделить оксид цинка. Это широкозонный полупроводник со значением ширины запрещенной зоны 3.3 еВ. Он обладает сильной собственной фотолюминесценцией, но кроме этого отличными фотокаталическими свойствами. Отмечается, что данные свойства зависят от дефектов в получаемых частицах, а именно кислородных вакансий. Таким образом, изменяя параметры синтеза, мы можем контролировать количество кислородных вакансий в итоговом материале, а значит, может изменять и его физико-химические свойства. Несмотря на довольно большое количество литературы, посвященной данной теме, этот аспект остается мало изученным и требует проведения дальнейших исследований.

Цель настоящей работы заключается в изучении и установление закономерностей влияния дефектов, а именно кислородных вакансий на фотокаталитические свойства наночастиц оксида цинка. С этой целью были выбраны 2 метода получения – химическое осаждение и гидротермальный синтез. Все полученные образцы были охарактеризованы методами рентгено-фазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ИК- и КР-спектроскопий. Значения удельной поверхности частиц измерялись с помощью метода БЭТ. Для подсчета количества кислородных вакансий применялся метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) путем расщепления пика, отвечающего за O1s. Кроме этого, дополнительно снимались спектры по-

глощения для дальнейшего расчета ширины запрещенной зоны полученных образцов.

Были проведен предварительный эксперимент с целью изучения влияния условий синтеза (pH раствора, температура, концентрация и природа используемых реагентов) на процесс формирования частиц с точки зрения высокого выхода и фазового состава целевого продукта. Установлено, что увеличение температуры синтеза приводит к увеличению кристалличности получаемых частиц, размер кристаллитов при этом меняется от 24 до 87 нм. В случае метода осаждения наблюдается рост значений удельной поверхности при увеличении концентрации реагентов и pH реакционной среды, чего не наблюдается при рассмотрении гидротермального синтеза, в этом случае значения удельной поверхности остаются фактически постоянными. Было определено, что образцам, которые были получены при комнатной температуре, отвечает наибольшее количество кислородных вакансий. Дальнейшее изменение параметров синтеза в сторону больших концентраций и pH раствора приводит к уменьшению данного фактора.

Измерение фотокаталитической активность проводилось на модельных системах с применением полученных частиц и водного раствора органического красителя – метиленового синего (МВ). С целью инициирования фотокатализа применялось 2 источника излучения: видимого и УФ диапазонов, время воздействия составляло 10 и 30 минут, соответственно. Установлено, что полученные частицы обладают высокой фотокаталитической активностью как под действием УФ излучения, так и видимого (Процент деградации доходит до 80% в обоих случаях). Одной из причин, по которой возможно протекание фотокатализа при применении видимого излучения является наличие дополнительного уровня в зонной структуре, возникновение которого может объясняться наличием кислородных вакансий. Для подтверждения данной теории в настоящее время ведутся дополнительные квантово-химические расчеты.

Список использованных источников

1. Textile dyes: dyeing process and environmental impact / Chequer F., De Oliveira G., Ferraz E., Cardoso J., Zanoni M., De Oliveira D. // Eco-friendly textile dyeing and finishing. – 2013. – Vol. 6. – №. 6. – P. 151-176.

2. Textile finishing dyes and their impact on aquatic envi-rons / Berradi M., Hsissou R., Khudhair M., Assouag M., Cherkaoui O., El Bachiri A., El Harfi A. // Heliyon. – 2019. – Vol. 5. – №. 11.

3. Influence of surface morphology on photocatalytic performance of zinc oxide: a review / Das A., Nikhil S. K., Nair R. G. // Nano-Structures & Nano-Objects. – 2019. – Vol. 19. – P. 100353.

УДК 665.777

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОГО ПОСЛЕ АКТИВАЦИИ НЕФТЯНОГО КОКСА ВЫСОКОПОРИСТОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА

Кудинова А. А., Рудко В. А.
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Процесс замедленного коксования нефтяных остатков в настоящее время является самым экономически востребованным из термических процессов глубокой переработки нефтяного сырья. Введение в эксплуатацию данного процесса на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) позволяет углубить переработку до 95-98 %. Одним из продуктов, получаемых на установке замедленного коксования в количестве от 20 до 35 % масс., является нефтяной кокс. Это углеподобный нефтяной углеродный материал – продукт реакций уплотнения и термополиконденсации нефтяного сырья, протекающий при температуре около 500 °С и давлении 0,15-0,55 МПа. Данный продукт в зависимости от показателей качества может использоваться в различных отраслях промышленности (алюминиевая промышленность, производство электродов, в качестве катодов для литий-ионных батарей, сорбентов и т.д.). Однако, нефтяной кокс, получаемый из низкокачественных видов сырья – высокосернистых тяжелых нефтяных остатков, не находит широкого квалифицированного применения, складируется на НПЗ или используется в качестве твердого топлива.

Одним из перспективных направлений использования нефтяного кокса является его физическая или химическая активация с целью использования в качестве сорбента или носителя катализаторов (взамен высокозольного угля) [1]. В результате активации нефтяного кокса увеличивается его удельная площадь поверхности, что является важным показателем качества для сорбентов и носителей катализаторов, при этом образцы, полученные химической активацией показывают лучшие результаты, чем физической активацией [2].

В данной работе изучалось влияние параметров процесса замедленного коксования, таких как давление процесса и вид сырья, на выход и удельную площадь поверхности активированного углеродного материала. Активацию проводили в присутствии гидроксида калия, так как данный химический агент позволяет получить наибольшую удельную площадь поверхности [3,4].

Процесс замедленного коксования проводили при температуре 500 ℃ и давлении от 1,5 до 3,5 ати. В качестве сырья использовали гудрон, асфальт, тяжелую сланцевую смолу, тяжелый газойль каталитиче-

ского крекинга, висбрекинг-остаток, смеси гудрон-вакуумный газойль и гудрон-вакуумный газойль-мазут. Полученные в данных условиях образцы нефтяного кокса использовались в качестве сырья для процесса химической активации.

Активация проводилась при температуре 750 ℃ в присутствии КОН в соотношении кокс:щелочь = 1:3. Образец нагревали в инертной атмосфере азота со скоростью 10 ℃/мин и выдерживали при конечной температуре 1 ч. Затем активированный продукт охлаждали до комнатной температуры в инертной среде и промывали от щелочи сначала 1 М HCl, а затем дистиллированной водой до нейтрального значения pH промывных вод. После промывки образцы сушили при 110 ℃ 3 ч. Полученные пористые углеродные материалы обладают высокой удельной площадью поверхности от 500 до 2300 $м^2$/г.

В данной работе был получен углеродный материал с высокой удельной площадью поверхности и выходом от 68 до 80 %. Такой материал может быть использован как в качестве носителя катализатора, так и адсорбента за счет высокой площади поверхности, что обеспечивает высокую площадь контакта с реагентом или адсорбентом.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ по НИР 0792-2020-0010.

Список использованных источников

1. Магдалинова Н. А. Аминированный активированный уголь в жидкофазном гидрировании органических соединений / Н. А. Магдалинова, К. М. Пузакова, М. В. Клюев. - Текст : непосредственный // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1 Естественные науки. - 2020 – Т.35. - № 3 – С. 103-110.

2. Preparation of porous carbons from petroleum coke by different activation methods / Mingbo Wu, Qingfang Zha, Jieshan Qiu. // Fuel. – 2005 – Т. 84. – С. 1992–1997.

3. Jingfeng Wu. Impacts of amount of chemical agent and addition of steam for activation of petroleum coke with KOH or NaOH / Jingfeng Wu, Vicente Montes, Luis D. Virla, Josephine M. Hill // Fuel Processing Technology/ - 2018. – V.181. – P.53–60.

4. Eunji Jang. Development of a cost-effective CO2 adsorbent from petroleum coke via KOH activation / Eunji Jang [et al.] // Applied Surface Science. – 2018. – V. – P.62–71.

Научный руководитель: Литвинова Т. Е., д.т.н., профессор

УДК 666.94

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА УКЛАДЫВАЕМОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Кузьменко Л. В.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург

Протяженность дорог по территории России составляет более полутора миллионов километров. Данный способ транспортировки грузов, несмотря на длительность и более высокую стоимость, остается наиболее экономически выгодным во многих отраслях по сравнению с водным и авиационным.

Основными современными материалами для создания дорожных покрытий являются бетон и асфальт (асфальтобетон), различающиеся рядом характеристик: сроком службы, прочностью, экономической составляющей и др. Важно отметить, что бетонное дорожное покрытие чаще применяется в Европе и странах Запада, в то время как асфальтобетонное дорожное покрытие является основным для России и стран СНГ. Рассмотрим каждый из двух вышеперечисленных видов подробнее.

В строительстве дорог используется асфальтобетон – смесь, в состав которой входят минеральные материалы (песок, щебень), битум, а также минеральный порошок. В зависимости от состава можно выделить три марки асфальтобетона (I–III). По крупности наполнителя и его процентного содержания смеси также делятся на типы (А-Д). Битум является основным вяжущим компонентом; чаще всего используется искусственный битум, который является продуктом переработки сырой нефти. [1]

В состав дорожного бетона входят: вода, вяжущее вещество (гидрофобный и пластифицированный портландцемент), мелкий заполнитель (песок), а также крупный заполнитель (гравий или щебень).

Виды бетона отличаются в первую очередь водоцементным отношением: для однослойных дорожных покрытий оно должно составлять менее 1:2, для нижнего слоя в двухслойных покрытиях – более 3:5, а для основания капитальных дорог не нормируется. [2]

Для заключения вывода о выборе дорожного полотна необходимо провести сравнительный анализ асфальтобетонного и бетонного покрытий по ключевым для дорог характеристикам. Для первого типа технические условия описаны в ГОСТ 9128-2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия» [4], а для второго – ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия». [5]

Важно отметить, что жесткие дорожные покрытия, применяемые в большинстве случаев, могут состоять из: цементобетонных монолитных

покрытий, асфальтобетонных покрытий на основаниях из цементобетона или сборных покрытий из железобетонных или предварительно напряженных железобетонных и армбетонных плит.

Асфальтобетонное и цементобетонное дорожные покрытия имеют как ряд собственных достоинств, так и ряд недостатков. Для цементобетона характерны большая долговечность, устойчивость к истиранию и продавливанию. Самыми часто упоминаемыми недостатками для этого материала можно назвать более высокую стоимость дорожного покрытия, более высокие температуры окружающей среды, необходимые для укладки, так как при температуре менее 5°С возможно образование таумасита, что впоследствии приведет к сульфатной коррозии и разрушению цементобетона. Также необходимо отметить, что антиобледенители оказывают негативное влияние в большей степени на цементобетон, в сравнении с асфальтобетоном. [6]

Также сравним срок эксплуатации покрытий: для дорожных одежд из асфальтобетона с бетонным покрытием срок службы должен составлять не менее 24 лет, а для дорожных одежд из цементобетона – не менее 25 лет.

Таким образом, чтобы подвести итог можно сказать, что в качестве применяемых в России дорожных покрытий чаще всего используются асфальтобетон и цементобетон. Каждый из вышеуказанных вариантов имеет свои достоинства и недостатки, однако при выборе укладываемого покрытия решающими факторами являются экономический и климатический, что зачастую приводит к тому, что применяется материал с меньшими значениями ключевых для дорог характеристик. Такой материал в силу своего невысокого качества служит меньше, чем заявлено по срокам эксплуатации, что приводит к тому, что ремонт дорожного покрытия необходимо проводить чаще, чем предполагается при его установке. По моему мнению, при выборе укладываемого дорожного покрытия стоит опираться на климатические условия, в которых оно реализуется, а также технические характеристики самого покрытия, учитывая, что более высокая стоимость окупится при меньшем количестве ремонтов и более длительном сроке службы.

Список использованной литературы

1. Свод правил. Автомобильные дороги : СП 34.13330.2021 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85 : утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 09.02.21 : введ. в действие 10.08.21. – Москва : Кодекс, 2021г. . – 94 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия : межгосударственный стандарт : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 апреля 2010 г. № 62-ст в качестве национального стандарта Российского Федерации с 1 января 2011 г. : введ. взамен ГОСТ 9128-97 :дата введ. 2011.01.01 / разработан ОАО «Со-

юздорНИИ». – Москва : Стандартинформ, 2010. – 13 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия : межгосударственный стандарт : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 марта 2016 г. № 165-ст в качестве национального стандарта Российского Федерации с 1 сентября 2016 г. : введ. взамен ГОСТ 26633-2012 :дата введ. 2016.09.01 / разработан ОАО «НИЦ Строительство». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с. – Текст : непосредственный.

4. Четтерджи, А. К. Разрушение бетона: проявления и механизмы / А. К. Четтерджи. – Текст : нпосредственный // Цемент и его применение. – 2020. - №3. - С. 36-43.

УДК 665.7.038.64

ДЕПРЕССОРНЫЕ ПРИСАДКИ К ТОПЛИВАМ

Кузьмин К. А., Смышляева К. И.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Повышение качества горюче-смазочных материалов является приоритетной задачей для многих стран, в том числе и для России. Из-за холодного климата и все возрастающих темпов освоения Арктики особое внимание необходимо уделить низкотемпературным свойствам топлив. К основным эксплуатационным характеристикам топлива при низких температурах относятся предельная температура фильтруемости – минимальная температура, при которой топливо еще может проходить через топливный фильтр и температура застывания – температура, при которой топливо теряет подвижность [1].

Улучшение низкотемпературных свойств топлива начинается уже в процессе производства, с помощью процессов депарафинизации, поскольку именно высокое содержание парафинов в топливе является главной причиной ухудшения его свойств при низких температурах [2].

Однако применение каталитической или адсорбционной депарафинизации существенно изменяет другие свойства дизельного топлива: фракционный состав и температуру вспышки. Поэтому их применение ограничено ввиду необходимости соблюдать качество выпускаемой продукции.

Именно по этой причине для улучшения низкотемпературных свойств топлива используют депрессорные присадки – вещества модифицирующие кристаллы парафинов и снижающие предельную температуру фильтруемости и температуру застывания [3].

Депрессорные присадки в большинстве своем – полимерные вещества, а именно виниловые полимеры, например, сополимеры этилена с ви-

нилацетатом [4], поли-алкилметакрилаты [5], полимеры на основе сложных эфиров малеиновой кислоты [6] и другие. Также перспективными являются присадки на основе органически модифицированных наночастиц, и ведутся исследования об использовании асфальтенов в качестве компонентов депрессоров [7].

Депрессорные присадки имеют сложный механизм действия, для его изучения проводятся исследования методами молекулярной динамики и поляризационной оптической микроскопии [8]. Всего выделяют три возможных механизма действия депрессоров температуры застывания и предельной температуры фильтруемости: адсорбционный, сокристаллизационный и нуклеационный. Эти механизмы характерны для определенных видов присадок определяются наличием в их составе тех или иных функциональных групп [9].

Важным вопросом является и технологии производства депрессорных присадок. Наиболее распространенный метод синтеза сополимеров – радикальная полимеризация. Она проходит в инертной атмосфере азота или аргона и требует наличия инициатора.

Таким образом в ходе исследования был изучен процесс формирования кристаллов парафинов и механизмов действия различных присадок на низкотемпературные свойства топлива. Исходя из полученных данных стало возможным выявить наиболее эффективные депрессоры температуры застывания и предельной температуры фильтруемости и изучить технологии их получения.

Работа выполнена в рамках Государственного задания 0792-2020-0010 и хоздоговора по НИР № 21039 хд с АО «ГК «Титан».

Список использованных источников

1. Данилов А. М. Применение присадок в топливах / А. М. Данилов. - Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2010. - 183-184, 203 р. – Текст : непосредственный.

2. Wu C. et al. Molecular dynamics simulation guiding the improvement of EVA-type pour point depressant // Fuel. 2005. Vol. 84, № 16. P. 2039–2047.

3. Maithufi M.N., Joubert D.J., Klumperman B. Application of gemini surfactants as diesel fuel wax dispersants // Energy and Fuels. 2011. Vol. 25, № 1. P. 162–171.

4. Qian J.W. et al. Studies on pour point depression of EVA polymers in solvent mixtures containing wax // Journal of Applied Polymer Science. 2002. Vol. 83, № 4.

5. Duffy D.M., Rodger P.M. Wax inhibition with poly(octadecyl acrylate) // Physical Chemistry Chemical Physics. 2002. Vol. 4, № 2. P. 328–334.

6. Soni H.P. et al. Designing maleic anhydride-α-olifin copolymeric combs as wax crystal growth nucleators // Fuel Processing Technology. 2010. Vol. 91, № 9.

7. Zhang X. et al. Synergistic effect of asphaltenes and octadecyl acrylate-maleic anhydride copolymers modified by aromatic pendants on the flow behavior of model waxy oils // Fuel. 2020. Vol. 260.

8. Zhang J. et al. DFT and MM calculation: the performance mechanism of pour point depressants study // Fuel. 2004. Vol. 83, № 3.

9. Yang F. et al. Polymeric Wax Inhibitors and Pour Point Depressants for Waxy Crude Oils: A Critical Review // Journal of Dispersion Science and Technology. Taylor and Francis Inc., 2015. Vol. 36, № 2. P. 213–225.

Научный руководитель: Рудко В. А. кандидат технических наук

УДК 6.66.66-963

ОСОБЕННОСТИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ РЕАКТОРОВ

Лапа Н. О.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.

В наши дни гидроочистка является стандартным гидрогенизационным процессом на любом нефтеперерабатывающем заводе России. Столь широкое распространение гидроочистка получила по ряду причин, основными из которых содержание в нефти серо-, кислородо- и азотосодержащих соединений, при сгорании которых в атмосферу выбрасываются токсичные вещества, негативное влияние серосодержащих веществ на работу двигателей внутреннего сгорания и коррозия оборудования при переработке и транспортировке нефтепродуктов. Следует так же учитывать, что большинство перерабатываемой нефти в России является средне и высокосернистой.

Гидроочистка представляет собой процесс деструкции соединений, содержащих серу, азот или кислород, с последующим насыщением водородом, образовавшихся углеводородных радикалов. В результате образуются сероводород, вода, аммиак и углеводороды нафтенового или парафинового ряда.

Гидроочистка – это каталитический процесс. То есть химические превращения веществ происходят при помощи катализатора (вещества, которое в реакции не расходуется, но ускоряет ее). Обычные современные катализаторы гидроочистки – это гранулы из высокопористого оксида

алюминия на поверхность которого нанесены активные металлы – молибден и, либо кобальт, либо никель.

Реакторный блок установок гидроочистки дизельного топлива в большинстве случаев представляет собой: сырьевые-продуктовые теплообменники, печь для нагрева газосырьевой смеси перед подачей в реактор, реактор, сепараторы, рециркуляционный газовый компрессор. Также возможно расположение в данном блоке абсорбера циркулирующего ВСГ, сырьевых фильтров и горячего сепаратора газопродуктовой смеси.

В теплообмене чаще всего используется схема рекуперации тепла, когда выходной поток гидрогенизата из реактора подогревает входящее в печь сырье. В печи подается смесь сырья и ВСГ, где они подогреваются до нужной температуры реакции перед входом в реактор. Рециркуляционный газовый компрессор необходим для снижения температуры в самом реакторе для того чтобы не происходили процессы коксования катализатора, то есть не снижалась его активность и увеличивался срок его производственного пробега.

Комбинированные реактора на установках гидроочистки дизельного топлива все чаще встречаются на производствах, постепенно химическая промышленность старается отходить от схемы работы с двумя последовательными реакторами – для того чтобы уменьшить металлоемкость производств и их стоимость. Однако вывести на режим установки с комбинированным слоем катализатора – гораздо сложнее ввиду особенности протекания экзотермических реакций. Слои катализатора располагаются таким образом, чтобы газосырьевая смесь, поступающая нисходящим движением на следующий слой не вызвала на нем процессы коксообразования, для этого применяют многополочные реактора – между полками которых предусмотрена подача рециркуляционного ВСГ компрессором. Однако неправильный расчет слоев катализатора может привести не только к уменьшению его производственного пробега, а также к тому что характеристики готового продукта могут несоответствовать необходимым характеристикам, как не достигать их так и гидрогенизат может быть переочищен от серы, либо же слишком депарафинизирован что с одной стороны улучшает его низкотемпературные свойства, а с другой стороны данное топливо не необходимо круглогодично, а производственный пробег катализатора депарафинизации – сокращается, ввиду прохождения на нем реакций.

Для решения подобных ситуаций чаще всего прибегают к установке второго реактора и разделению функций реакторов, в одном протекают реакции гидроочистки, во втором – депарафинизации и при необходимости второй реактор отсекается – когда зимнее дизельного топливо не нужно. Также возможна подача агентов снижающих активность катализатора – например аммиачных растворов, однако их необходимо подавать до того как сырье попадет в реакторный блок – так как он является контуром высокого давления, где все фланцевые соединения стараются минимизиро-

вать для исключения аварий. Сложность подачи аммиачного раствора заключается в расчете его концентрации, так как она должна деактивировать необходимый слой катализатора и не наносить ущерб другим слоям катализатора, также в последствии подача аммиачных растворов приведет к образованию пирофорных соединений, азотистых отложений в основных аппаратах и вспомогательном оборудовании, например будут забиваться фильтра насосов.

Список использованных источников

1. Потехин В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / В. М. Потехин, В. В. Потехин – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. – 944с. – Текст : непосредственный.
2. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов. – Уфа : Гилем, 2002. – 611 с. – Текст : непосредственный

Научный руководитель: Савченков А. Л. кандидат технических наук, доцент

УДК 662.741

О НАПРАВЛЕНИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НАДСМОЛЬНОЙ ВОДЫ.

Липилина А. Е.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Процесс коксования углей сопровождается выделением значительно объема летучих продуктов, представленных в основном углеводородами различной массы. Помимо углеводородов в состав отходящих газов может входить значительное количество водяных паров (испарение влаги из шихты, реакция разложения компонентов с образованием паров воды). Так, например, при рабочей влажности шихты всего 8–10% выход водяных паров может составлять до 110–135 кг/1т перерабатываемого сырья. В процессе охлаждения газовой смеси в первичных холодильниках (30°С) до 85–90% паров конденсируется с образованием надсмольной воды, и только малая часть (10–15%) уносится с коксовым газом [1].

Надсмольная вода – это слабый водный раствор аммиака и аммонийных солей [2]. Кроме них, надсмольная вода содержит в себе до 2–3% фенола, 1–5% формальдегида и метиловый спирт и др. органические компоненты (4–8%) [3, 5]. В зависимости от типа сырья, установки, режимов работы и еще ряда параметров состав воды может существенно изменяться. К сожалению, в настоящее время нет единого мнения по наиболее рациональному методу обезвреживания надсмольных вод, наиболее распространен способ термического обезвреживания [3, 4].

В качестве альтернативной технологии можно выделить процессы селективной экстракции фенола путем обработки надсмольных вод растворителями, с последующим дистиляционным выделением метанола. Образующийся остаток может быть использован в качестве поглотителя низко концентрированных формалиновых вод в производстве формалина [5]. К сожалению, несмотря на явно выраженную концепцию энерго- и ресурсосбережения, представленная схема использования надсмольных вод, характеризуется высокой стоимостью (логистические затраты) и не решает проблему утилизации опасных жидких отходов.

Еще одним направлением переработки надсмольных вод является выделение аммиака в процессе отгонки и известкования. Процесс удаления соединений аммиака может быть описан реакцией 1 [6].

$$(NH4)2SO4 + Ca(OH)2 = 2NH3 + CaSO4 + 2H2O \quad (1)$$

Фенолы, содержащиеся в надсмольной воде, также отгоняются острым паром, а затем поглощаются раствором едкого натра с образованием фенолятов.

Подводя предварительный итог, можно сделать вывод, что все представленные технологии переработки/обезвреживания характеризуются низкой экономической рентабельностью и сложной аппаратурной схемой, что в свою очередь существенно тормозит процесс их внедрения.

Процесс очистки сточных вод, образующихся при смешении надсмольной воды с другими производственными стоками, включает в себя целый комплекс мероприятий и может быть представлен следующей схемой (рис. 1).

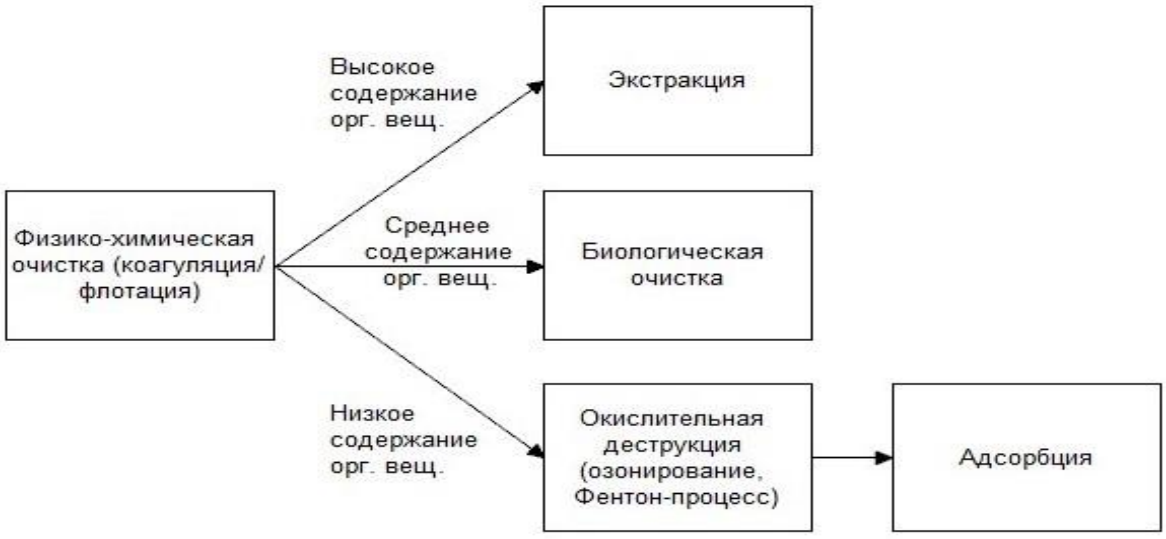


Рисунок 1 - Принципиальная схема очистки сточных вод

С учетом крайне низкого объема литературной информации касательно процессов очистки подобных стоков, данный вопрос является актуальным и наиболее востребованным.

Список использованных источников

1. Каталымов А. В. Переработка твердого топлива / А. В. Каталымов, А. И. Кобяков. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. - 248 с. – Текст : непосредственный.

2. Фурмер И. Э. Общая химическая технология / И. Э. Фурмер, В. Н. Зайцев. –Москва: Высш. школа, - 264 с. – Текст : непосредственный.

3. Переработка твердых природных энергоносителей / Ю. В Гаврилов, Н. В. Королева, С. А. Синицын, Москва, РХТУ, 2001. – 160 с. – Текст : непосредственный.

4. Миндлин С. С. Технология производства полимеров и пластических масс на их основе/ С. С. Миндлин. - Ленинград: Химия, 1973. - 352 с. – Текст : непосредственный.

5. Барг Э. И. Технология синтетических пластических масс / Э. И. Барг. - Ленинград: ГХИ, 1954. — 656 с. – Текст : непосредственный.

6. Коляндр Л. Я. Улавливание и переработка химических продуктов коксования / Л. Я. Коляндр. - Харьков, Москва: ГНТИЛЦЧМ, 1953. – 418 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии Евгений Николаевич Кузин.

УДК 543.552.054.1

РАЗРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК НА ОСНОВЕ ЛУНОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛОВОГО ПЛАНШЕТА И УГЛЕРОДНЫХ ЧЕРНИЛ

Логунова Д. В.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Луночные полистистироловые планшеты в электрохимическом иммуноанализе используются для определения белковых компонентов вирусной природы. Так в работе автора [1] луночный полистироловый планшет использовался для определения иммуноглобулинов противоклещевых IgG. В качестве сигналобразующей метки использовали специфические биоконъюгаты Ab@НЧAg, меченные коллоидным серебром. Для переноса серебра из лунок полистиролового планшета в электрохимическую (э/х) ячейку использовали раствор 1 М HNO_3. Азотная кислота способствовала растворению серебра, что облегчало процедуру переноса Ag^+ в э/х ячейку. Кроме того, известны работы по иммобилизации белкового рецепторного слоя на поверхности углеродсодержащих электродов

[2]. При этом в качестве э/х меток специфических конъюгатов используют наночастицы (НЧ) Au, Ag, Cu [2,3].

Использование 96-ти луночного полистиролового планшета для задач э/х иммуноанализа позволяет сократить время анализа за счет параллельного определения нескольких аналитов. Однако, использование дополнительных стадий растворения металла-метки в растворах окислителей с переносом содержимого в э/х ячейку увеличивает погрешность анализа. Также создание микроэлектрохимических ячеек представляет возможность использование меньшего количества аналита, что ведет к снижению себестоимости анализа в связи с уменьшением затрат на реактивы и анализируемые вещества биологической природы. Применение углеродных электродов позволяет собирать сенсор на электродной поверхности с последующей регистрацией сигнала от металлической метки. Но в этом случае одновременное определение нескольких аналитов не представляется возможным.

В связи с этим актуальным является разработка многоканальных электрохимических ячеек на основе луночного полистиролового планшета и углеродных чернил.

В качестве электропроводящего материала использовались углеродные чернила, методика приготовления которых заключалась в создании смеси из (0,180 ± 0,005) г углеродной сажи и (0,020 ± 0,005) г полистирола в 1 см3 1,2-дихлорэтане.

Для предотвращения образования воздушных полостей, препятствующих передачи тока, паста вносилась четырехкратно по 50 мкл при разовом нанесении, для дополнительной дегазации планшет помещался в BioShake IQ на 10 минут. Каждый слой просушивался при комнатной температуре под тягой в течение 12 часов. Наглядное изображение создания многоканальных э/х ячеек на основе луночного полистиролового планшета и углеродных чернил представлено на рисунке 1.

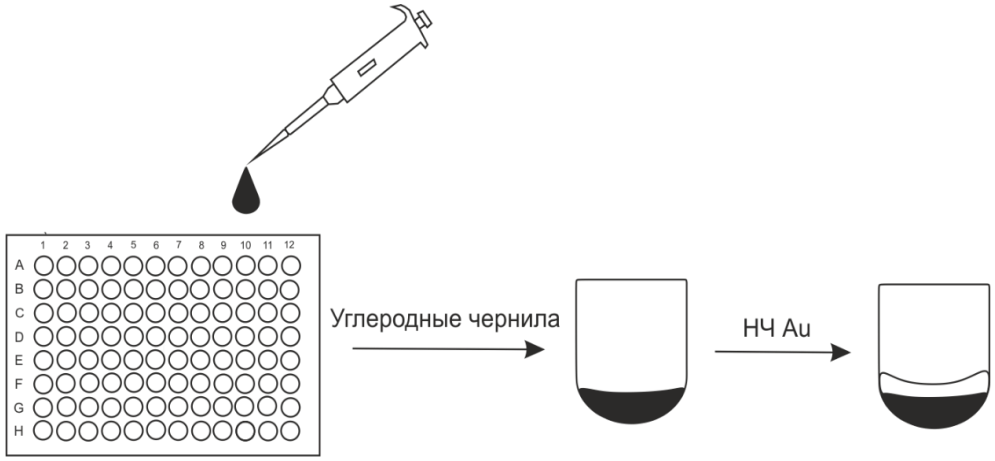


Рисунок 1 – Схематическая иллюстрация создания многоканальных э/х ячеек на основе луночного полистиролового планшета и углеродных чернил

В качестве контакта применялась электротехническая медь, используемая для изготовления кабелей и проводов, поскольку она в меньшей степени подвержена окислению, обладает большой прочностью, хорошо проводит электрический ток и обладает большим удельным сопротивлением.

Ячейки тестировали методом циклической вольтамперометрии. Для дополнительного улучшения электропроводности углеродная поверхность модифицировалась НЧ Au. Синтез НЧ Au осуществлялся по следующей методике: после закипания 20 мл 0,01 % раствора $HAuCl_4 \cdot 3H_2O$ при интенсивном перемешивании магнитной мешалкой по каплям прибавлялось 400 мкл 1 % раствора цитрата натрия. Раствор приобретал оранжевый цвет, что свидетельствовало о формировании золя с частицами размерам с 16,0 до 24,5 нм.

Наглядные вольтамперограммы немодифицированной и модифицированной НЧ Au поверхности лунок полистиролового планшета с углеродными чернилами представлены на рисунке 2.

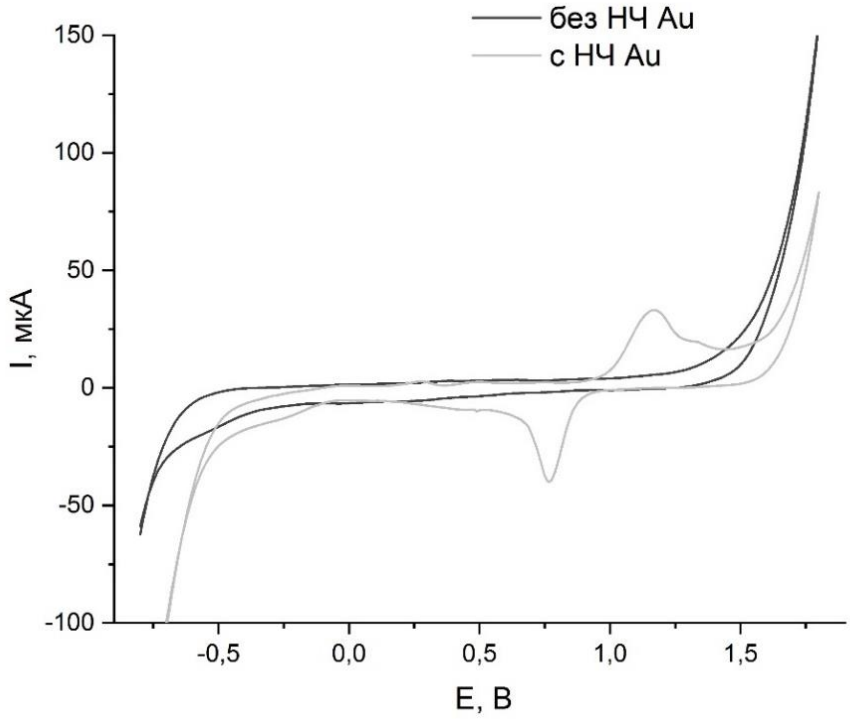


Рисунок 2 - Вольтамперограммы немодифицированной
и модифицированной НЧ Au поверхности лунок полистиролового планшета

Согласно данным рисунка 2 отмечено наличие пиков золота $E_{п.а.}$= 1,1658 В и $E_{п.а.}$= 0,7651 В.

Таким образом, в работе предложен способ изготовления токопроводящих углеродных чернил, условия внесения чернил в лунки полистиролового планшета. Полученные э/х ячейки проводят электрохимический ток в диапазоне потенциалов от -0,8 до 1,8 В. Многоканальные электрохимиче-

ские ячейки могут быть использованы в электрохимическом иммуноанализе для определения различных компонентов биологической природы.

Список использованных источников

1. Khristunova E. Electrochemical immunoassay for the detection of antibodies to tick-borne encephalitis virus by using various types of bioconjugates based on silver nanoparticles/ Khristunova E. – Direct text // Bioelectrochemistry. – 2020. – Т. 135. – С. 107576.

2. Khristunova Y. Preparation and investigation of silver nanoparticle–antibody bioconjugates for electrochemical immunoassay of tick-borne encephalitis/ E. Khristunova. – Direct text //Sensors. – 2019. – Т. 19. – №. 9. – С. 2103.

3. Dorozhko E. V. A copper nanoparticle-based electrochemical immunosensor for carbaryl detection/ E. V. Dorozhko. – Direct text //Talanta. – 2021. – Т. 228. – С. 122174.

Научный руководитель: Дорожко Е. В. кандидат химических наук, доцент

УДК 54.062

АНАЛИЗ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ЦЕОФОРМИНГА Н-ГЕКСАНА И ЦИКЛОГЕКСАНА

Лукьянов Д. М., Алтынов А. А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Темп роста добычи газового конденсата в Российской Федерации последние 10 лет остается стабильно высоким и составляет примерно 6,5 % ежегодного прироста. Газовый конденсат представляет собой относительно легкие углеводороды, которые находятся в газообразном состоянии в пластовых условиях, характеризующихся повышенными температурами и давлениями, достигающими 200-300 атм. При добыче происходит снижение давления и из газа конденсируются наиболее тяжелые компоненты. Продуктом дальнейшей подготовки извлеченного сырья является стабильный газовый конденсат (СГК), состоящий в значительной степени из насыщенных и ароматических углеводородов C_5-C_7 различного строения.

Стабильный газовый конденсат является перспективным сырьем для процесса получения компонентов моторных топлив на цеолитном катализаторе – цеоформинга [1]. Однако, оценка влияния состава сырья на результат цеоформинга осложняется многокомпонентным составом СГК. С целью изучения влияния состава сырья на направления химических пре-

вращений в ходе цеоформинга на лабораторной установке проточного типа был проведен цеоформинг чистых веществ: н-гексана и циклогексана. В качестве катализатора применялся цеолит типа ZSM-5.

Перед началом процесса катализатор был измельчен механически и выдержан в среде азота 8 ч при температуре 500 °С. Процесс проводился при давлении 0,25 МПа и объемном расходе сырья 2 $ч^{-1}$. Температура варьировалась в интервале 375-425 °С с шагом 25 °С. Составы полученных продуктов определялись на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» по методике, представленной в [2].

В таблице 1 представлены групповые составы продуктов цеоформинга н-гексана (НГ) и циклогексана (ЦГ).

Таблица 1

Групповые составы продуктов цеоформинга, % масс.

Класс углеводорода	**Температура, °С**					
	375		400		425	
	НГ	ЦГ	НГ	ЦГ	НГ	ЦГ
ароматические	19,06	30,91	29,38	50,66	36,83	64,95
изопарафины	45,88	6,02	35,62	8,02	26,55	6,48
нафтены	4,41	31,90	2,07	2,66	1,40	2,48
н-парафины	27,15	24,46	25,49	29,92	26,73	22,41
олефины	3,50	6,72	7,44	8,75	8,49	3,68

Из таблицы 1 можно видеть, что в продуктах переработки циклогексана содержание ароматических соединений в 1,5-2 раза превышает соответсвенное их содержание в продуктах переработки н-гексана. С ростом температуры для обоих видов сырья характерно увеличение содержания ароматических соединений.

Продукты переработки циклогексана при исследуемых температурах процесса содержат 6-8 % мас. изопарафинов. Для продуктов цеоформинга н-гексана характерно значительно большее содержание изопарафинов.

Содержание нафтенов для продуктов цеоформинга во всех опытах невелико и составляет 1-5 % мас. за исключением процесса переработки циклогексана, проведенного при 375 °С.

Значительных отличий в содержании нормальных парафинов и олефинов для продуктов процесса не выявлено как на стадии анализа групповых составов, так и в ходе покомпонентного анализа.

В таблице 2 представлен перечень 10-ти компонентов, имеющих наибольшие средневзвешенные концентрации в полученных продуктах.

Таблица 2

Содержание основных компонентов в продуктах цеоформинга, % масс.

Компонент	**Температура, °С**					
	375		400		425	
	НГ	ЦГ	НГ	ЦГ	НГ	ЦГ
толуол	8,78	10,85	12,73	22,98	21,02	25,81
изопарафины C_{9+}	5,04	9,28	6,49	13,76	9,22	11,58
н-бутан	9,30	6,98	9,06	8,82	7,65	5,79
п-ксилол	5,47	3,69	7,12	13,69	3,34	6,46
2-метилпентан	16,03	0,72	7,92	0,67	5,00	0,36
циклогексан	0,00	27,53	0,06	0,01	0,00	1,53
изопентан	7,31	1,83	6,93	2,79	5,59	2,33
пропан	4,64	3,66	4,80	3,47	6,06	3,03
изобутан	6,81	1,37	6,78	2,31	5,72	1,95
о-ксилол	2,17	3,01	2,88	5,95	4,42	6,19

Анализ составов показывает, что основными ароматическими соединениями в составе продуктов цеоформинга являются толуол и п-ксилол. С ростом температуры выход толуола увеличивается, а для п-ксилола наблюдается максимум выхода при температуре 400 °С. Содержание других изомеров ксилола невелико.

Содержание тяжелых парафинов C_{9+} в продуктах цеоформинга циклогексана примерно в 1,5-2 раза превышает содержание данного компонента в продуктах переработки н-гексана. Однако для более легких н-парафинов (C_4-C_6) больший выход характерен для продуктов переработкин-гексана.

Значительное (27,53 % мас.) содержание циклогексана в продуктах цеоформинга чистого циклогексана при температуре 375 °С указывает на недостаточное время проведения процесса для полной конверсии данного вещества.

На основании анализа состава продуктов цеоформинга чистых н-гексана и циклогексана, можно выделить следующие направления химических превращений в исследуемом процессе:

- изомеризация нормальных парафинов с образованием изопарафинов;
- крекинг нормальных парафинов с образованием олефинов;
- перераспределение водорода в олефинах, продуктом которого являются ароматические соединения, тяжелые н-парафины и диолефины;
- перераспределение водорода в нафтенах и олефинах с образованием ароматических соединений и тяжелых н-парафинов.

Таким образом, ароматические соединения и н-парафины C_{9+} образуются в ходе перераспределения водорода как из олефинов, что преимущественно характерно для процесса переработки н-гексана, так и при взаимодействии олефинов с нафтенами, что наблюдается при

цеоформинге циклогексана. Предложенные направления согласуются с проведенным в данной работе анализом составов, в ходе которого было отмечено повышенное содержание тяжелых н-парафинов и ароматических соединений в продуктах цеоформинга циклогексана относительно их содержания в продуктах цеоформинга н-гексана. В свою очередь отсутствие нормальных парафинов в исходном сырье, предположительно, определяет невысокий выход изопарафинов в процессе переработки циклогексана.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90157.

Список использованных источников

1. Производство автомобильных бензинов и использованием стабильного газового конденсата и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве смесевых компонентов / А. А. Алтынов, И. А. Богданов, Н. С. Белинская [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтегазовое дело. – 2019. – № 2. – С. 217-242.

2. ГОСТ 32507-2013. «Бензины автомобильные и жидкие углеводородные смеси. определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии». : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 717-ст : введ. впервые : дата введ. 2015-01-01 / разработан «ФГУП ВНИЦСМВ». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 26 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Алтынов А. А., инженер отделения химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета (ОХИ ИШПР ТПУ).

УДК 669.053.2/.4

ПЕРЕРАБОТКА КВАРЦ-ЛЕЙКОКСЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПОЛУЧЕНИЕМ СТРУКТУРЫ ПСЕВДОБРУКИТА

Любушкин Т. Г., Носова Т. И.
Российский Химико-Технологический Университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Кварц-лейкоксеновый концентрат представляет из себя минерал, упрощенный состав которого можно представить, как смесь диоксидов титана и кремния в равных пропорция, с присутствием незначительных количеств оксидов других элементов (натрий, железо, и др.) [1].

Кварц-лейкоксен считается перспективным сырьевым источником титана, однако вследствие своей структуры, представляющей собой взаимное прорастание зерен рутила и кварца, не поддается эффективной переработке ни сульфатным, ни хлорным методами [1,2]. Проблема титанового сырья стоит остро вследствие того, что Российские месторождения не отвечают стандартам качества, необходимым для переработки минералов. В настоящее время потребность России в титановом сырье покрывают, в большей степени, импортным сырьем или полуфабрикатами.

В рамках разработки концепт-технологии переработки кварц-лейкоксена было выдвинуто предположение о возможности пирометаллургической обработки в присутствии железосодержащей добавки с получением псевдобрукита, минерала близкого по своим химическим свойствам к ильмениту. Псевдобрукит обладает значительно большим сродством к кислотам, нежели лейкоксен и, теоретически, станет возможным традиционная сернокислотная схема переработки.

В качестве железосодержащей добавки использован оксид железа (III) в стехиометрическом соотношении. Время обработки – 4 часа, температура 1450 С. Рентгенограмма полученного образца представлена на рис. 1.

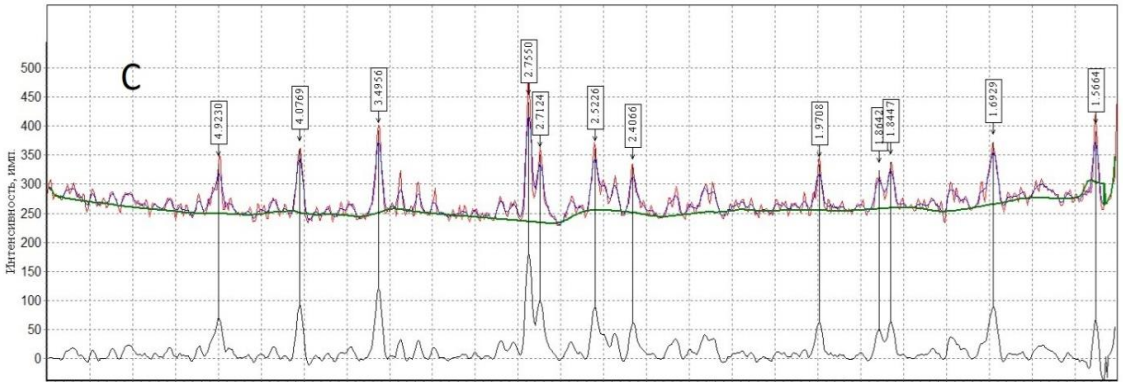


Рис. 1. Рентгенограмма полученного образца.

Данные по фазовому и количественному составу полученного образца псевдобрукита представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фазовый и количественный состав образца псевдобрукита

Фаза	**Фаза**	**Сод. фазы. %**	**Межпл. Расст.**
Псевдобрукит	Fe_2TiO_5	49,6	3,4956; 4,9230; 2,7550; 2,4066;1,9708,1,8642;1,5664
Гематит	Fe_2O_3	20,4	2,7124; 2,5262; 1,8447
Рутил	TiO_2	11,1	1,6981; 3,2632; 2,2202
Кварц	SiO_2	18,9	4,0769; 3,3646

Как видно из представленных данных в процессе пирометаллургической обработки кварц-лейкоксена в присутствии железосодержащей добавки, происходит количественная конверсия лейкоксена (диоксида титана) в псевдобрукит. Наличие в продуктах спекания гематита свидетельствует о недостаточной степени контакта фаза, либо о недостаточной степени измельчения. Процесс пирометаллургической обработки, вероятно, в дальнейшем может быть оптимизирован при проведении процесса в инертной атмосфере или более мелком измельчении сырья [3].

На основании полученных в результате эксперимента данных был сделан вывод, что пирометаллургическая переработки кварц-лейкоксена позволяет получать минерал с более высоким потенциалом переработки и возможностью дальнейшей интеграции сырья в традиционные технологические процессы переработки титансодержащего сырья сернокислотным способом.

Список использованных источников

1. К вопросу об использовании лейкоксенового концентрата для производства пигментного диоксида титана сернокислотным способом / Д. Ю. Копьев, Г. Б. Садыхов, Т. В. Гончаренко, Т.В. Олюнина.. – Текст : непосредственный. – Текст : непосредственный // V Международная конференция-школа по химической технологии ХТ'16. – 2016. – С. 246-247.

2. Заблоцкая, Ю. В. Автоклавное обескремнивание лейкоксенового концентрата гидроксидом кальция с получением искусственного рутила: Дис. Кандидат технических наук / Ю. В. Заблоцкая; Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова российской академии наук. – Москва, 2014. – 136 с. – Текст : непосредственный.

3. Принципы пиро-гидрометаллургической переработки кварц-лейкоксенового концентрата с формированием фазы псевдобрукита / Е. Н. Кузин, Е. Н. Кручинина, А. Б. Фадеев, Т. И. Носова. – Текст : непосредственный // Обогащение руд. – 2021. – № 3. – С. 33-38.

Научный руководитель: Кузин Е. Н. Кандидат технических наук, доцент

УДК 544.636/.638

МОДИФИКАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА $Li_{6.55}Al_{0.15}La_3Zr_2O_{12}|LiCoO_2$ ПУТЁМ ВВЕДЕНИЯ ЛЕГКОПЛАВКОЙ ДОБАВКИ Li_3BO_3

Лялин Е. Д.[1, 2], Ильина Е. А.[1], Першина Л. С.[2],
[1] Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург
[2] Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

На сегодняшний день по всему миру широко распространены литий-ионные аккумуляторы благодаря трудам Уиттингема, Гуденафа и Ёсино.

Литий-ионные аккумуляторы показывают самые высокие значения энергоёмкости и имеют ряд преимуществ. Однако, в составе таких аккумуляторов присутствует раствор литиевой соли в апротонном растворителе либо используется гелиевый или полимерный электролиты, которые не устойчивы при превышении рабочих температур и склонны к взаимодействию с электродными материалами. Самовозгорание такого аккумулятора тушить традиционными средствами не эффективно в следствии высокой активности лития, что может привести к тяжелым последствиям. Решить данную проблему можно путем перехода к полностью-твердофазным источникам тока.

Твердофазные источники тока проявляют огромный интерес у исследователей по всему миру. Для создания подобных источников тока в качестве твердого электролита рассматриваются соединения с гранатоподобной структурой на основе $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZ). LLZ обладает высокой электропроводностью (~10^{-4} См/см при 25ºС) [1]. Однако, одной из проблем создания высокоэнергоёмких полностью-твердофазных источников тока является организации оптимального интерфейса между твердым электролитом и твердыми электродами [2].

Целью данной работы являлось установление влияния добавки Li_3BO_3 на термическую стабильность, химическую совместимость и сопротивление на границе между LLZ и катодным материалом.

Твердый электролит $Li_{6.55}Al_{0.15}La_3Zr_2O_{12}$ (c-LLZ) и катодный материал $LiCoO_2$ (LCO) синтезировали по золь-гель методике, подробно описанной в работах [3, 4]. Добавку Li_3BO_3 (LBO) получали стандартным методом закалки в расплаве [5].

Термическое поведение смесей, состоящих из c-LLZ, $LiCoO_2$, Li_3BO_3, исследовали с помощью дифференциальной сканирующей колориметрии (ДСК). Измерения ДСК проводились в Pt-тиглях при скорости нагрева 10 ° С $мин^{-1}$ на воздухе при скорости продувки 20 мл $мин^{-1}$ в диапазоне температур 35-800 °С с использованием термоанализатора Netzsch STA 449 F1 Jupiter. Полученные результаты обрабатывались в компьютерной программе NETZSCH Proteus.

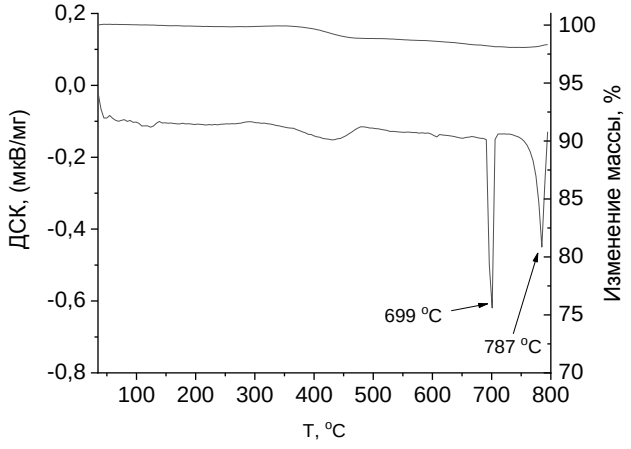


Рисунок 1 - ДСК кривая смеси c-LLZ:$LiCoO_2$:Li_3BO_3 (1:1:1)

На рисунке 1 в исследуемом температурном диапазоне наблюдается 2 эндотермических пика. Интенсивный эндотермический пик при 699 ºС относится к плавлению Li_3BO_3, второй эндотермический пик при 787 ºС предположительно относится к взаимодействию в исследуемой смеси. Исходя из полученных методом ДСК данных в качестве температур припекания электродных материалов к твердому электролиту LLZ были выбраны 700 и 720 ºС.

Электроды $LiCoO_2$ с различным количеством добавки Li_3BO_3 (0-15 мас. %) получали смешиванием с изопропиловым спиртом на магнитной мешалке. Полученную суспензию наносили на поверхность предварительно отшлифованных образцов c-LLZ методом аэрографического напыления и припекали при 700 и 720 °С в течение 30 мин. Согласно данным РФА термообработка полуэлемента $LiCoO_2$|c-LLZ при 700 и 720 ºС не приводит к образованию каких-либо примесных фаз. Полуэлементы c-LLZ | (100-x) $LiCoO_2$ + x Li_3BO_3 (x=5, 10 и 15 мас. %) были подвергнуты термообработке при 700 и 720 ºС. Согласно данным РФА у полуэлементов, подвергнутых термообработке при 700 ºС, помимо основных фаз ($LiCoO_2$, Li_3BO_3 и c-LLZ) наблюдалось присутствие LiB_3O_5. При увеличении температуры до 720 ºС обнаружен дополнительный пик, который относится к $La_2Li_{0.5}Co_{0.5}O_4$.

На рисунке 2 представлен график температурной зависимости проводимости полуэлемента LCO/LBO | c-LLZ. Из рисунка видно, что введение 10 масс% Li_3BO_3 является оптимальным при термообработке при 700 ºС. Однако, повышение температуры до 720 ºС приводит к росту проводимости полуэлемента с композиционным катодом и сдвигу оптимального состава к 5 масс% Li_3BO_3. Рост проводимости наблюдается, не смотря на образование дополнительной примесной фазы, согласно данным РФА, что может быть связано с тем что повышение температуры термообработки приводит к лучшему контакту между керамикой и электролитом. При использовании композиционного катода с 5 мас% Li_3BO_3 наблюдается снижению межграничного сопротивления с 260 до 40 Ом см^2 при 300 ºС по сравнению с чистым кобальтитом лития.

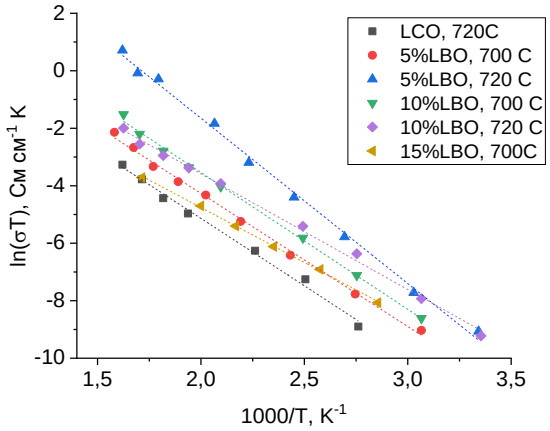


Рисунок 2 - Температурные зависимости проводимости полуэлемента LCO/LBO | c-LLZ

Таким образом введение 5 мас. % легкоплавкой добавки Li_3BO_3 с последующей термообработкой при 720 С позволяет снизить сопротивление на границе между электродом и электролитом, что в дальнейшем можно использовать для создания полностью твердых источников тока.

Исследование выполнено в рамках гос. бюджетной тематики ИВТЭ УрО РАН (программа исследований №АААА-А19-119020190042-7). Аттестацию полученных материалов проводили с использованием оборудования ЦКП «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

Список использованных источников

1. Lithium garnets: Synthesis, structure, Li^+ conductivity, Li^+ dynamics and applications / S. Ramakumar, C. Deviannapoorani, L. Dhivya, L. S. Shankar, R. Murugan. – Direct text// Prog. Mater. Sci. – 2017. – № 88. – P. 325–411.

2. A review of lithium and non-lithium based solid-state batteries / J. G. Kim, B. Son, S. Mukherjee. – Direct text // J. Power Sources. – 2015. – № 282. – P. 299–322.

3. Sol-gel synthesis of Al- and Nb-co-doped $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ solid electrolytes / E. A. Il'ina, E. D. Lyalin, B. D. Antonov, A. A. Pankratov. – Direct text // Ionics. – 2020. – № 26. – P. 3239–3247.

4. Il'ina, E. A. Stability investigations of composite solid electrolytes based on $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ in contact with $LiCoO_2$ / E. A. Il'ina, B. D. Antonov, M. I. Vlasov. – Direct text // Solid State Ionics. – 2020. – № 356. – P. 115452.

5. The mechanism of enhanced ionic conductivity in $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$–$(0.75Li_2O{\cdot}0.25B_2O_3)$ composites / K. Kwatek, W. Slubowska, C. Ruiz, I. Sobrados, J.Sanz. – Direct text // J. Alloys Compd. – 2020. – № 838. – P. 155623.

УДК 543.552

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТРАХИНОНОВОГО КРАСИТЕЛЯ REACTIVE BLUE 4

Мальцева А. Р., Липских М. В.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Антрахиноновые красители - синтетические красители, амино- и гидроксипроизводные антрахинона. Данные красители характеризуются высокой красящей способностью, яркостью и чистотой цветов, высокой устойчивостью окрасок; ассортимент антрахиноновых красителей охватывает всю цветовую гамму; один из наиболее обширных классов красителей. Цвет антрахиноновых красителей, способ крашения, область применения и свойства зависят от природы, положения и числа заместителей [1].

Реактивный синий 4 (RB 4, Reactive Blue 4) - это хлортриазиновый краситель на основе антрахинона, чаще всего применяется в текстильной промышленности. Так как в процессе крашения молекула красителя присоединяется к волокну ковалентной связью путем нуклеофильного замещения галогенидных заместителей в гидроксильной группе целлюлозы. После завершения окрашивания материал несколько раз промывают для удаления незафиксированного красителя. Остаточный реакционноспособный краситель остается в технологической воде и сбрасывается в сток. Сточные воды сбрасываются в канализацию или водоток [1].

RB 4 является экотоксикантом, способен вызывать воспаление поверхности кожи и слизистой оболочки [1]. Поэтому одной из главных проблем является его своевременное обнаружение и идентификация в природных объектах. Благодаря наличию в структуре красителя электрохимически активных групп (Рис. 1), возможно его определение с помощью метода вольтамперометрии.

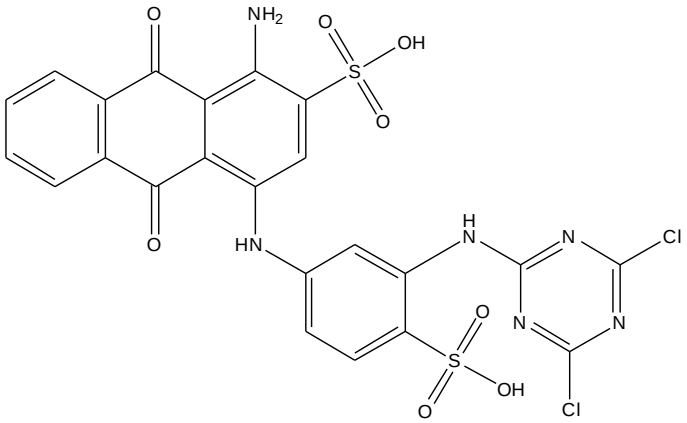


Рисунок 1 – Структурная формула RB 4

Целью данной работы является изучение электрохимических свойств RB 4, закономерностей окисления-восстановления молекулы для дальнейшей разработки методики его определения в объектах окружающей среды.

Определение проводили в трехэлектродной ячейке, содержащей фоновый электролит - буфер Бриттона-Робинсона и RB 4 концентрацией $9{,}0 \cdot 10^{-3}$М. Стеклоуглеродный электрод использовали в качестве индикаторного, хлоридсеребряные – в качестве вспомогательного и электрода сравнения. RB 4 проявляет электрохимические свойства как в анодной, так и в катодной области потенциалов. Для исследования была выбрана анодная область потенциалов из-за мешающего влияния электрохимического сигнала восстановления кислорода в катодной области.

Как известно, кислотность среды может оказывать влияние на интенсивность и положение сигнала. Зависимость тока пика от кислотности фонового электролита была исследована в широком диапазоне pH в буфере

Бриттона-Робинсона. Из рисунка 2 видно, что максимальная интенсивность сигнала достигается при pH 7,0.

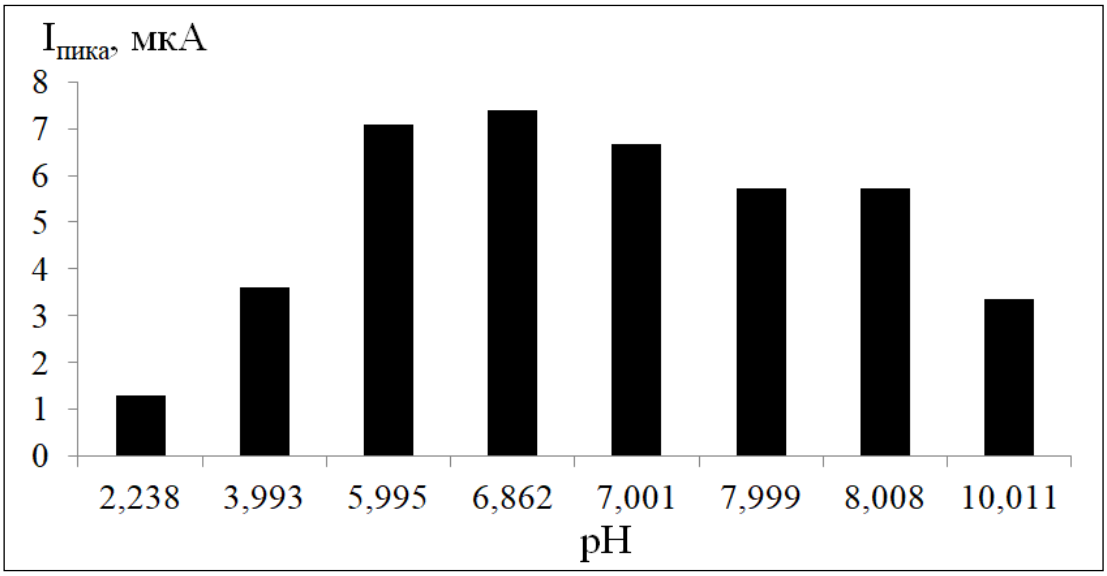


Рисунок 2 – Зависимость силы тока RB 4 ($9{,}1 \cdot 10^{-3}$ М)
на стеклоуглеродном электроде от pH среды в буфере Бриттона-Робинсона

Помимо pH, значительное влияние на сигнал могут оказывать условия концентрирования вещества на электроде перед определением. В работе исследовали влияние потенциала и времени накопления. Из рисунка 3 видно, что наиболее подходящим значением потенциала накопления является 0,5 В. Также в ходе эксперимента было показано, что наиболее оптимальным временем накопления является 20 с.

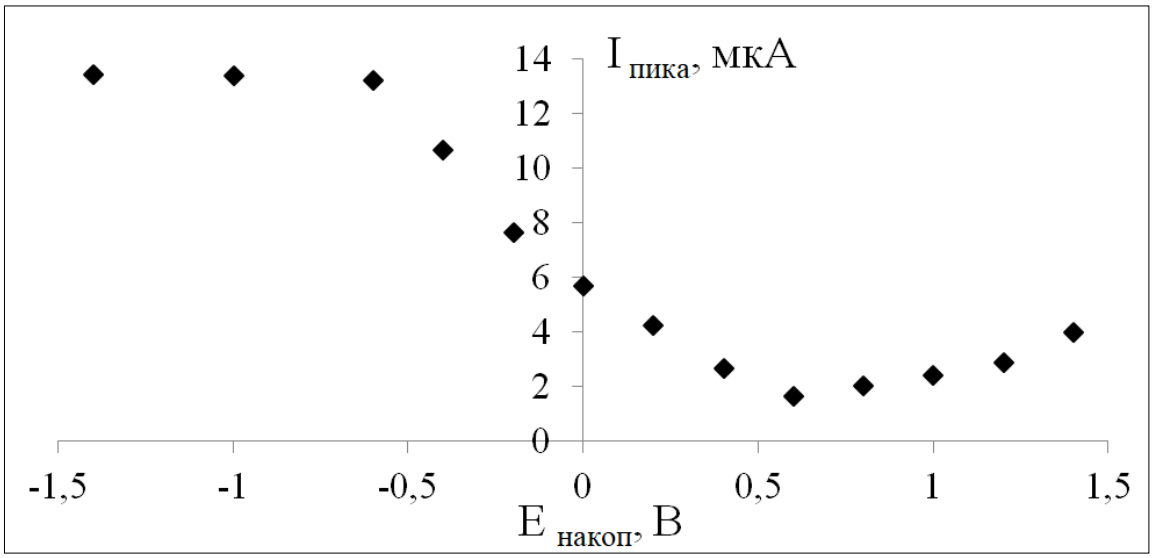


Рисунок 3 – Зависимость силы тока RB 4 ($9{,}1 \cdot 10^{-3}$ М)
на стеклоуглеродном электроде от потенциала накопления

При выборе скорости сканирования потенциала исследовали область значений от 20 до 160 мВ/с (Рис. 4). Несмотря на то, что при увеличении скорости наблюдается увеличение пика тока, при высоких скоростях происходит размывание сигнала. Поэтому для аналитического определения было выбрано значение 100 мВ/с.

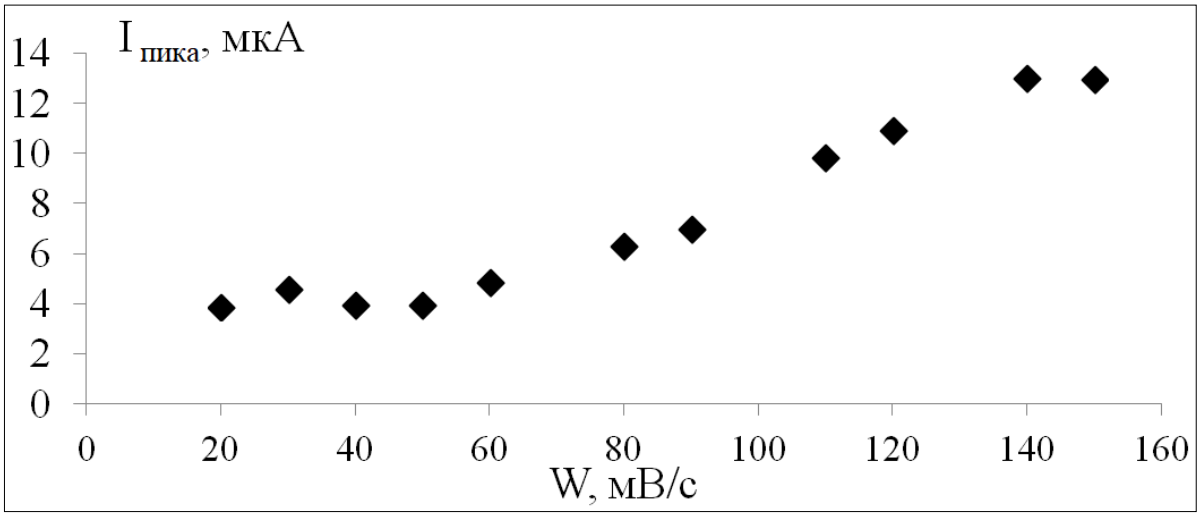


Рисунок 4 –
Зависимость силы тока RB 4 ($9{,}1 \cdot 10^{-3}$ М) на стеклоуглеродном электроде от скорости

Таким образом, в работе были подобраны рабочие условия определения RB 4 в модельной среде, которые могут быть использованы для дальнейшей разработки методики его количественного определения. Данная методика может быть использована в определении красителя в сточных водах полиграфической, лакокрасочной, пищевой, текстильной промышленности, отходах заводов, занимающихся производством синтетических волокон, пластических масс, резины, и других материалов.

Список использованных источников

1. Patricia A. Carneiro, Cecílio S. Fugivara, Raquel F. P. Nogueira, [et al.] A Comparative Study on Chemical and Electrochemical Degradation of Reactive Blue 4 Dye. – Direct text // Portugaliae Electrochimica Acta 2. - 2003. - № 49-67. - С. 49-51.

Научный руководитель: Липских О. И. кандидат химических наук, доцент ОХИ ИШПР.

УДК 544

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА ПАУКА

Мальцева Е. С., Трефилина Д. А., Рябченко Е. О., Кривошапкина Е. Ф.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, г. Санкт-Петербург

В настоящее время шелк паука привлекает значительное внимание благодаря своим выдающимся механическим и биологическим свойствам, таким как высокая прочность (~1,5 ГПа), биосовместимость и регенеративная активность [1]. Возможность создания фотолюминесцентного материала с вышеуказанными свойствами открывает новые возможности для исследований и его применения в регенеративной медицине.

На данный момент тканевая инженерия является наиболее перспективной и быстро развивающейся отраслью медицины. Важность тканевой инженерии растет, и это требует создания новых биокомпозитных материалов для восстановления тканей. Ключевым подходом в лечении поврежденных тканей является регенерация с использованием клеток, каркасов и соответствующих факторов роста. Шелк паука может служить матрицей для регенерации клеток благодаря специальным белкам, входящим в его состав. Более того, шелк паука вызывает значительно более низкую воспалительную реакцию и поддерживает пролиферацию различных типов клеток по сравнению с другими биополимерами [1]. Во время лечения необходимо постоянно следить за восстановлением тканей, этого можно добиться с помощью оптически активных материалов. Одним из таких материалов являются углеродные точки - наноструктуры, которые является биосовместимыми и обладает сильным фотолюминесцентным эффектом [2].

В этой работе были применены два основных подхода к производству оптически активных гибридных материалов (*in situ, ex situ)*. Полученные материалы были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM), FTIR спектроскопии, флуоресцентного микроскопа и спектрофлуорометра. Также была проведены механические исследования материала - испытания на растяжение и определение модуля Юнга. Основываясь на результатах, модификация шелка паука наночастицами углеродных точек является перспективный вариантом для биовизуализации благодаря своей флуоресцентной активности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (проект № 075-15-2019-1896).

Список использованных источников

1. Kiseleva A. Hybrid Spider Silk with Inorganic Nanomaterials. – Direct text / Kiseleva A. //Nanomaterials. – 2020. – Т. 10. – №. 9. – С. 1853.
2. Luo P. G. Carbon “quantum” dots for optical bioimaging / Luo P. G. . – Direct text //Journal of Materials Chemistry B. – 2013. – Т. 1. – №. 16. – С. 2116-2127.

УДК 547.335.2+547.335.4

СОРБЦИОННЫЕ И КОЛОРИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ БИСАЗОПРОИЗВОДНЫХ 2,4,6-ТРИГИДРОКСИНИТРОБЕНЗОЛА

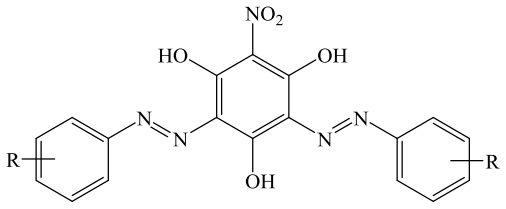
Мелешенкова В. В., Кузнецов Д. Н.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва

Изучение возможности взаимодействия азосоединений с ионами металлов представляет интерес как минимум по двум причинам. Во-первых, красители, содержащие комплексносвязанные металлы, обладают, как правило, повышенными эксплуатационными свойствами. Во-вторых, они также могут быть использованы для получения на их основе сорбционно-активных материалов [1].

Нитрофлороглюцин (2,4,6-тригидроксинитробензол), в свою очередь, уже зарекомендовал себя как высокореакционноспособный субстрат в синтезе азокрасителей различного строения, окрашивающих волокна амфотерного характера и обеспечивающих хорошие эксплуатационные свойства окрасок [2].

В связи с этим, целью настоящей работы является получение новых азокрасителей на основе нитрофлороглюцина, содержащих в структуре молекулы центры комплексообразования и способных придавать сорбционные свойства текстильным материалам.

Ряд полученных и изученных в работе бисазопроизводных 2,4,6-тригидроксинитробензола представлен на рисунке 1.



Где: R = 2-OH, 4- NO2; 2-OH, 5- NO2; 4-OH, 5-COOH; 2-OH, 3-NO2, 5-SO3H

Рисунок 1 - Структурные формулы синтезированных азосоединений

Индивидуальность и чистота синтезированных азосоединений подтверждена на основании данных хромато-масс-спектрометрии (LC-MS), электронных спектров поглощения и тонкослойной хроматографией.

Методом спектрофотометрического титрования было изучено взаимодействие полученных азопроизводных нитрофлороглюцина с рядом трех- и двухвалентных катионов переходных металлов (Cu2+, Co2+, Fe3+) и установлено, что образующиеся комплексные соединения имеют среднюю устойчивость.

Для изучения возможности получения сорбционноактивных материалов мы исследовали синтезированные бисазосоединения в качестве красителей для текстильных материалов из поликапроамидных волокон и определили устойчивость окрасок к различным физико-химическим воздействиям.

Сорбционная активность была изучена путем обработки окрашенных образцов капрона растворами солей металлов: $Cu(CH_3COO)_2$, $CoCl_2$*6 H_2O, $FeCl_3$.

Результаты исследования показали, что бисазосоединения на основе 2,4,6-тригидроксинитробензола обеспечивают хорошие эксплуатационные свойства окрасок и могут быть использованы для колорирования тканей из поликапроамидного волокна. При обработке выкрасок полиамидной ткани солями металлов происходит углубление цвета на два – три тона, что свидетельствует о протекании процесса комплексообразования и подтверждает перспективность использования полученных соединений для разработки новых сорбционноактивных текстильных материалов.

Список использованных источников

1. Селезнев В. С. Получение и свойства хемосорбционного поликапроамидного волокна, содержащего фрагменты азо-2,4,6-тригидрокситолуола / В. С. Селезнев, К. И. Кобраков, Д. Н. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС – 2018): материал. межд. научн. студ. конференция. Часть 1.- Москва, 2018, с.190

2. Мелешенкова В. В. Синтез и исследование свойств новых бисазосоединений, содержащих фрагмент нитрофлороглюцина / В. В. Мелешенкова, Р. О. Шукуров, Д. Н. Кузнецов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина» Часть 2. – Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 198-201. – Текст : непосредственный.

УДК 665.7.038.64

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ДЕПРЕССОРНЫХ И ДЕПРЕССОРНО-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ ПРИСАДОК НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

Мешалкина А. С., Смышляева К. И.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

На возможность применения и транспортировки нефтепродуктов при различных температурах окружающей среды существенно влияют их низкотемпературные свойства.

Для России низкотемпературные характеристики являются одними из важнейших, однако нефтеперерабатывающие заводы производят по большей части летнее дизельное топливо, а зимнее же удовлетворяет автомобилистов только на 30% от потребности [1].

Низкотемпературные показатели – предельная температура фильтруемости, температура помутнения и застывания – зимних сортов дизельного топлива должны быть значительно ниже показателей летних сортов. Улучшить низкотемпературные характеристики можно несколькими способами, однако более простым и эффективным способом является добавление в топливо специальных депрессорных присадок [2].

Объектами исследования были выбраны следующие депрессоры: импортная (Dodiflow 5934) и отечественная (DPN-172) депрессорно-диспергирующие присадки, асфальтены, выделенные из гудрона и висбрекинг-остатка, депрессорная присадка на основе сополимеров этилена с винилацетатом с добавками полистирола, асфальтенов, а также композитная депрессорная присадка на основе сополимеров этилена с винилацетатом и гудроном.

В ходе работы было изучено влияние введения депрессорных присадок к дизельной фракции гидрокрекинга (ДФГК), гидроочищенной дизельной фракции (г/о ДФ) и дизельному топливу (ДТ). В качестве присадки были использованы растворы асфальтенов висбрекинг-остатка в смеси толуола и хинолина, раствор асфательнов гудрона в толуоле и раствор композита сополимеров этилена с гудроном в о-ксилоле. Наибольшим депрессорным действием обладают асфальтено-смолистые вещества. Для приготовления присадок на основе асфальтенов учитывались их структура и свойства. Положительный эффект асфальтены оказывают при малых концентрациях, большие же их концентрации приводят к увеличению вязкости смеси, что отрицательно влияет на низкотемпературные свойства топлив [3].

Проанализированы изменения предельной температуры фильтруемости и температуры застывания ДФГК, г/о ДФ и ДТ при добавлении

присадок в различных концентрациях. Выявлены оптимальные концентрации присадок, при которых наблюдается их максимальный эффект действия, приводящий к значительному снижению температуры застывания ДФГК.

Работа выполнена в рамках Государственного задания 0792-2020-0010 и хоздоговора по НИР №21039 хд с АО «ГК «Титан».

Список использованных источников

1. Кемалов А. Ф. Получение зимних сортов дизельного топлива с применением депрессорно-диспергирующих присадок на основе нефтехимического сырья / А. Ф. Кемалов, Р. А. Кемалов, Д. З. Валиев. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. - 2010. - №10. - С. 645-647.

2. Нелюбов Д. В. Исследование реологических и низкотемпературных свойств модельных растворов твердых компонентов нефти / Д. В. Нелюбов, Л. П. Семихина, А. А. Федорец . – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. - 2015. - №2(2). - С. 38-49.

3. Евдокимов И. Н. Влияние асфальтенов на термические свойства нефтяных и битумных эмульсий / И. Н. Евдокимов, Н. Ю. Елисеев. – Текст : непосредственный // Химия и технология топлив и масел. - 2002. - №6. - С. 26-29.

УДК 66.095.252.094.25

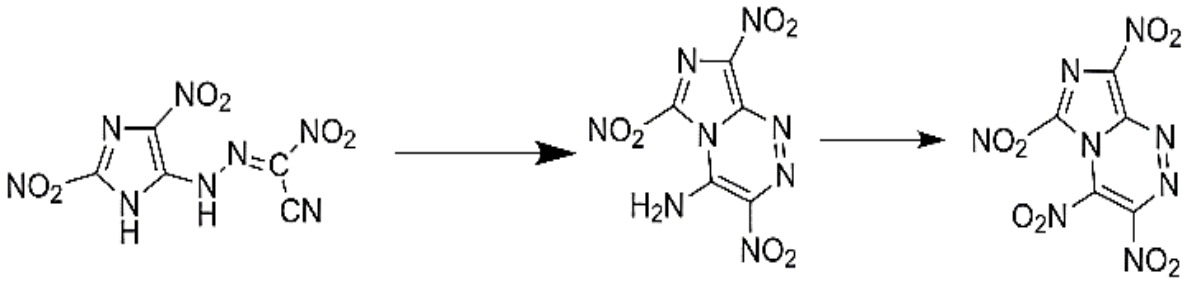
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИТРОГРУПП НА ЦИКЛИЗАЦИЮ НИТРОИМИДАЗОЛИЛГИДРАЗОНОВ

Микрюков Г. К., Ахметова А. Г., Ахтямова З. Г., Нагорнова О. А.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

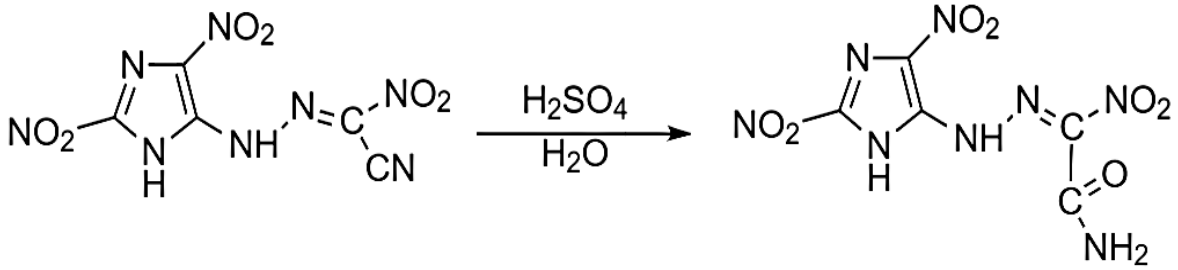
В последнее время большое внимание уделяется синтезу новых конденсированных би-, триядерных полиазотистых структур, выгодно отличающихся от других классов соединений мощностью, плотностью и термической стабильностью. К таким соединениям можно отнести нитропроизводные имидазолов, в частности нитроимидазотриазины. Имидазотриазины имеют структуру схожую с молекулами жидких кристаллов и в связи с этим применяются в качестве красителей, люминофоров и ингибиторов коррозии [1].

На кафедре ХТОСА КНИТУ ведутся исследования возможности синтеза нитропроизводных имидазотриазинов, а именно, 7-амино-1,3,6-

тринитро- и 1,3,6,7-тетранитроимидазо[5,1-c][4,5,6]триазинов по следующей схеме:



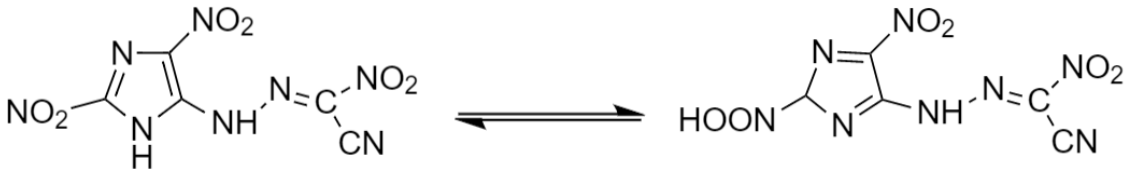
Нами была исследована циклоконденсация 2,4(5)-динитроимидазолил-5(4)-гидразонанитроацетонитрила (ДНИГ) в имидазотриазин по методике синтеза пиразолотриазинов [2]. При этом установлено, что обработка гидразона 10-40%-ными растворами серной кислоты завершается гидролизом исходного соединения по данной схеме:



Такое поведение ДНИГ, вероятно, можно объяснить активацией нитрильной группы имидазолилгидразона двумя нитрогруппами имидазольного кольца, в виду того, что в других азолилгидразонах, не имеющих нитрогруппу в ядре, при этих же условиях гидролиз нитрильной группы не наблюдается [2].

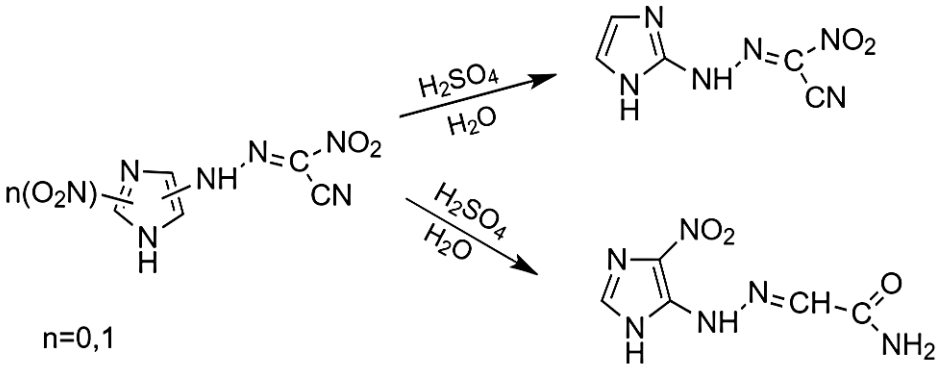
В дальнейшем нами была исследована возможность синтеза 7-амино-1,3,6-тринитроимидазо[5,1-c][1,2,4]триазина в других условиях циклизации δ-аминонитрилов. При этом установлено, что стандартные условия циклизации для данного соединения являются неэффективными, так как реакция не идет при кипячении в спиртах, уксусной кислоте, в водных растворах щелочей и декалине.

Отсутствие циклизации ДНИГ, вероятно, объясняется существованием его в таутомерной аци-форме, что характерно для ди-, тринитроимидазолов [3]:



С целью подтверждения наших предположений и дальнейшего изучения возможности синтеза нитроимидазотриазиновых структур последующие опыты проводили с использованием гидразонов, полученных из 5-диазо-4-нитро- и 2-диазоимидазолов.

Обработка нитроимидазолилгидразона 20-40%-ными растворами серной кислоты так же, как и в случае ДНИГ, завершается гидролизом продукта, а незамещенный имидазолилгидразон в этих условиях остается неизменённым:



Как показали проведенные исследования, устойчивость нитрильной группы имидазолилгидразонов нитроацетонитрила в растворах серной кислоты действительно определяется наличием нитрогруппы в имидазольном кольце.

Список использованных источников

1. Titov V. V. *Termotropic liquid crystals in the heterocyclic series.* // V.V. Titov, A.I. Pavlychenko. – Direct text // Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 1980. – V. 16, №1. – P. 1-13.

2. Нитроазины. Нитроацетонитрил в синтезе нитроазинов / В. Л. Русинов, А. Ю. Петров, О. Н. Чупахин [и др.]. – Текст : непосредственный // Химия гетероциклических соединений. – 1985. – № 5. – С. 682-688.

3. ИК-спектры и строение солей нитроимидазолов / Л. В. Епишина, В. И. Словецкий, В. Г. Осипов [и др.]. – Текст : непосредственный // Химия гетероциклических соединений. –1967. – № 4. –С. 716.

УДК 631.824:658.567.1

РЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ.

Мискичекова З. К., Гавва М. А.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Нагрузка на полигоны твердых коммунальных отходов (далее - ТКО) ежегодно возрастает за счет интенсификации хозяйственной деятельности человека и роста городского населения. Полигоны ТКО являются сложным техническим сооружением для централизованного сбора и обезвреживания отходов, обеспечивающим защиту окружающей среды от широкого спектра загрязняющих веществ различного происхождения (минеральные, органические, биологические).

Наиболее опасным отходом жизненного цикла полигона ТКО считается фильтрат, представляющий собой атмосферные осадки, прошедшие через физико-химические и биологические преобразования в теле полигона. В состав фильтрата полигона ТКО входят токсичные органические и неорганические вещества, тяжелые металлы в крайне высоких концентрациях, нефтепродукты и ПАВ [1-2]. Попадание токсичного фильтрата в почвенные слои или водоемы, приводит к значительному загрязнению окружающей среды [3]. С целью минимизации негативного воздействия фильтрата полигона ТКО, все сточные воды проходят процесс очистки.

Основной задачей представленной работы являлось изучение возможности очистки фильтрата полигона ТКО физико-химическим методом (коагуляция/флокуляция).

Подбор и оптимизацию расхода реагентов проводили на лабораторной установке VELP JLT 4. Время быстрого смешения 2 минуты, хлопьеобразование – 8 минут, седиментация – 20 минут. Определение содержания взвешенных веществ проводили фотометрическим методом.

На первом этапе исследований были получены данные об эффективной дозе коагулянта - оксихлорида алюминия марки Аква-Аурат-30. Зависимость степени очистки фильтрата (содержание взвешенных веществ) от дозы коагулянта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость степени очистки фильтрата от дозы коагулянта

Доза коагулянта , мг/л	50	100	150	200	250	300	350	400
Эффективность, %	12,5	35,67	52,3	77,3	72,7	68,0	69,6	92,4

Из приведенных в таблице 1 результатов видно, что оптимальная доза оксихлорида алюминия составляет 400 мг/л, при этом эффективность удаления взвешенных веществ достигает 92,4 %.

В дальнейших экспериментах были получены зависимости эффективности очистки фильтрата в зависимости от типа и дозы применяемых флокулянтов. К постоянной дозе оксихлорида алюминия (400 мг/л) вводили различные дозы флокулянтов. В качестве добавок использовались Praestol 650BC (катионный), Magnafloc 155 (анионный) и Besfloc K4000 (неионогенный). Результаты экспериментов представлены на графике рис.1.

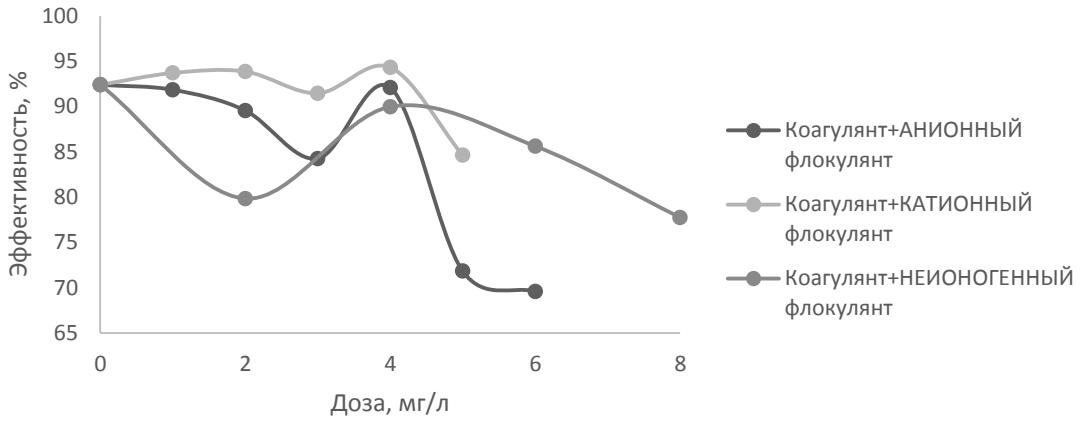


Рисунок 1 - Зависимость эффективности очистки фильтрата ТКО от дозы и типа применяемого флокулянта

Из данных, приведенных на рисунке 1 видно, что независимо от типа применяемого реагента добавка флокулянта не дает существенного увеличения эффективности очистки, однако в результате визуального наблюдения было установлено, что образующиеся в случае использования добавки флокулянтов хлопья имеют более высокую скоростью седиментации и фильтрации.

В результате проведенных исследований была установлена эффективная доза оксихлорида алюминия (400 мг/л), при этом добавка любого типа флокулянта в количестве 1 – 2 мг/л значительно интенсифицирует процессы выделения осадка. В качестве потенциального направления увеличения эффективности очистки возможно применение комплексных титансодержащих реагентов [4].

Список использованных источников

1. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов: монография / Я. И. Вайсман, В. Н. Коро-

таев, И. С. Глушанкова, С. В. Максимова. - Изд-во ПНИПУ, 2012. 258 с. – Текст : непосредственный.

2. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. П. Клушин, Н. С. Торошечников. - Москва: Химия, 1989. 512 с. – Текст : непосредственный.

3. Потапов П. А. Методика локализации и обработки фильтрата захоронения твердых бытовых отходов / П. А. Потапов, Е. И. Пупырев, А. Д. Потапов. - Москва: Ассоциации строительных вузов, 2004. -168 с. – Текст : непосредственный.

4. Кручинина Н. Е. Использование коагулянтов на основе хлоридов титана и кремния в процессах очистки фильтрата полигона твердых коммунальных отходов / Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков. – Текст : непосредственный // Химическая промышленность сегодня. 2017. № 8. С. 36 – 40.

УДК 665

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕРМОПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНОЙ ПЕНЫ

Михайлец Н. Р.,
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,
г. Москва

В отличии от каменноугольных пеков из исследований видно, что нефтяные пеки имеют значительно отличавшуюся лучшую графитируемость – это принципиально для нового химического производства в дальнейшем современных композиционных и конструкционных углеродных материалов, но все же они имеют по сравнению с каменноугольными, малую численность поликонденсированных (дифенил, терфенил и др.) ароматических соединений и, поэтому у них видя из опытов, более низкий коксообразующий потенциал, что приводит к довольно значительным трудностям их применения в промышленности. Из выше сказанного, вытекает задача по внедрению новых и адаптированных под современные реалий технологий производства нефтяных пеков из, на сегодняшний день, доступного сырья с выходом коксового остатка удовлетворяющего качества и повышенной графитируемостью в сравнении с каменноугольными пеками [1].

Для производства углеродных пен в промышленных условиях, без модификации, промышленно-производимые, в мировых масштабах, пеки не подходят. В основном вязкость, которая получается, очень низка, чтоб

сохранить форму углеродного материала порами – это есть главная проблема. Химический процесс термополиконденсации тяжелых продуктов нефтепереработки и нефтехимии (гудронов, газойлей, битумов) служит ключевым и одним из основополагающих методов производства нефтяных пеков. Из вышеперечисленного, данный способ способствует производить пеки со следующими характеристиками: t° размягчения равной 65-100°С и полученной, физической плотностью равной 1250-1300 кг/м^3. Широко используемый метод термополиконденсации, сложно регулируемый, довольно часто, взыскателен к составу сырья и при аддитивном анализе структуры сегодняшних процессов нефтехимии, нефтедобычи и нефтепереработки, ориентированных на предельное получение широко используемых масляных и моторных фракций, в настоящее время не способствует производить сырье для современных композиционных и конструкционных углеродных материалов [2].

В каталитическом, хорошо управляемом процессе имеется возможность справиться с несовершенствами, в основном присущими, характерными процессу термополиконденсации. Они, данные процессы, хорошо регулируются варьированием химического состава и количеством катализатора и определенные исследованиями технологические параметры.

На пилотной, собранной в лаборатории, установке, создателями произведен и протестирован, многократно воспроизведен, процесс окислительной термополиконденсации, на выбранном нами, гетерогенном Co-Mn катализаторе. Весь, разработанный авторами, процесс окисления протекает в стабильных, регулируемых и комфортных условиях при t° не более 200ºС и поддерживаемым постоянно, давлении приближенном к атмосферному. По завершению хорошо регулируемого процесса, катализатор отсоединяется от пека и для экономической выгоды, после восстановления применяется вновь [3].

Произведенные после каталитического процесса, пеки, на пилотной установке, обладают достаточно высокой t° размягчения в отрезке равном 200-400ºС и нефтяные пеки содержат мезофазу в количестве 50-100 масс.%.

Список использованных источников

1. Кинетика образования мезофазы при термополиконденсации высокоароматизированных нефтяных остатков / А. Т. Мухамедзянов, А. А. Мухамедзянова, Р. Н. Гимаев, М. И. Абдуллин. – Текст : непосредственный // Вестник Башкирского университета – 2012 – Т.17. -№ 4.

Научный руководитель: Синицин С. А. кандидат химических наук, доцент

УДК 665

ТЕРМОПОЛИКОНДЕНСИРОВАННЫЙ НЕФТЯНОЙ ПЕК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Михайлец Н. Р.,
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,
г. Москва

Впервые, углеродные волокна, привлекли своё внимание, как современных конструкционный материал для ракетно- и самолетостроения. Сегодня их применение охватывает и другие отрасли промышленности: машино- и кораблестроение, строительную индустрию, спортивный инвентарь, материалы для бытового, медицинского и экологического назначения. Эти волокна имеют высокую прочность, малый удельный вес, низкий коэффициент термического расширения и много других уникальных свойств.

Углеродные волокна, изначально, применяют для армирования композитных материалов с матрицей из синтетических смол, например, как эпоксидные смолы, полиамиды, полифенолы, поливиниловые эфиры и некоторые термопласты. Также на армирование композитных материалов с углеродной матрицей, идут небольшие объемы углеродных волокон. Сегодня, проводят много исследований по применению углеродных волокон в композитах со стеклянными, металлическими и керамическими матрицами. Стараются получить разные волокна напылением элементов на углеродное волокно, стойкие к окислению кислородом и воздействию высоких t°. Особенно перспективным является борное волокно, его получают осаждением бора на углеродное волокно [1].

Сильно вырастает доля пека в качестве сырья, в данное время примерно 40% идет на получение углеродных волокон, доля вискозных волокон небольшая (меньше 5%), оставшееся идет на долю полимеров, тоесть, на ПАН-волокна. Это из-за более высокого содержания углерода в пеке и большого выхода готового волокна из него по сравнению с ПАН- и гидратцеллюлозной [2].

Для получения углеродного волокна предъявляется ряд требований к сырью. Изначально, сырье должно иметь достаточное количество углерода, и в виде веществ алифатической природы, способных к ароматизации и в виде конденсированных ароматических соединений, которые являются зародышами появления олигомерных структур. Еще в сырье для получения углеродного волокна, надо иметь минимальное количество примесей (а именно серы и ионы металлов), оказывающих отрицательное влияние на качество углеродного волокна. Это сырье должно иметь стабильный качественный и количественный состав.

Этими качествами обладает вакуумотогнанный крекинг-остаток, применяемый для получения нефтяного пека, а минимальное содержание посторонних примесей, качественно выделяет применение нефтяного пека в производстве углеродного волокна по отношению к каменноугольному пеку [3].

На пилотной установке авторами разработан и опробован процесс двухстадийной термополиконденсации при повышенном давлении и термополиконденсации под вакуумом. При двухстадийной термополиконденсации, полученный нефтяной пек из вакуумотогнанного крекинг-остатка, удовлетворяет количественным и качественным составом, для производства углеродного волокна.

Далее, расплавным методом, из нефтяного пека сформировано пековое волокно.

Переводом наработанного пекового волокна в неплавкое состояние, осуществлён методом термоокислительной сшивки.

Появившееся окисленное пековое волокно подвергалось термообработке в печи периодического действия в протоке инертного газа при t° равной до 1100°С [2].

В следствие чего, получили дискретные образцы углеродного волокна. Сканирующим электронным микроскопом исследовали поверхность углеродного волокна. Срезы волокна и микрофотографии поверхности представлены на рисунке 1.

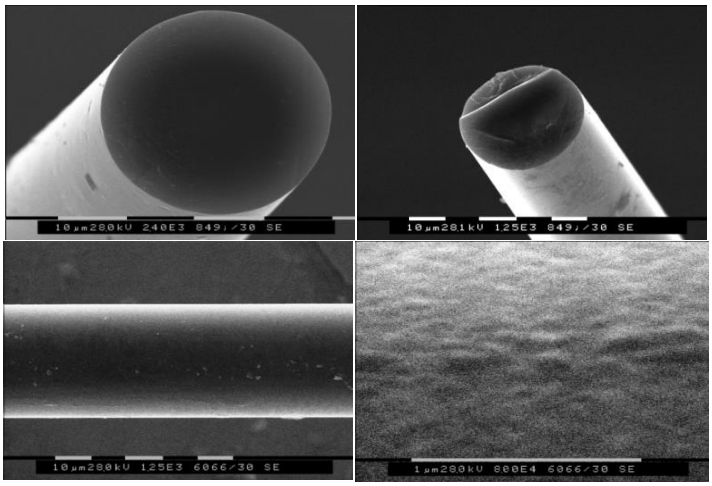


Рисунок 1 – Микрофотографии углеродного волокна

Список использованных источников

1. Состояние и перспективы производства и потребления углеродных волокон из нефтяных пеков / А. Т. Мухамедзянова, А. А. Мухамедзянова, Р. Н Гимаев, Р. Н. Галиахметов. – Текст : непосредственный // Химия – 2015. – С. 1218-1222.

2. Бондалетова Л. И. Полимерные композиционные материалы, (часть 1): учебное пособие / Л. И. Бонталетова, Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 118. – Текст : непосредственный.

3. Фиалков, А. С. Процессы и аппараты производства порошковых углеграфитовых материалов / А. С. Фиалков. - Москва, Аспект Пресс, 2008. - С.176. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Синицин С. А. кандидат химических наук, доцент

УДК 66.0

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИ УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Мухин К. А.,
ФГБОУ ВО Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень

Каждый год в мире выбрасываются миллиарды тон углекислого газа в атмосферу и это количество постоянно увеличивается. Ученые и СМИ уже давно говорят о негативном влиянии углекислого газа на климат планеты. На данный момент Россия занимает 4 место по выбросам углекислого газа от сжигания топлив. [1]

Решить проблему предлагается предобразованием углекислого газа в метан, который в дальнейшем может быть использован как сырье для нефтехимии или в качестве топлива, тем самым мы начнем производить углеродо-нейтральное топливо, а также постепенно снижать объемы углекислого газа в атмосфере.

Реализовать это предлагается с помощью фотокатализатора $Cu_2O@Cu_3(BTC)_2/CM$. На его основе конструируется аппарат позволяющий при 297 K и 1 атм из углекислого газа и воды получать метан. Также разрабатывается принципиальная схема позволяющая внедрить данную технологию на современные нефтехимические производства. [2]

Описание технологии: в специализированном реакторе с непрерывным потоком газа, фотокатализатор на сетке Cu были намотаны на стеклянный стержень, который был помещается в горизонтальный кварцевый реактор. Ксеноновая дуговая лампа мощностью 500 Вт, оснащенная отсекающим фильтром $\lambda > 400$ нм. CO_2 пропускается через воду для образования газовой смеси CO_2 и водяного пара в кварце. Перед газовыми фотокаталитическими реакциями газовая смесь реактивов продувалается в течение 30 мин внутри реактора для удаления избытка воздуха, затем скорость потока газа-реагента уменьшается. [3]

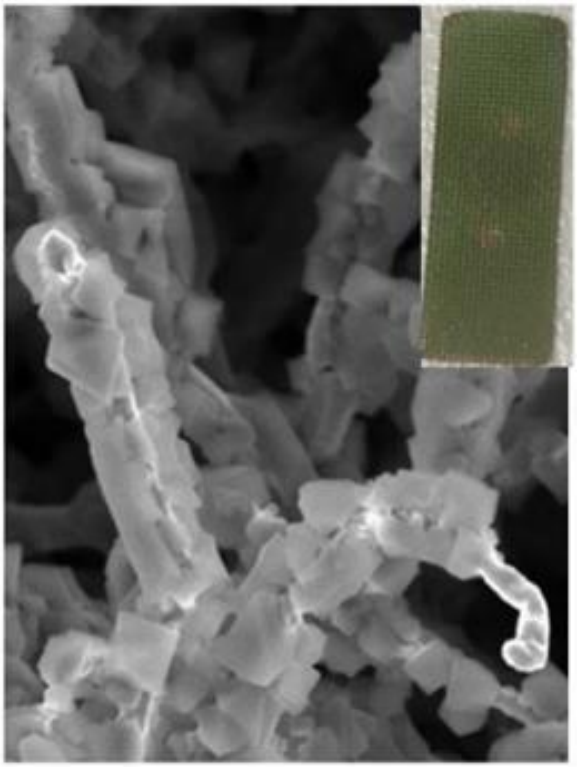


Рисунок 1 - Катализатор $Cu_2O@Cu_3(BTC)_2/CM$ после фотокаталитических циклических реакций

Данная технология позволит уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу, а также позволит получать полезное сырье нефтехимии, которое можно будет использовать в дальнейшем производстве.

Список использованных источников

1. Выбросы CO_2 от сжигания топлива. - Текст : электронный // Enerdata : официальный сайт. - 2021. - URL : https://yearbook.enerdata.ru/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html (дата обращения : 20.09.2021).

2. Новый фотокатализатор эффективно превращает углекислый газ в топливо с помощью света. - Текст : электронный // Хайтек : официальный сайт. - 2021. - URL : https://hightech.fm/2021/02/03/carbon-dioxide-methane (дата обращения : 12.09.2021).

3. Wu H. Metal–Organic Framework Decorated Cuprous Oxide Nanowires for Long-lived Charges Applied in Selective Photocatalytic CO_2 Reduction to CH_4/ H. Wu; X. Kong; X. Wen; S.-P. Chai; C. Emma; J.Tang; Y. Ng – Direct text // Angewandte Chemie. - German, 2020.

Научный руководитель: Скворцова Е. Н., кандидат технических наук, доцент

УДК 547.72

ПОЛЕЗНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ КИСЛОРОД СОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

Николаев А. Ю., Лаврова О. М.
Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

Благодаря современным информационным и компьютерным системам можно с высокой долей вероятности предсказать потенциальные биологические свойства по заданной структуре соединений. Биологически активное вещество в организме человека активно начинает вступать в такие процессы, как растворение, сорбцию, распределение, химические реакции, связывание, выведение и т.д. Эти же процессы и определяют фармакологическое действие препарата. Эти же процессы и определяют фармакологическое действие препарата. Для выявления подобных соединений-лидеров существуют разные подходы, один из которых - анализ представленных соединений по «правилу пяти» Липински [1]. Эти правила опираются на следующие параметры: молекулярная масса соединения не должна превышать значение 500, липофильность logP < 5, количество доноров водородной связи в молекуле не больше пяти и не более 10 акцепторов водородной связи, число нетерминальных вращающихся связей (RotB)

Для вычисления параметров был избран онлайн сервис Molinspiration Chem in formatics 2015, отвечающий требованиям фармхимии и имеющий полный комплект необходимых функций [2]. Нами были проанализированы известные кислород-содержащие гетероциклы, и их функциональные производные, для поиска наиболее перспективных веществ-лидеров. Результаты приведены в таблице 1. Анализируя полученные результаты, хотелось бы отметить, что почти все вещества полностью отвечают параметрам Липински.

Таблица 1.

Значения молекулярных дескрипторов исследуемых соединений

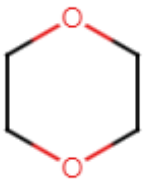
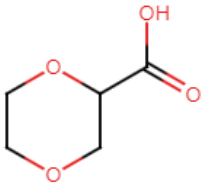
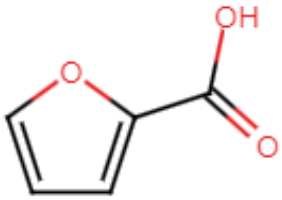
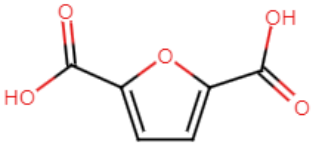
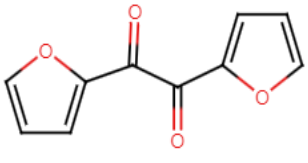
Вещество	**Mr**	**LogP**	**TPSA**	**RotB**
1,4-диоксан	88	-0,23	18,47	0
1,4-диоксан-2-карбоновая кислота	132	-0,81	55,77	1
Фуран-2-карбоновая кислота	112	0,77	50,44	1
Фуран-2,5-дикарбоновая кислота	154	-0,15	74,6	2
1,2-бис(фуран-2-ил)этан-1,2-дион	190	1,12	60,42	3
5-(2-(фуран-2-ил)-2-оксоацетил)фуран-2-карбоновая кислота	234	0,93	97,72	4

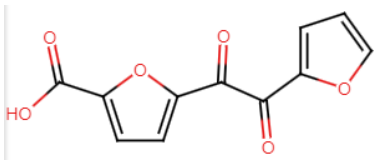
При помощи интернет-сервиса PASS, начавшего свою работу с 1998 года [3], и осуществляющего анализ с использованием баз содержащих порядка двухсотпятидесяти тысяч биологическиактивных веществ и проводящего оценку по 4265 видам биологической активности, в том числе по механизмам действия, фармакологическим и токсическим эффектам, был проанализирован весь массив данных и выбраны только те значения, показатель активности которых (Pa) был равен или превышал 50%.

Полученные результаты представлены в таблице 2, из которых видно, что многие полученные нами соединения обладают широким спектром различных видов биологической активности. Так 1, 4 – диоксан может применяться как сердечно-сосудистый аналептик, фуран-2-карбоновая кислота – может быть использовано как петлевое мочегонное средство, 1,2-Бис(фуран-2-ил)этан-1,2-дион и 5-(2-(фуран-2-ил)-2-оксоацетил)фуран-2-карбоновая кислота – как фибринолитик, 1,4-диоксан-2-карбоновая кислота – как ингибитор глюкозооксидазы, фуран-2,5-дикарбоновая кислота – как ингибитор креатининазы.

Таблица 2.

Прогнозирование спектра биологических эффектов для исследуемых веществ

Название соединения	**Структурная формула**	**Активность вещества, %**
1,4-диоксан		Сердечно-сосудистый аналептик – 83,5 Петлевое мочегонное средство – 52,1 Фибринолитик – 64,5 Ингибитор глюкозооксидазы – 81,7 Ингибитор креатининазы – 86,5 Ингибитор инсулизина – 63,6
1,4-диоксан-2-карбоновая кислота		Сердечно-сосудистый аналептик –37,9 Петлевое мочегонное средство – 42,1 Фибринолитик – 60,5 Ингибитор глюкозооксидазы – 83,6 Ингибитор креатининазы – 81,3 Ингибитор инсулизина – 38,3
Фуран-2-карбоновая кислота		Сердечно-сосудистый аналептик – 20,3 Петлевое мочегонное средство – 85,9 Фибринолитик – 81,6 Ингибитор глюкозооксидазы – 83,1 Ингибитор креатининазы – 80,8 Ингибитор инсулизина – 75,6
Фуран-2,5-дикарбоновая кислота		Сердечно-сосудистый аналептик – 41,2 Петлевое мочегонное средство – 76,7 Фибринолитик – 74,1 Ингибитор глюкозооксидазы – 87,3 Ингибитор креатининазы – 89,1 Ингибитор инсулизина – 64,3
1,2-бис(фуран-2-ил)этан-1,2-дион		Сердечно-сосудистый аналептик –28,6 Петлевое мочегонное средство – 72,4 Фибринолитик – 83,4 Ингибитор глюкозооксидазы – 71,9 Ингибитор креатининазы – 65,5 Ингибитор инсулизина – 75,8

Название соединения	Структурная формула	Активность вещества, %
5-(2-(фуран-2-ил)-2-оксоацетил)фуран-2-карбоновая кислота		Сердечно-сосудистый аналептик – 0 Петлевое мочегонное средство – 80,9 Фибринолитик – 82,8 Ингибитор глюкозооксидазы – 74,2 Ингибитор креатининазы – 67,5 Ингибитор инсулизина – 71,5

На графике 1 представлено сравнение наиболее ярко выраженных биологические эффектов Из графика видно, что введение кислотного фрагмента положительно влияет на некоторые биологические активности исследуемых соединений, повышая её.

График 1

Сравнение биологических эффектов



В таблице 3. Представлена расшифровка активностей.

Таблица 3

Расшифровка активностей.

Вещество	Ра	Активность	Полезность вещества
1,4-диоксан	0,835	Сердечно-сосудистый аналептик	Группа лекарственных средств, которые оказывают возбуждающее (аналептическое) действие благодаря стимуляции жизненно важных центров продолговатого мозга (дыхательного и сосудодвигательного).
Фуран-2-карбоновая кислота	0,859	Петлевое мочегонное средство	Они оказывают влияние на фильтрационную способность почек, позволяя выводить из организма жидкость и соли. Данные препараты имеют быстрый и сильный мочегонный эффект, не создают предпосылок для развития диабета, не оказывают влияния на холестерин и представляют собой средства средней мощности. Впрочем, побочные эффекты петлевых диуретиков являются существенным минусом данных лекарственных препаратов.

Вещество	Pa	Активность	Полезность вещества
1,2-бис(фуран-2-ил)этан-1,2-дион	0,834	Фибринолитик	Фибринолитики вызывают разрушение образовавшихся нитей фибрина; они способствуют, в основном, рассасыванию свежих (еще не подвергшихся организации) тромбов.

Таким образом, кислородсодержащие гетероциклы являются перспективными для изучения веществами. Дальнейшая их модификация и функционализация позволит получить полезные биологически-активные вещества. И следующим этапом будет непосредственное исследование этих активностей на биологических объектах.

Список использованных источников

1. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings / Lipinski C.A., Lombardo F., Dominy B.W., Feeney P. // Adv. Drug. Deliv. Rev. – 1997. – V. 23. – P. 3-25. 136. Teague S

2. Онлайн ресурс Molinspiration Chem in formatics 2015 - URL : http://www.molinspiration.com/cgi-bin/properties (дата обращения: 24.10.2021). – Текст электронный.

3. Онлайн система PASS C&T (Prediction of Activity Spectra for Substances: Complex & Training) URL : http://www.way2drug.com/PASSOnline/ (дата обращения: 24.10.2021). – Текст электронный.

Научный руководитель: Лаврова О. М., кандидат химических наук, доцент.

УДК 542.06

МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДА ГАФНИЯ ДЛЯ ТЕРАПИИ И ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИИ

Новицкая В. В., Кривошапкин П. В.,
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Лучевая терапия, являющаяся одним из наиболее эффективных и назначаемых методов лечения онкологии, повреждает не только опухолевые клетки, но и окружающие их здоровые ткани. Решение данной проблемы возможно благодаря применению радиосенсибилизаторов на основе оксида гафния, позволяющих использовать меньшую дозу рентгеновского излучения без снижения эффективности лечения. Наночастицы оксида гафния (НЧ HfO_2), введённые непосредственно в опухоль перед радиоте-

рапией, локально усиливают высокоэнергетическое излучение посредством испускания вторичного излучения, которое способствует образованию активных радикалов, приводящих к гибели раковых клеток. Кроме того, благодаря высокой способности поглощать ренгеновское излучение НЧ HfO_2 могут быть использованы для диагностики опухолей методом компьютерной томографии (КТ), что позволит осуществлять контроль эффективности терапии без дополнительного введения применяемых в клинической практике коммерческих контрастных агентов [1].

В данной работе сольвотермальным методом были синтезированы НЧ HfO_2 в присутствии лимонной (HfO_2 – л.к.) и соляной (HfO_2 – HCl) кислот как агентов, регулирующих структуру, морфологию и поверхностные свойства частиц. Характеристики полученных НЧ, изученные с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгенофазового анализа (РФА) и динамического рассеяния света (ДРС), представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

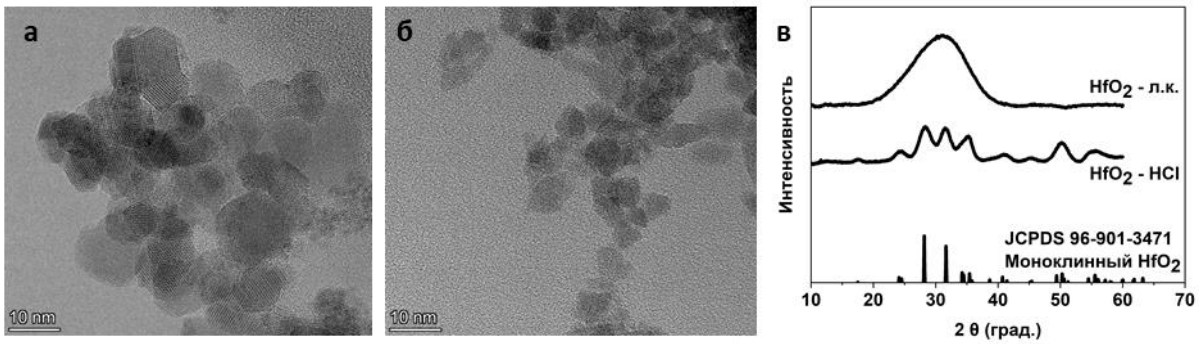


Рисунок 1 – ПЭМ изображения НЧ HfO_2 – л.к. (а) и НЧ HfO_2 – HCl (б);
РФА спектры HfO_2 – л.к. и HfO_2 – HCl (в).

Таблица 1

Характеристики НЧ HfO_2

Метод характеризации	**Параметр**	**Образец**	
		HfO_2 – л.к.	HfO_2 – HCl
ПЭМ	Размер частиц, нм	8.48 ± 0.72	5.42 ± 0.93
	Межплоскостное расстояние, нм	0.33 ± 0.12	0.30 ± 0.05
РФА	Размер кристаллитов, нм	рентгеноаморфные частицы	3.39 ± 0.45
ДРС	Гидродинамический диаметр, нм	151.5 ± 33.0	129.5 ± 37.6
	ξ-потенциал, мВ	- 27.3 ± 0.4	+ 9.4 ± 0.2

Использование лимонной кислоты позволило получить устойчивый при нейтральном pH золь рентгеноаморфных отрицательно заряженных частиц, изоэлектрическая точка (ИЭТ) которого находилась в области кислых значений pH (рисунок 2). При этом присутствие в реакционной смеси соляной кислоты способствовало формированию кристаллических частиц моноклинной сингонии, ИЭТ золя НЧ HfO_2 – HCl смещена в область щелочных значений pH.

Отсутствие цитотоксического действия НЧ HfO_2 – л.к. и НЧ HfO_2 – HCl в концентрации 100 мкг/мл было показано на линии клеток рака толстой кишки человека HCT116 при проведении MTT-теста.

Также на этой линии исследованы радиосенсибилизирующие свойства частиц при дозе рентгеновского излучения 2 Гр, 4 Гр и 6 Гр.

Выживаемость клеток в присутствии и отсутствие частиц оценивалась спустя 3, 6 и 9 дней после облучения.

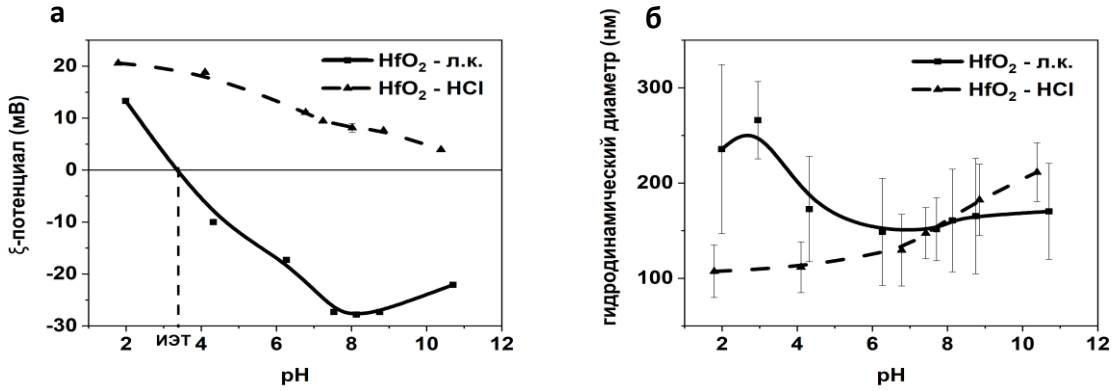


Рисунок 2 – Зависимость заряда (а) и гидродинамического диаметра (б) НЧ HfO2 – л.к. и HfO2 – HCl от pH в воде

В ходе изучения зависимости радиосенсибилизирующего эффекта от времени после облучения было выявлено увеличение эффекта с течением времени после воздействия радиации. Отрицательно заряженные НЧ HfO_2 – л.к. и положительно заряженные НЧ HfO_2 – HCl вызвали снижение жизнеспособности клеток через 9 дней после облучения в 1,22 и 1,33 раза соответственно. При исследовании зависимости радиосенсибилизирующего эффекта от дозы излучения обнаружено, что наибольший эффект для обоих золей частиц достигнут при облучении 2 Гр и 4 Гр.

Контрастные свойства золей частиц на основе оксида гафния изучены в сравнении с коммерческим контрастным агентом Йогексолом с помощью компьютерной томографии (КТ). Фантомные КТ-изображения золей HfO_2 и Йогексола (рисунок 2), подтверждают воз-

можность использования золей оксида гафния в качестве контрастных агентов для КТ-диагностики.

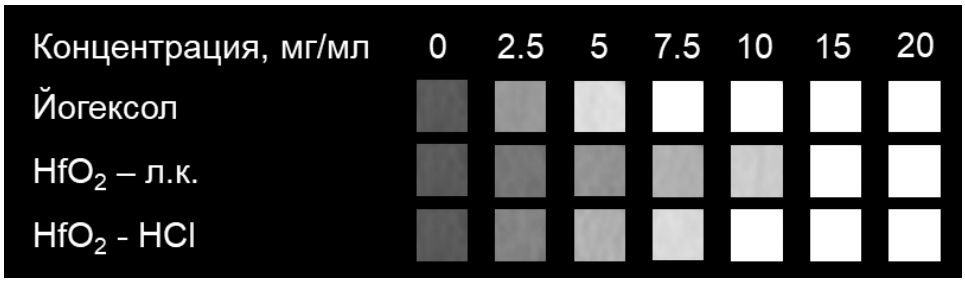


Рисунок 2 – Фантомные КТ-изображения коммерческого контрастного агента Йогексола и золей НЧ HfO_2 различных концентраций

На данный момент работа находится на стадии *in vivo* изучения радиосенсибилизирующих свойств частиц оксида гафния. Кроме того, планируется *in vivo* исследование контрастных свойств. Мультифункциональность НЧ HfO_2 делает их перспективными для применения в клинической практике в качестве платформ, позволяющих не только снизить побочные эффекты лучевой терапии, но также контролировать эффективность лечения, вовремя предотвращая прогрессирование метастазов, что вносит вклад в развитие методов высокотехнологичной медицинской помощи.

Список использованных источников

1. Gram-scale synthesis of highly biocompatible and intravenous injectable hafnium oxide nanocrystal with enhanced radiotherapy efficacy for cancer theranostic / Y. Li, Y. Qi, H. Zhang, Z. Xia. – Direct text. // Biomaterials. – 2020. – № 226. – P. 119538-119551.

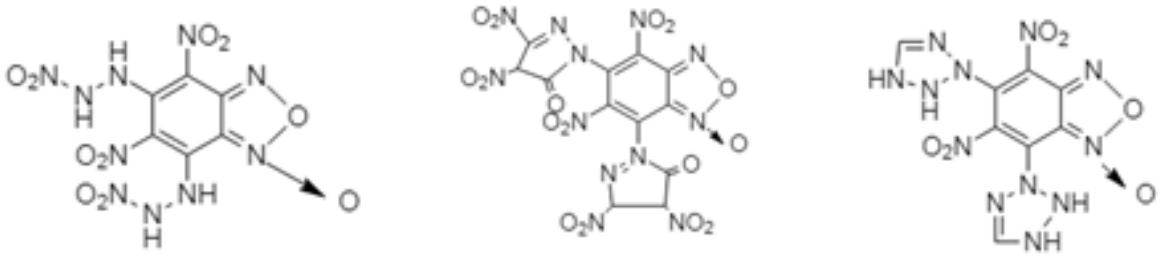
Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №18-29-11078).

НОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ НИТРОБЕНЗОФУРАКСАНА КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Нуруллин И. Л
Казанский национальный исследовательский технологический университет, факультет энергонасыщенных материалов и изделий, Казань.

В настоящее время производные нитробензофуроксана интересны тем, что они являются донорами оксида азота, обладают широким спектром биологической активности и относятся к 4 классу токсичности.

Нами были смоделированы новые структуры в ряду аминопроизводных нитробензофуроксана, которые были изучены на биологическую активность в программе PASS[1], которые представлены на рисунке 1.



1 **2** **3**

Рисунок 1 - Соединения полученные в ходе реакции

Данные соединения были получены в ходе проведения реакций. Соединение 1 нами было получено в результате нитрования аминопроизводного нитробензофуроксана по следующей схеме:

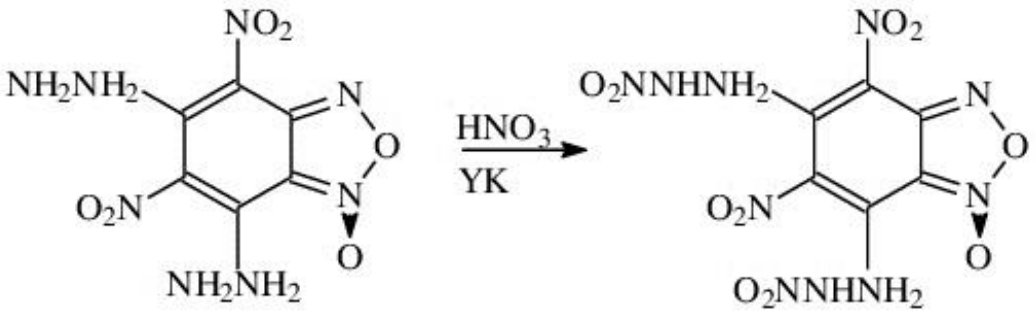


Рисунок 2 - Схема синтеза соединения 1 путем нитрования аминопроизводного нитробензофурактсана

Нитрование аминопроизводного нитробензофуроксана проводили в мягких условиях в среде уксусной кислоты при комнатной температуре. В результате был получен продукт желтого цвета с температурой плавления 215^{0}C. Строение полученного соединения 5,7-бис(нитрогидразина)-4,6-динитробензофуроксана было доказано ИК-спектроскопией. На спектре было видно характеристические полос поглощения NH в области 3200 см$^{-1}$, для фуроксанового цикла в области 1670 см$^{-1}$, нитрогруппы 1400-1500 см$^{-1}$. Выход полученного соединения составил 20-25%

Для получения соединения 2 мы решили провести реакцию 5,7-бис(гидразин)-4,6-динитробензофуроксана с ацетоуксусным эфиром по следующей схеме:

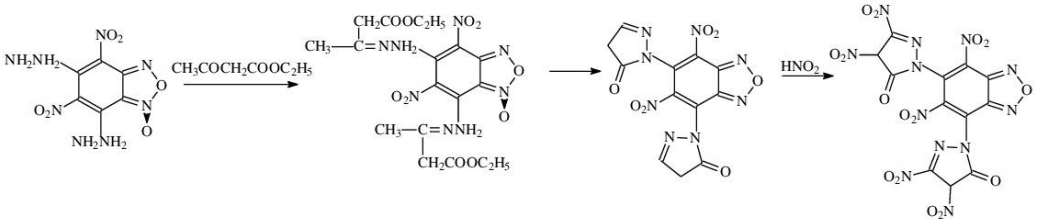


Рисунок 3 - Схема синтеза соединения 2 путем взаимодействия 5,7-бис(гидразин)-4,6-динитробензофуроксана с ацетоуксусным эфиром

В работах Хмельницкого [2] показано, что бензофуроксаны реагируют с ацетоуксусным эфиром с раскрытием фуроксана при комнатной температуре с образованием имидазольного цикла.

Поэтому реакция взаимодействия 5,7-бис(гидразин)-4,6-динитробензофуроксана с ацетоуксусным эфиром нами была проведена при температуре 5^0C в течении 30 мин, а затем в течении часа выдерживали при 40^0C,. В результате нами был получен продукт желтого цвета с температурой плавления 235^0C. Выход составил 34-40%.

Соединение 3 нами было получено путем взаимодействия 5,7-бис(гидразин)-4,6-динитробензофуроксана с мочевиной по схеме:

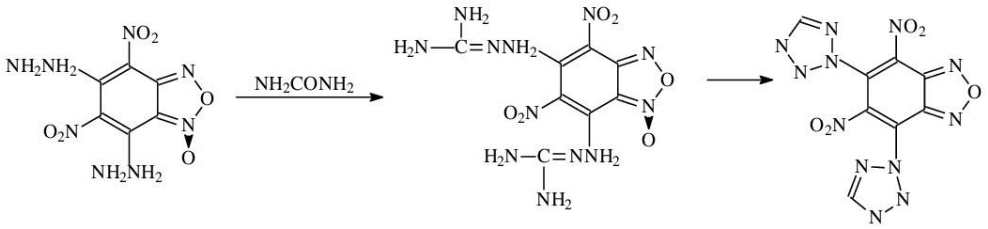


Рисунок 4 - Схема синтеза соединения 3 путем взаимодействия 5,7-бис(гидразин)-4,6-динитробензофуроксана с мочевиной

Реакцию проводили при 5^0C в течении 30 мин а затем выдерживали при температуре 40^0C. Было получено соединение желтого цвета, строение которого доказывали ИК-спектроскопией. Выход конечного продукта составил 18-25%.

Список использованных источников

1. Строение и синтез. Химия фуроксанов / Л. И. Хмельницкий, С. С. Новиков, Т. И. Годовикова; 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Наука, 1996. - 383 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Спатлова.Л. В. кандидат химических наук, доцент

УДК 621.794.61

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Осипенко[1] М. А., Харитонов[2] Д. С., Касач[1] А. А., Курило[1] И. И.
[1]Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, РБ
[2]Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, Krakow, Poland

Биоразлагаемые сплавы магния благодаря своей биосовместимости и хорошей механической прочности обладают большим потенциалом для использования в медицине в качестве материалов для производства имплантов. Импланты на основе магниевых сплавов растворяются в организме человека после выполнения их основных функций, таких, как механическая поддержка, скаффолдинг (наращивание ткани из клеток на специальной матрице) и др. Однако высокая скорость коррозии сплавов магния, зачастую превышающая скорость ремоделирования костной ткани, ограничивает их использование. Это обуславливает поиск эффективных способов повышения антикоррозионных характеристик сплавов магния, не приводящих к уменьшению их биосовместимости [1].

В настоящее время для повышения коррозионной устойчивости сплавов магния используют микродуговое оксидирование (МДО). Это позволяет формировать на поверхности сплава относительно коррозионноустойчивую в биологических средах пористую структуру, преимущественно состоящую из оксидов и гидроксидов магния, а также соединений, входящих в состав электролита МДО [2]. В свою очередь, изменяя параметры процесса МДО, можно также улучшить физико-механические свойства магниевых сплавов в зависимости от требований, предъявляемым к материалам медицинского назначения.

Целью исследования было изучение влияния параметров процесса МДО сплава магния AZ91 в силикатном электролите на его коррозионные характеристики.

Для проведения процесса МДО использовали электролит следующего состава: 5 г/л KF + 18 мл/л Na_2SiO_3 (соотношение SiO_2/Na_2O = 2.4 – 2.6; $SiO_2 + Na_2O$ минимум 39,0%). Параметры процесса МДО:

1. Импульс 1 А/500 мсек., 20 циклов импульс 0.4 А/10 сек. с паузой 5 сек. (образец 1);

2. Импульс 1 А/500 мсек., 20 циклов импульс 1 А/500 сек. + импульс 0.5 А/10 сек. с паузой 5 сек. (образец 2);

3. Импульс 2 А/2.5 мсек., 4 циклов импульс 2.5 А/500 мсек. + импульс 0.5 А/10 сек. с паузой 5 сек. (образец 3).

Оценку коррозионной стойкости полученных покрытий проводили в 0.05 М растворе NaCl с использованием потенциостата/гальваностата PGSTAT 302N (Methrom Autolab). В исследованиях в качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлоридсеребряный электрод, а в качестве вспомогательного электрода – платиновую сетку. Потенциодинамические поляризационные кривые снимали в диапазоне потенциалов от – 300 до +700 мВ от стационарного потенциала скорость развертки потенциала составляла 1 мВ/с.

Защитный эффект рассчитывали по данным электрохимических исследований по формуле:

$$IE,\% = \frac{i_{corr}^{0} - i_{corr}}{i_{corr}^{0}} \quad (1)$$

На рисунке 1 представлены образцы сплава магния AZ91, полученные при различных параметрах МДО.

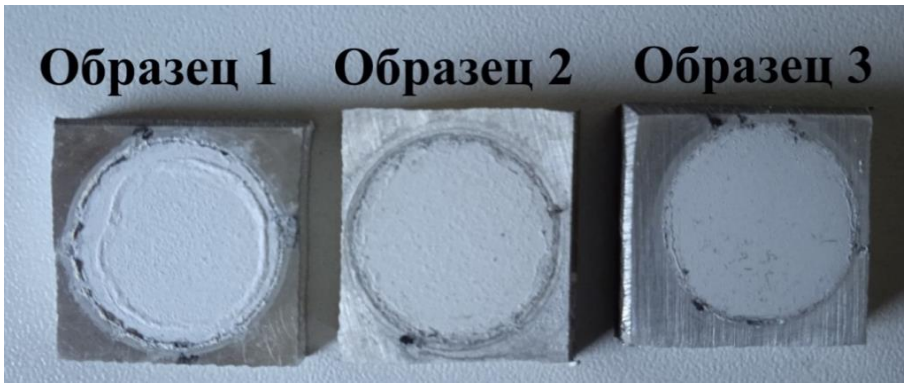


Рисунок 1 – Образцы сплава магния AZ91 после МДО

На рисунке 2 представлены потенциодинамические поляризационные кривые исследуемых образцов в 0.05 М растворе NaCl. Электрохимические параметры коррозии, рассчитанные на основе экспериментальных данных, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Электрохимические параметры, полученные из анализа потенциодинамических поляризационных кривых сплава магния AZ91 в 0.05 М NaCl

	$\|ba\|$, мВ/dec	$\|bc\|$, мВ/dec	i_{corr}, А·см^2	E_{corr}, В	*IE*, %
AZ91	18.94	78.99	$2.15 \cdot 10^{-6}$	–1.392	–
Образец 1	101.06	107.15	$1.84 \cdot 10^{-7}$	–1.418	91.44
Образец 2	115.41	67.44	$8.68 \cdot 10^{-8}$	–1.417	95.96
Образец 3	63.16	46.99	$4.14 \cdot 10^{-8}$	–1.443	98.07

Анализ полученных результатов показал, что оксидирование сплава магния приводит к смещению потенциала коррозии в электроотрицательную область примерно на 0.1 В, что свидетельствует о повышении коррозионной устойчивости по сравнению с необработанным образцом. Максимальным значением плотности тока коррозии (i_{corr} = 2.15·10^{-6} А/см^2) характеризуется неоксидированный сплав. МДО приводит к снижению значений i_{corr} образцов, что свидетельствует о повышении защитного эффекта полученных покрытий. В свою очередь, наименьшим значением плотности тока коррозии, а, следовательно, наилучшей коррозионной устойчивостью характеризуется образец 3 (i_{corr} = 4.14·10^{-8} А/см^2). Это позволяет сделать вывод, что повышение величины тока оксидирования, более эффективно, чем увеличение числа импульсов тока.

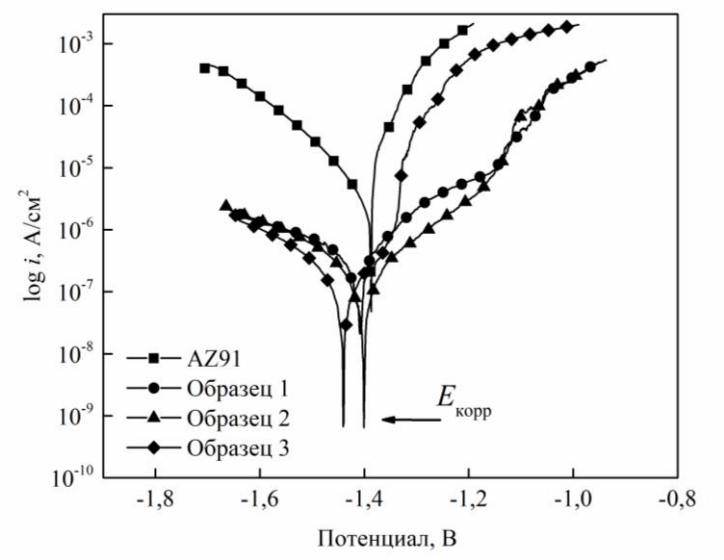


Рисунок 2 – Потенциодинамические поляризационные кривые образцов сплава магния AZ91 в 0.05 М растворе NaCl

Рассчитанный по формуле 1 защитный эффект был максимальным для образца 3 и составил 98.07 %.

Таким образом, установлено, МДО сплавов магния AZ91 позволяет увеличить защитный эффект покрытий до ≈98 %; при этом увеличение значений тока МДО вносит больший вклад в повышение коррозионной устойчивости оксидированных образцов по сравнению с увеличением числа импульсов тока.

Список использованных источников

1. R. Radha. Insight of magnesium alloys and composites for orthopedic implant applications / R. Radha, D. Sreekanth // J. Magnes. Alloy. – 2017. – Vol. 5. – No. 3. – P. 286–312.

2. A. G. Rakoch. Plasma electrolytic oxidation of AZ31 and AZ91 magnesium alloys: Comparison of coatings formation mechanism / A. G. Rakoch // J. Magnes. Alloy. – 2020. – Vol. 8. – No. 3. – P. 587–600.

Научный руководитель: Курило И. И. кандидат химических наук, доцент

УДК 677.494.674

ВЛИЯНИЕ ОКСИФТОРИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА

Переверзева Т. А., Черноусова Н. В.
Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва

Нетканые иглопробивные полотна имеют широкий спектр использования [1, 2]. Один из возможных вариантов – создание композиционных материалов на их основе путем пропитывания. Однако, эффективность пропитывания напрямую зависит от смачиваемости синтетических волокон, которые, как известно, обладают достаточно низкой химической активностью и адгезионными свойствами волокнообразующего полимера. Таким образом, вопрос направленного изменения потребительских характеристик синтетических волокнистых полотен различной химической природы остается пока нерешенным.

Из литературных данных известно, что адгезионная способность, химическая стойкость, поверхностная энергия, гидрофобность, гидрофильность, и многие другие свойства полимерных материалов определяются поверхностным слоем толщиной от 10 нанометров до нескольких микрометров.

Одним из простых и экономичных подходов к приданию синтетическим волокнистым материалам улучшенных и новых потребительских свойств является поверхностная модификация волокон волокнистых материалов. Перспективным методом поверхностной модификации синтетических волокон является метод прямого газового фторирования, который, в том числе, позволяет регулировать и смачиваемость синтетических волокон. Прямое газовое фторирование смесью фтора, кислорода и гелия позволяет модифицировать изделия любой формы при относительно небольших температурах, при низком вакууме в менее агрессивной среде, в сравнении, например, с радиацией [3].

Воздухопроницаемость нетканых полотен имеет важное практическое значение для оценки их способности к фильтрации воздуха, паропроницаемости, тепло- и звукоизоляционных свойств полотен. Показатель воздухопроницаемости позволяет просто и надежно оценить

процессы тепло и массопереноса [4]. Воздухопроницаемость позволяет оценить особенности формирования пористой структуры нетканых полотен, что необходимо для установления соотношения пористая структура–свойства материала.

Целью работы являлось исследование влияния продолжительности оксифторирования полиэфирного нетканого полотна на показатель воздухопроницаемости нетканых материалов.

В качестве объекта исследования использовали нетканое иглопробивное полотно поверхностной плотностью 0,35 кг/м^2, объемной плотностью 85 кг/м^3, толщиной 4 мм на основе полиэтилентерефталатных волокон линейной плотности 0,33 текс (диаметром 20-25 мкм). Оксифторирование полотна выполняли смесью кислорода 10 %, фтора 7,5 % и гелия 82,5 % в течение 15, 30 и 60 мин. Воздухопроницаемость нетканых полотен с различным временем воздействия в ходе химической модификации оценивали по коэффициенту воздухопроницаемости.

Из полученных данных (рисунок 1) видно, что воздухопроницаемость полиэфирного полотна, в зависимости от продолжительности модификации, меняется в сторону уменьшения.

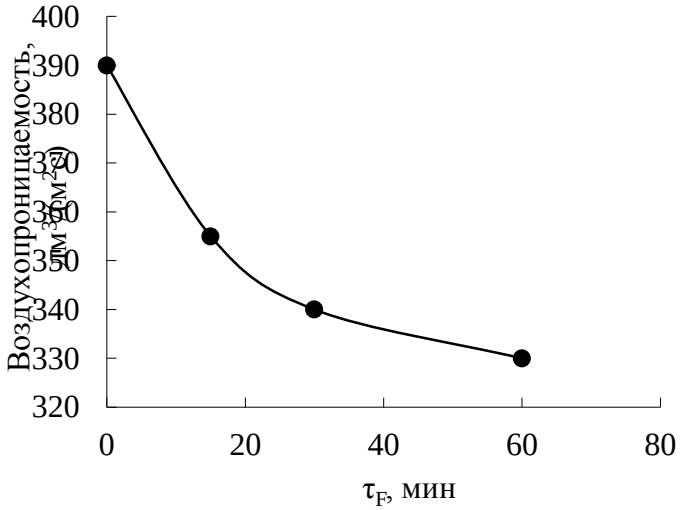
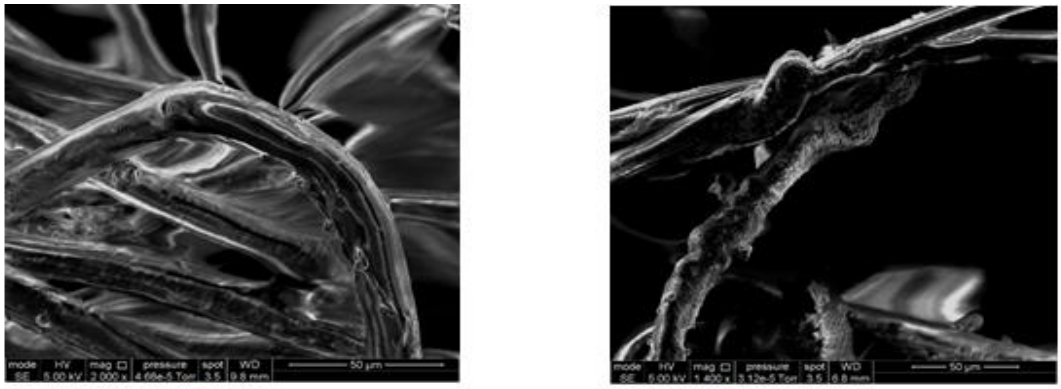


Рисунок 1- Зависимость воздухопроницаемости нетканых полотен от продолжительности оксифторирования

При увеличении продолжительности оксифторирования показатель воздухопроницаемости нетканых полотен уменьшается, причем увеличение носит не прямо пропорциональный характер. Дальнейшее увеличение времени химической модификации до 60 минут приводит к незначительному изменению показателя воздухопроницаемости в сторону уменьшения. Это легко объясняется эффектом уплотнения поверхностного слоя нетканого материала в ходе химической модификации. На рисунке 2 представлены микрофотографии поверхности волокон нетканого материала до и после оксифторирования. На микрофотографиях видны

изменения поверхности волокон после оксифторирования, можно наблюдать их большую поверхностную дефектность.



а) б)

Рисунок 2- Микрофотографии поверхности волокон нетканого материала: а) немодифицированное полотно; б) оксифторированное полотно

Химическая модификация связана с введением с состав макромолекул волокнообразующего полимера полярных заместителей и групп [4], что приводит к возрастанию жесткости волокон, которая ограничивает выход волокон из зацепления друг с другом при действии механической нагрузки, что объясняет снижение показателя воздухопроницаемости в ходе оксифторирования.

Таким образом, проведенные исследования позволяют проследить зависимость показателя воздухопроницаемости нетканого полотна от времени химической модификации оксифторированием. С увеличением времени модификации показатель воздухопроницаемости уменьшается, причем наиболее значительное изменение происходит после 30 минутного воздействия.

Список использованных источников

1. Дедов А. В. Воздухопроницаемость модифицированного нетканого иглопробивного материала сложного состава / Дедов А. В., Евдокимов А. Г., Назаров В. Г. – Текст: непосредственный // Химические волокна. – 2017. – № 6. – С. 22-26.

2. Chernousova N. V. Method of producing needlepunched nonwovens having in-creased tensile strength / Chernousova N. V., Dedov A. V. – Direct text // Fibre Chemistry. – 2019. - V. 51. – № 3. – P. 204-208.

3. Nigar M. Investigation of single and multi-layer nonwovens thermal insulation and air permeability behaviors seyda eyupoglu / Nigar M., Habip D., Mehmet K. – Electronic text // The Online J. of Sci. and Technol. – 2017. – V.7. – №2. – URL https://www.tojsat.net/journals/tojsat/articles/v07i02/v07i02-13.pdf (дата обращения: 11.10.2021).

4. Regulation of the Wettability of Nonwoven Cloth by Oxyfluorination to Improve its Impregnation by Latex / Nazarov V. G., Doronin F. A., Evdokimov A. G., Dedov A. V. – Direct text //Fibre Chem. – 2020. – № 2. – V.52. – P.109-111.

Научный руководитель: Черноусова Н. В. канд. тех. наук, доцент

БИСАМИНОТИАДИАЗОЛПРОПАН И ЕГО АЦИЛИРОВАННЫЙ АНАЛОГ: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ *IN SILICO*

Петухова Е. А., Суворова Ю. В.,
ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново

В данной работе выполнены прогноз биологических (в том числе антибактериальных) свойств и синтез бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропана и его ацилированного производного. Строение полученных соединений подтверждено данными ИК, электронной, ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии.

Многие лекарственные препараты содержат в своей структуре гетероциклические фрагменты, выполняющие роль фармакофоров.

1,3,4-Тиадиазолсодержащие соединения представляют наибольший интерес для химической модификации, так как составляют основу препаратов, являющихся диуретиками (диакарб, метазоламид), обладающих антибактериальным (этазол) и противопаразитарным (мегазол) действиями, применяющихся для лечения неврологических заболеваний (тизанидин).

В связи с этим в качестве объектов исследования нами были выбраны бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропан (**1**) и его ацилированный аналог – бис(5-амино-(5’-*N*-ацетиламино)-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропан (**2**). Для оценки целесообразности синтеза были применены подходы хемоинформатики [1]. Так, прогноз спектра биологической активности, выполненный с использованием специализированного online ресурса PASS [2], показал, что с вероятностью 72 % бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропан может проявлять антидиабетические свойства, а его ацилированный аналог **2** с вероятностью 85,4 % может выполнять роль ингибитора АТФ-азы. Анализ спектра антибактериальной активности, выполненного посредством ресурса Anti-Bac-Pred [3], позволил сделать вывод, что соединение **1** может проявлять антибактериальную активность по отношению к штамму *Shigella sp.* с вероятностью 54,3 %. Наличие ацетильной группы в бис(5-амино-(5’-*N*-ацетиламино)-1,3,4-

тиадиазол-2-ил)пропане понижает вероятность проявления антибактериальных свойств по отношению к данному штамму, что является вполне логичным, так как происходит защита аминогруппы, которая взаимодействует с якорным участком активного центра фермента микроорганизма, тем самым предотвращая его размножение.

Синтез бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропана проводили взаимодействием эквимольных количеств тиосемикарбазида с глутаровой кислотой в среде оксихлорида фосфора (схема 1).

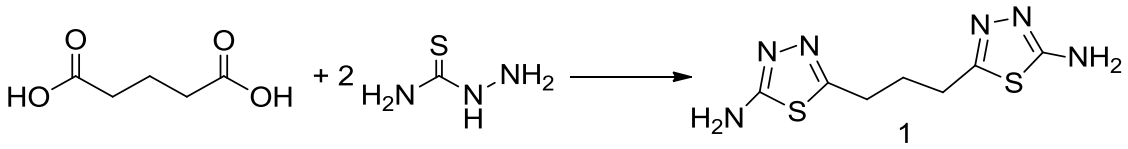


Схема 1. Синтез бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропана.

Ацилированием бис(5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропана уксусным ангидридом синтезировали бис(5-амино-(5'-*N*-ацетиламино)-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропан (схема 2).

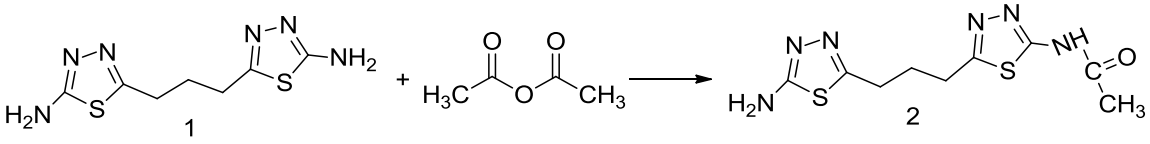


Схема 2. Синтез бис(5-амино-(5'-*N*-ацетиламино)-1,3,4-тиадиазол-2-ил)пропана.

Строение полученных соединений установлено данными ИК, электронной, ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ МК-1396.2020.3.

Список использованных источников

1. Компьютерное предсказание биологической активности химических веществ: виртуальная хемогеномика / В. В. Поройков, Д. А. Филимонов, Т. А. Глориозова [и др.] // Вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 1, № 13. – С. 137-143. – Текст : непосредственный.

2. Компьютерная программа PASS: [way2drug.com]. – URL: http://www.way2drug.com/PASSOnline/ (дата обращения: 09.10.2021).

3. Компьютерная программа Anti-Bac-Pred: [way2drug.com]. – URL: http://way2drug.com/antibac/ (дата обращения: 09.10.2021).

Научный руководитель: Данилова Е. А. доктор химических наук, зав. кафедры

УДК 691.175:678:539.411:539.424

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОПОЛИИМИДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Пецух Г. Р., Родин А. С., Литосов Г. Э.,
Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург

На основании данных многочисленных экспериментов был разработан способ получения газонаполненных пеноматериалов на основе полиакриламида (ПАА) [1].

Газонаполненные пенополиимиды получены методом термической обработки композиций, полученных путём смешения порошкообразного полиакриламида серии АК-642 марки АП 9405, «Акрипол», и щавелевой кислоты, выступившей в роли газообразователя.

Полученные пеноматериалы имеют структуру твердофазного сшитого полимера. Согласно литературным данным [2], при термической обработке полиакриламида происходит разрыв связей C – NH_2 и NH – H, что приводит к внутрицепной имидизации, представленной на рисунке 1.

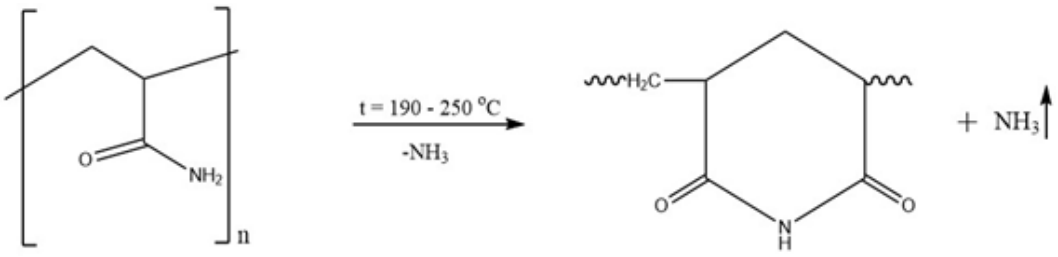


Рисунок 1 - Внутримолекулярная имидизация ПАА

Полученные пенополиимиды имеют высокие физико-механические, огнестойкие свойства и термостабильность, что позволяет их применять в авиакосмической, судостроительной, а также в медицинской отраслях.

Список использованных источников

1. Модификация полиакриламида гидроксил- и карбоксилсодержащими соединениями / Г. Э. Литосов, И. М. Дворко, Н. А. Лавров, Н. А. Чистяков. – Текст : непосредственный // Пластические массы. — 2020. — № 5-6 . – С. 25-28.

2. Жорин, В. А. Влияние пластического деформирования под высоким давлением на тепловые эффекты в полиакриламиде / В. А. Жорин,

И. В. Киселев, В. И. Ролдугин. – Текст : непосредственный // Пластические массы. – 2015. – № 10. – С.14-18.

Научный руководитель: Панфилов Д. А., доцент, кандидат техн. наук

УДК 661.183.124

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫМ СОРБЕНТОМ, СОДЕРЖАЩИМ МОНТМОРИЛЛОНИТ

Пимнева Л. А.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Медь является тяжелым металлом и относится по степени опасности к веществам третьего класса. В природных водах ионов медисодержится от 2 до 30 мкг/дм^3. Увеличение концентрации меди отрицательновлияет на растительные и животные организмы [1]. Поступление меди в природные воды связано с недостаточной очисткой сточных вод, сбрасываемых промышленными предприятиями.

Тюменская область богата залежами глины, которые обладают сорбционными свойствами. В работе использовали Кыштырлинскую глину, содержащую монтмориллонит.

Представленная работа является продолжением исследований сорбционной активности Кыштырлинской глины [2-4].

Основным породообразующим минералом глины является монтмориллонит, имеющий изменяющуюся структуру кристаллической решетки. Она представляет трехслойный пакет, а расстояние между пакетами может увеличиваться в 5 раз. Оксидный состав Кыштырлинской глины:SiO_2 = 48,68%; Al_2O_3 = 20,44%; Fe_2O_3%; K_2O = 3,12%; TiO_2 = 1,18%; Na_2O = 0,23%[5].

Для определения эффективности очистки природных вод от ионов меди глину, содержащую монтмориллонит модифицировали. Модификация глины проводилась 2М раствором NaOH.Сорбцию ионов меди на глине, содержащей монтмориллонит при изменении концентрации ионов меди от 0,02 до 0,12ммоль/мл, при температурах 298, 318, 333 К.

Сорбциюопределяли согласно следующей формуле:

$$\Gamma = \frac{(c_0 - c_p)\cdot V}{m}, \text{ ммоль/мл,} \quad (1)$$

где C_0- исходная концентрация ионов меди, ммоль/мл;C_p– равновесная концентрация ионов меди, ммоль/мл; V – объем раствора соли сульфата меди, мл; m – масса глины, г.

Для описания сорбционного процесса было использовано несколько моделей.

В результате проведения эксперимента были получены изотермы сорбции ионов меди (рис. 1). Согласно классификации БЭТ[6] форма изотерм сорбции относится к 1 типу,характеризуется горизонтальным плато, т.е. процесс протекает до образования мономолекулярного слоя. Такие изотермы хорошо описываются уравнением Ленгмюра [6]:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K_L \cdot C_p}{1 + K_L \cdot C_p} \qquad (2)$$

или в линейной форме

$$\frac{C_p}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K_L} + \frac{C_p}{\Gamma_{\infty}} \qquad (3)$$

где Г –сорбция, ммоль/г; Γ_{∞} – максимальная сорбция, ммоль/г; K_L– постоянная уравнения Ленгмюра; C_p –концентрация ионов меди после сорбции, ммоль/мл.

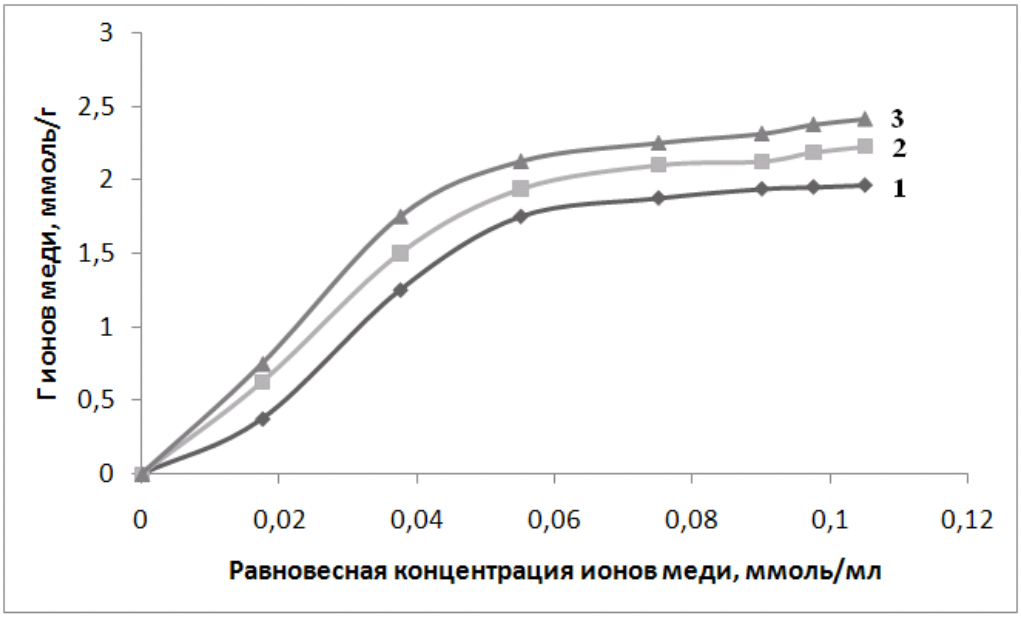


Рисунок 1 – Изотермы сорбции ионов меди на монтмориллонитовой глине в ОН – форме в зависимости от равновесной концентрации ионов медипри Т,К: 1 – 298; 2 – 318; 3 – 333.

Как показывают результаты, приведенные на рисунке 1, сорбируемость ионов меди возрастает с увеличением температуры процесса: она составляет 2,18 ммоль/г (298К); 2,36 ммоль/г (318К) и – 2,61 ммоль/г (333К).

По изотермам сорбции определяли максимальную величину сорбции (Γ_{max}). Линейная изотерма (рисунок 2) дает возможность графически определить две постоянные величины Γ_{max}и K_Lуравнения Ленгмюра. Ве-

личину $\frac{1}{\Gamma_\infty \cdot K_L}$ находили экстраполяцией прямолинейной изотермы до пересечения с осью ординат. По тангенсу угла наклона прямой рассчитывали $tg\alpha = 1/\Gamma_\infty$. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения величин сорбции ионов меди, рассчитанных с использованием линейной формы уравнения Ленгмюра

Температура, К	**Γ_∞, ммоль/г**	**K_L·,мл/ммоль**	**R^2**
298	2,31	433	0,999
318	2,46	407	0,999
333	2,67	375	0,999

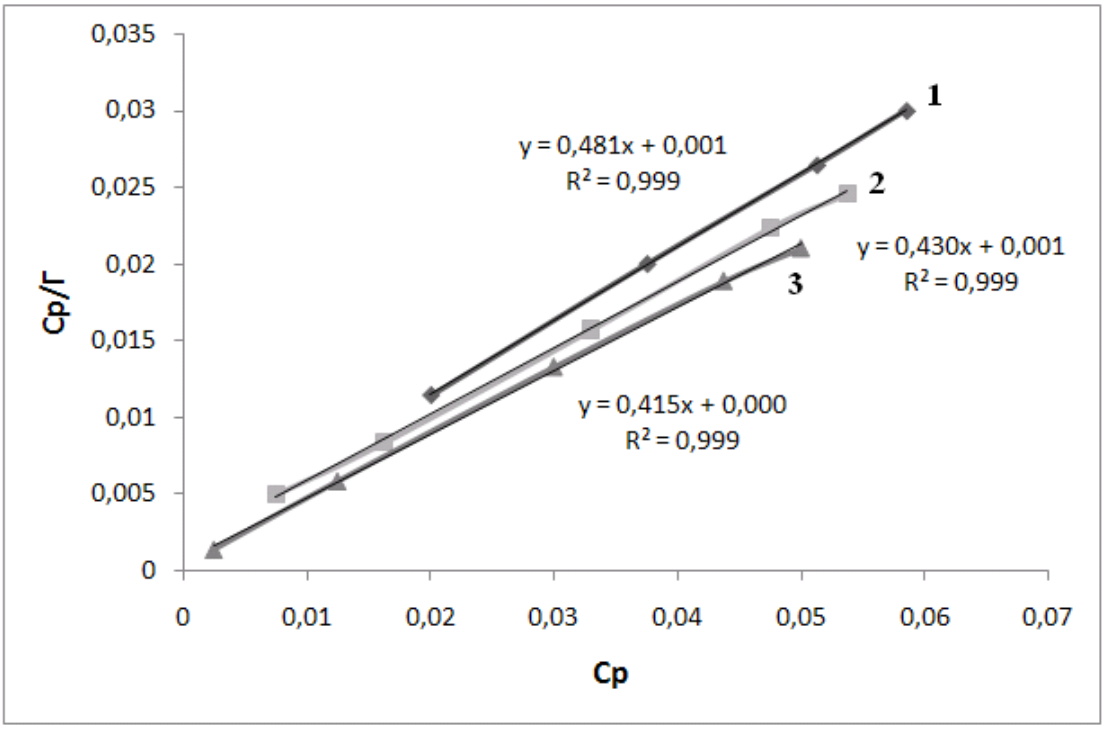


Рисунок 2 – Изотермы сорбции ионов меди в линейных координатах уравнения Ленгмюра на монтмориллонитовой глине в ОН – форме при Т,К: 1 – 298; 2 – 318; 3 – 333.

Мономолекулярную адсорбцию, которая протекает на сорбенте с поглощением адсорбата на эквивалентных сорбционных центрах, описывает модель Ленгмюра. Природные сорбенты не обладают такими свойствами. Удобнее описывать процесс сорбции на таких сорбентах моделью Фрейндлиха[6]:

$$\Gamma = K \cdot C^{1/n}, \qquad (4)$$

где К и n – постоянные Фрейндлиха.

При сорбции ионов тяжелых металлов на природном сорбенте сначала заполняются сорбционные центры с более сильной связывающей способностью.

Для нахождения констант уравнения Фрейндлиха его логарифмируют

$$\lg \Gamma = lgK + 1/nlgC \quad (5)$$

Это уравнение прямой линии, которая отсекает на оси ординат отрезок равный lgK, тангенс угла наклона определяет значение величины n. Константа К показывает относительную сорбционную способность; n – характеризует кривизну изотермы в начальной области концентраций.

Таблица 2

Значения констант Френдлиха сорбции ионов меди на монтморилонит содержащего сорбента

Температура, К	**lg K**	**1/n**	**R^2**
298	0,42	0,103	0,995
318	0,39	0,058	0,950
333	0,51	0,097	0,943

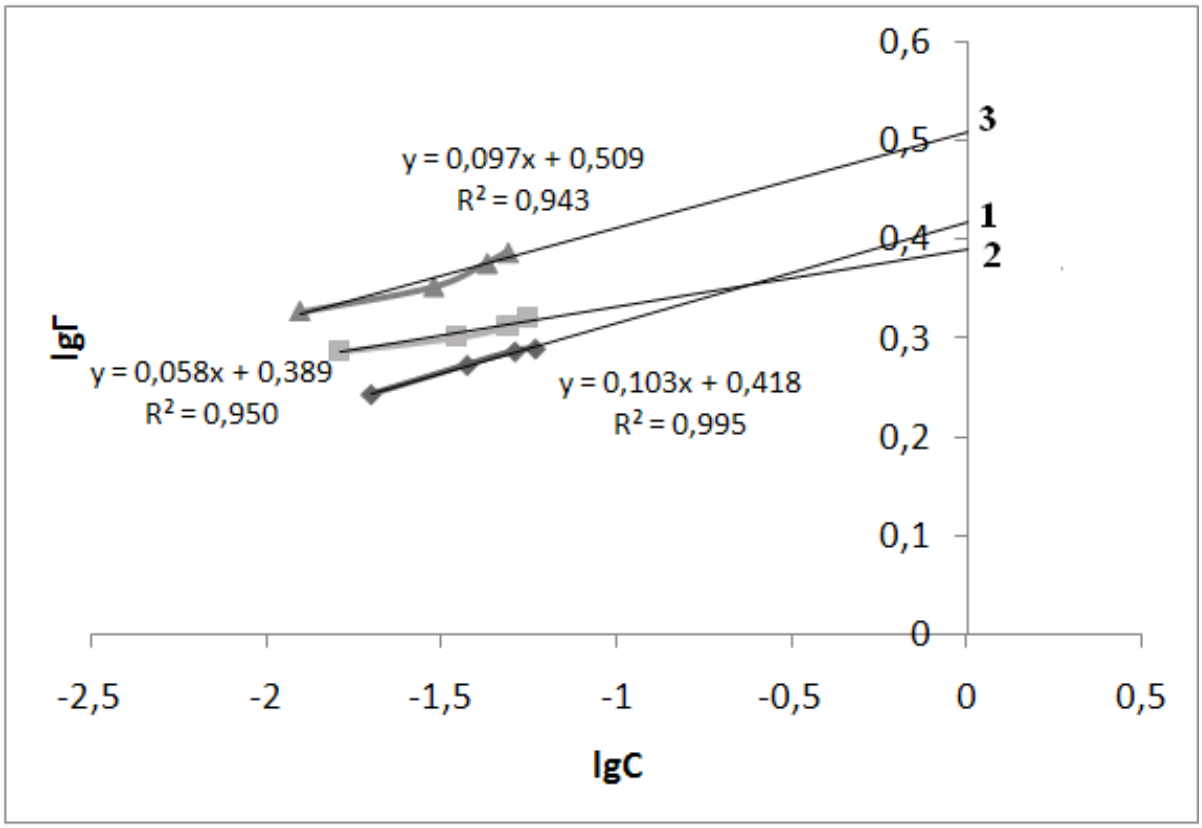


Рисунок 3 – Изотермы сорбции ионов меди в линейных координатах уравнения Фрейндлиха на монтмориллонитовой глине в ОН – форме при Т,К: 1 – 298; 2 – 318; 3 – 333.

Как видно из полученных экспериментальных данных, важным фактором, который влияет на процесс сорбции, является температура. Повышение температуры приводит к увеличению величины сорбции, что свидетельствует о химической природы сил между сорбентом и сорбатом.

По результатам работы можно сделать вывод, что природный сорбент содержащиймонтмориллонит в модифицированном виде обладает высокими сорбционными способностями по отношению к ионам меди.

Список использованных источников

1. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий . - Москва: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. – 85с. – Текст : непосредственный

2. Пимнева Л. А. Извлечение катионов кобальта Кыштырлинской глиной в ОН-форме /Л. А. Пимнева, М. Н. Королева.– Текст : непосредственный //Водосбережение, мелиорация и гидротехнические сооружения как основа формирования агрокультурных кластеров России в XXI веке: сб. докладов XVIIIМеждунар.науч.-практ.конф. – Тюмень, 2016. – Т.1. – С. 135 – 140.

3. Пимнева Л. А. Утилизация ионов кадмия из сточных промышленных вод /Л. А. Пимнева, В. Р. Саитова. – Текст : непосредственный // Международный журнал экспериментального образования, 2017. - №7. – С. 37-39.

4. Пимнева Л.А. Решение экологических проблем по очистке промышленных сточных вод /Л.А. Пимнева. – Текст : непосредственный //Современные проблемы науки и образования. – Москва: Издательский дом Академии Естествознания, 2019. – Том XVII. – с. 17-19

5. Pimneva L. A. Regularitiesofsorptionofcationsofzincandcopperbynaturalsorbent /L. A. Pimneva, E. S. Malishkina, E. I. Salnikova. – Текст : непосредственный //Procedia Engineering, 2016. – №165. –279. – 283.

6. Волков В. А. Теоретические основы охраны окружающей среды /А. А. Волков. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. С. 148 – 152.– Текст : непосредственный

УДК 665.72.048.3 : 536.423

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Полетаев И. А,
ФГБОУ ВО Тюменский Индустриальный Университет, Тюмень.

Теплообменное оборудование одно из самых распространённых в любом производстве. Они используются для поддержания требуемых

технологическом процессе. В теплообменниках может происходить, подогрев сырья до температуры процесса, охлаждение готового продукта. В испарителях происходит изменение агрегатного состояния потоков из жидкого в парообразного, обратное это процессу оборудование конденсаторы.

Любой поток является топливно-энергетическим ресурсом, для оптимизации стараются подогревать сырьё готовым продуктом или наоборот охлаждать второе первым, смотря со стороны какого потока посмотреть. [1]

Модернизация проводится с целью сохранения главного параметра выбора оборудования площадь теплообмена, при это можно уменьшить металлоёмкость конструкции или увеличить нагрузку и использовать более эффективное, надёжное, современное оборудование.

Одним из решений этой проблемы является турбулизация потока. Она позволяет свешивать пристенный слой потока с основной его массой. Но обратной стороной является увеличение гидравлического сопротивления. Это можно осуществить за счёт внедрения завихрителей или придание шероховатости стенкам труб. Рассмотренный способ к пассивным методам, рассмотрим активный метод.

Применение электрических полей, даёт прирост эффективности в процессе испарения. Оно разрушает плёночное кипение, заменяя его пузырьковым. Так же этот метод положительно влияет на процесс конденсации, он уменьшает силу поверхностного натяжения, что ускоряет образование хоть и меньших по размеру капель воды.

К сожалению многие исследования по данной тематики лишь теоретические или имеют экспериментальную базу. [2]

Список использованных источников

1. Мирам А. О. Техническая термодинамика. Тепломасообмен : учебное издание / А. О Мирам, В. А. Павленко – Москва: Издательство АСВ, 2011. – 352 с. – Текст : непосредственный.

2. Погонин, В. О. Интенсификация теплообмена в парогенераторах / В. О. Погонин, Г. Д. Оразгалеева, О. В. Шелиховская. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 10 (300). — С. 107-109.

Научный руководитель: Мозырев Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Переработка нефти и газа

УДК 541.183

СОРБЦИОННЫЙ СПОСОБ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Полещук И. Н., к.х.н., доцент, *e-mail:* poleschukin@tyuiu.ru
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Промышленные выбросы являются первопричиной появления ионов тяжелых металлов в природной воде. Явление коррозии металлического оборудования также способствует этому процессу. Одним из перспективных и эффективных способов очистки воды от тяжелых металлов является сорбционный метод [1, 2]. В этом методе используют как природные, так и синтетические сорбенты. При этом предпочтение все же отдают природным сорбентам, поскольку они, обычно, легкодоступны и имеют невысокую стоимость. Природные сорбционные минералы расположены в непосредственной близости от места их использования. Кроме того, применение природных сорбентов является более целесообразным, так как они имеют достаточно высокую сорбционную емкость [3].

Тюменская область богата природными сорбционными материалами различного химического и минералогического состава [4]. Поэтому исследования сорбционных свойств местных сорбентов являются актуальными. В работе исследовалась сорбционная способность природного сорбента – диатомита по отношению к ионам цинка (Zn^{2+}), свинца (Pb^{2+}) и железа (Fe^{3+}).

Химический состав диатомита был исследован с применением метода электронной микроскопии. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав диатомита

Компоненты	SiO_2	Al_2O_3	MgO	K_2O	CaO	Fe_2O_3
% масс.	76,6	7,53	1,29	0,96	1,4	1,82

Исследования проводились на модельных растворах, варьируя концентрацию от 0,05 до 0,2 ммоль/мл. Содержание исследуемых катионов в рабочих растворах определяли методом комплексонометрического титрования [5]. На основе полученных экспериментальных данных строились изотермы – графические зависимости удельной сорбции от равновесной концентрации исследуемых ионов металлов. Изотермы дают основные сведения о сорбционных свойствах диатомита (рис. 1) и характере сорбции исследуемых ионов цинка, свинца и железа.

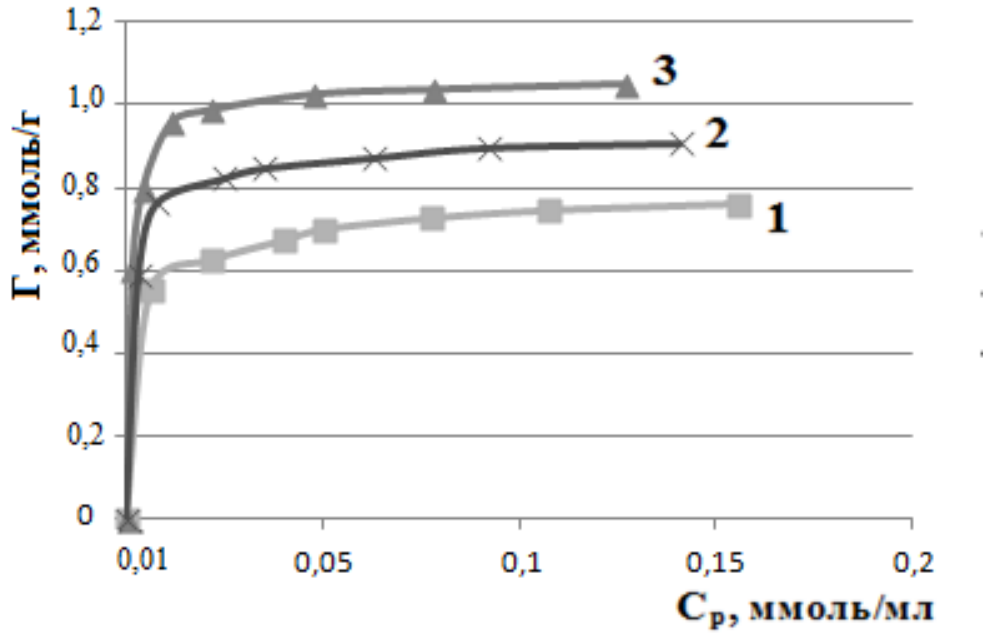


Рисунок 1 – Изотермы сорбции на диатомите катионов: 1 – цинка, 2 – свинца, 3 – железа

Такой вид изотерм получается в том случае, когда сорбенты имеют микропористую структуру. В области небольших концентраций исследуемых катионов металлов изотермы устремляются резко вверх, это доказывает образование на поверхности сорбента мономолекулярного слоя в данных условиях [6]. При сравнении изотерм хорошо видно, что в меньшей степени происходит сорбция катионов цинка. Известно, что величина сорбционной способности зависит от заряда иона и его радиуса, катионы с большей валентностью имеют большую величину удельной адсорбции, а ионы одинаковой валентности адсорбируются тем лучше, чем больше их эффективный радиус [7]. Из литературных источников [8] катионы свинца (Pb^{2+}) имеют радиус 0,113 нм, а у катионов цинка (Zn^{2+}) он составляет 0,076 нм. Ионы, имеющие больший радиус гидратированы в меньшей степени, в связи с этим такие ионы в большей степени притягиваются к поверхности адсорбента.

На основании полученных результатов исследования можно сделать вывод, что природный сорбент (диатомит) можно использовать для очистки водных растворов от ионов тяжелых металлов – цинка, свинца и железа.

Список использованных источников

1. Аширов, А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов / А. Аширов. – Ленград: Химия, 1983. – 295 с. – Текст : непосредственный.

2. Смирнов, А. Д. Сорбционная очистка воды / А. Д. Смирнов. – Новосибирск : Наука, 1999. – 470 с. – Текст : непосредственный.

3. Тарасевич, Ю. И. Природные сорбенты в процессе очистки воды / Ю. И. Тарасевич – Киев: Наукова думка, 1981. – 208 с. – Текст : непосредственный.

4. Большаков, А. А. Природные минералы Тюменской области: свойства и перспективы использования в процессах очистки воды / А. А. Большаков, Е. И. Вялкова – Санкт-Петербург: Недра, 2005. – 128 с. – Текст : непосредственный.

5. Шварценбах, Г. Комплексонометрическое титрование / Г. Шварценбах, Г. Флашка – Москва: Химия, 1970. – 360 с. – Текст : непосредственный.

6. Парфит, Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Г. Парфит, К. Рочестер. – Москва : Мир, 1986. – 126 с. – Текст : непосредственный.

7. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий – Москва: Химия, 1976. – 512 с. – Текст : непосредственный.

8. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – Москва : Химия, 1974. – 454 с. – Текст : непосредственный.

УДК 544.478

ЗАМЕНА КАТАЛИЗАТОРА В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДОТФ

Проничев Г. М.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В ходе анализа технологии получения ДОТФ, мной было выделено две наиболее энергоёмких стадии процесса – проведение реакции этерификации и последующее разделение продуктов ректификацией.

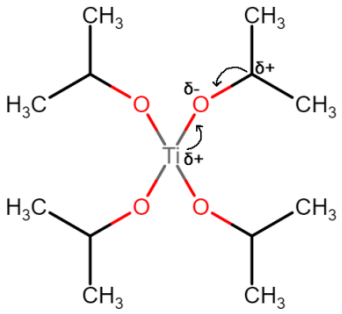
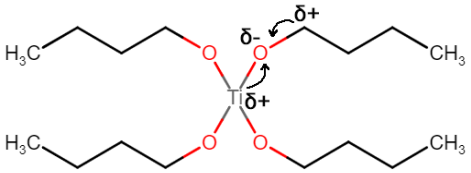
В результате анализа мной предлагается использование тетрабутилата титана в качестве катализатора взамен применяемого тетраизопропилата титана. Сравнительная характеристика приведена в таблице 1.

Я считаю целесообразным проведение лабораторных испытаний синтеза ДОТФ на предлагаемом катализаторе, так как обладая иной электронной конфигурацией он потенциально может влиять на растворимость ТФК в 2-ЭГ и на кинетику реакции, что позволит смягчить температурный режим процесса, сократить продолжительность производственного цикла и экономить воду на стадии промывки продуктов от катализатора. При технико-экономических расчетах следует учитывать повышенный расход катализатора и его меньшую стоимость.

Для повышения энергоэффективности разделения продуктов мной предлагается применение современных принципов термодинамически-обратимой ректификации, которые позволяют сократить энергоемкость процесса более чем на 40%.

Таблица 1

Сравнительные характеристики катализаторов

Параметр	**Тетраизопропилат титана**	**Тетрабутилат титана**
Структурная формула		
Температурный режим реакции, °С	160-265	150-230
Расход теплоносителя, %	100	85
Продолжительность производственного цикла, ч	13	12,5
Расход катализатора на 1 т продукта, т	0,2	0,24
Стоимость, тыс. руб/т	580	420
Расход воды для промывки (т на 1т продукта)	3	1

Список использованных источников

1. Бабкина, А. В. Цифровая экономика и Индустрия 4.0: новые вызовы: труды научно-практической конференции с международным участием / А. В. Бабкина. – Текст : непосредственный // Санкт-Петербург: Политехн. ун-та, 2018.- 573с.

2. NEFTEGAZ.RU: Нефтегазовый портал : сайт – URL : https://neftegaz.ru/tech_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-i-Industriya-4.0.-Kratko (дата обращения: 10.10.2021). – Текст : электронный.

3. СИБУР: Нефтяная компания : сайт. – URL : https://www.sibur.ru/ (дата обращения: 14.10.2021). – Текст : электронный.

4. Капустин В. М. Химия и технология переработки нефти / Капустин В.М. – Москва: Химия, 2013 г. – 496 с. – Текст непосредственный.

5. Донской, С. Е. Охрана окружающей среды: программа до 2020 года / С. Е. Донской. – Текст : непосредственный // Экология производства. 2012. - № 12. - С. 310.

6. Катин, В. Д. Методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на нефтеперерабатывающих заводах / В. Д. Катин. – Текст : непосредственный. // Безопасность в техносфере. 2009. № 1. С. 5052.

7. Thermalinfo : справочные данные: сайт. – URL : http://thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/toplivo-i-masla/svojstva-topliva-i-masel (дата обращения: 10.02.2021). – Текст : электронный.

8. Катин, В. Д. Защита атмосферного воздуха при малоотходных методах сжигания мазута и нефтезаводских газов в котлах и печах / В. Д., Катин, В. А. Бойко. - Владивосток: Дальнаука, 2012. - 190 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Дерюгина О. П., кандидат технических наук, доцент

УДК 667.621.72

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАСТИФИКАТОР ОТ ВЕДУЩЕЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ ДЛЯ НУЖД НАСЕЛЕНИЯ

Проничев Г. М.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В Мире наблюдается смещение потребления полимерной продукции в сторону более экологичной и безопасной. Многие потребители готовы заплатить больше за товар с высокими экологическими характеристиками. На это влияют два главных фактора: потенциал продукта к переработке и повторному использованию и приверженность компаний-производителей принципам устойчивого развития.

На основании этого мной были выбраны два продукта СИБУРа, показатели которых формируют дополнительную ценность для клиентов.

Первый – полипропилен, который был выбран по следующим причинам:

1 Производство является экологичной технологией утилизации попутного нефтяного газа

2. Пластики из полипропилена сохраняют ресурсы, снижают объемы мусора и могут быть переработаны на 100%

3. Полипропилен – один из самых крупнотоннажных полимеров с широким марочным ассортиментом и применяется в самых различных

сферах использования: мешки, биг-бэги, одноразовая посуда, фары, расчески, зубные щетки, детали для автомобилей (бамперы, обтекатели и т.п.), вешалки, паллеты.

Однако в настоящее время в связи пандемией коронавируса наблюдается снижение экспорта полиолефинов, например, полипропилена в Китай.

Поэтому в ходе решения поставленной задачи я решил остановиться на более перспективном как для внутреннего, так и для внешнего рынка продукте – пластификаторе ДОТФ. Положительные эффекты от его применения заключаются в следующем:

1. безопасности. Именно в отсутствии вреда для здоровья человека по сравнению с фталатными пластификаторами как в процессе производства, так и эксплуатации готовой продукции;

2. экологичности. А именно в соответствии продукции и процесса производства высоким экологическим стандартам;

3. качестве. Стабильное качество на основе собственного сырья СИБУРа обеспечивает повышенную прочность, износо- и морозостойкость.

Список использованных источников

1.ГАЗПРОМ-НЕФТЬ: Нефтяная компания : сайт. – URL : https://www.gazprom-neft.ru/company/oil-refining/technology/ (дата обращения: 14.10.2021). – Текст : электронный.

2.СИБУР: Нефтяная компания : сайт. – URL : https://www.sibur.ru/ (дата обращения: 14.10.2021). – Текст : электронный.

АБСОРБЕНТЫ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Рахимов Б. Ю.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Среди различных методов в процессе подготовки и переработки углеводородных газов на отечественных промыслах широкое распространение нашел абсорбционный метод, который основан в абсорбции паров влаги абсорбентами из газа и дальнейшей регенерации насыщенного водой абсорбента. Газ осушают для того, чтобы удалить из него паров воды и обеспечить температуры точки росы газа по воде более низкой, чем минимальная температура, которая может быть в системах транспортировки или переработки газа [1].

Абсорбционная осушка основана на избирательном поглощении паров воды которые содержаться в углеводородных газах, присутствия которых являются нежелательными, так как они могут конденсироваться и стать причиной образования кристаллогидратов, которые закупорива-

ют трубопроводов тем самим ухудшают работы объектов добычи, переработки и транспортировки газов. В качестве абсорбента поглотителя в отечественных промыслах в основном используют концентрированные растворы диэтиленгликоля, а за рубежом широко применяется растворы триэтиленгликоля.

В данной работе рассмотрим абсорбционный метод осушки газа в основе, которой заложен процесс поглощения влаги из газовых смесей жидкими поглотителями, а в качестве абсорбента-осушителя диэтиленгликоль (ДЭГ) с массовым содержанием 96,5-98,7 мас. %, который на отечественных промыслах получил наибольшее применения.

Процесс абсорбции осуществляется на тарельчатых колоннах, где абсорбент и газовый поток взаимодействуют на различных ступенях абсорбера: сверху подается осушитель, а снизу газовый поток, в результате чего потоки взаимодействуют и протекает процесс массообмена.

Как показала практика диэтиленгликоль как осушитель имеет ряд недостатков: большие потери от уноса, небольшая депрессия точки росы, низкая степень осушки и другие. В настоящее время наука развивается и не стоит на месте, и был изобретен абсорбент на основе диэтиленгликоля в состав которого входит диэтиленгликоль, полиалканолэтилендиамин и вода [2]. Осушающую способность гликоля экспериментально определяли на лабораторной установке и сравнили ее с диэтиленгликолем (рис.1). В результате эксперимента получили следующие данные (таблица 1) [3].

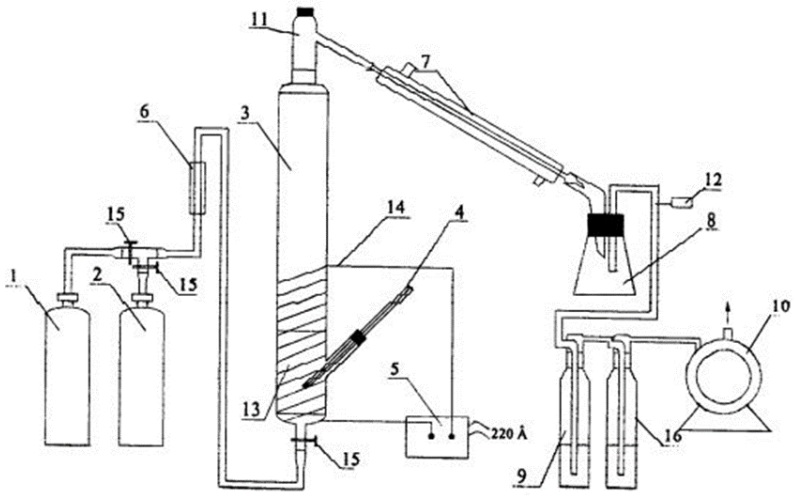


Рисунок 1 – Лабораторная установка для экспериментального определения осушающей способности гликолей

1 – баллона с газом; 2 - баллон с инертным газом; 3 - абсорбер; 4 - термометр; 5 - лабораторный автотрансформатор регулировочный; 6 - ротаметр; 7 – воздушный холодильник; 8 - коническая колба для приема конденсата; 9 – колба Дрекселя с поглотителем сероводорода (ацетатом свинца); 10 - газовый счетчик барабанный (с жидкостным затвором); 11 - переходник стеклянный; 12 - шприц для отбора проб; 13 - насадка из стеклянных шариков; 14 - нихромовые нити, обогревающей абсорбер; 15 - вентиль; 16 - колба Дрекселя с поглотителем влаги (ДЭГ).

Таблица 1

Экспериментальные данные об осушающей способности абсорбентов

Абсорбент	**Остаточная влага в газе, г/л**
20% МОПЭДА (моноизопропанолэтилендиамин) + 75% ДЭГ (диэтиленгликоль) + 5% вода	0,0039
20% ТОПЭДА (тетраизопропанолэтилендиамин) + 75 ДЭГ + 5% вода	0,0015
30% ТОЭЭДА (тетраэтанолэтилендиамин) + 65% ДЭГ + 5% вода	0,0018
30% ДОЭЭДА (диэтанолэтилендиамин) + 65% ДЭГ + 5% вода	0,0063
98% ДЭГ + 2 % вода	0,0084

Исходя из экспериментальных данных, полученных после лабораторного определения поглотительных свойств абсорбентов, можно сделать вывод, что при использовании предлагаемых реагентов можно достичь более глубокую осушку углеводородных газов. Как показывают результаты эксперимента при применении, например, 30 % тетраэтанолэтилендиамина, 65 % диэтиленгликоля 5% воды, остаточная влага составила 0,0018 г/л в осушенном газе при сравнении с 98% диэтиленгликолем и 2% воды остатки влаги в газе составили 0,0084 г/л, что почти 4-5 раза больше чем по сравнению с предлагаемым абсорбентом [3].

Список использованных источников

1. Берлин, М. А. Квалифицированная первичная переработка нефтяных и природных углеводородных газов: учеб. пособие для вузов / М. А. Берлин, В. И. Гореченков, В. П. Капралов. – Краснодар: Советская Кубань, 2012. – 520 с. – Текст: непосредственный.

2. Левченко, Д. Н. Технология обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях : учеб. пособие для вузов / Д. Н. Левченко, Н. В. Бергштейн, Н. М. Николаева. – Москва : Химия, 1985. – 168 с. – Текст: непосредственный.

3. Пат. 2417823 Российская Федерация, МПК B01D53/14. Абсорбент для осушки углеводородных газов : № 2009148257/05 : заявл. 24.12.2009 : опубл. 10.05.2011 / Фахрутдинов Р. З., Закиев Ф. А., Гарифуллин Р. Г., Аминов М. Х., Зайнуллов Ф. Р., Султанов А. Х., Фахрутдинов Б. Р. ; патентообладатель Открытое акционерное общество "Татнефть" им. В. Д. Шашина. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Леонтьев С. А. доктор технических наук, профессор

АНАЛИЗ АБСОРБЕНТОВ ОСУШКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Рахимов Б. Ю.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Одним из важных технологических процессов в системе подготовки и переработки газа, является осушка углеводородных газов.

В настоящее время абсорбционные технологии среди различных технологических процессов и методов в системе переработки и подготовки природного и попутного газа, занимают лидирующую позицию. Значимость абсорбционной осушки относительно других методов объясняется значительными преимуществами данного процесса, а именно непрерывностью, простотой автоматического управления, невысокими эксплуатационными и капитальными расходами, небольшими перепадами давления газа в системе, широким диапазоном по производительности и другими характеристиками [1].

Целью написания данной статьи является сравнительный анализ эффективности применения абсорбентов осушки газа. В качестве абсорбентов-осушителей проанализируем этиленгликоль (ЭГ), диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ). В таблице 1 приведены физико – химические свойства гликолей [1].

Таблица 1

Физико – химические свойства гликолей

Показатели	**этиленгликоль**	**диэтиленгликоль**	**триэтиленгликоль**
Химическая формула	$C_2H_6O_2$	$C_4H_{10}O_3$	$C_6H_{14}O_4$
Относительная молекулярная масса	62,07	106,12	150,17
Плотность при 20°С, г/см^3	1,1135	1,1184	1,1254
Вязкость при 20°С, МПа·с	20,9	35,7	47,8
Температура кипения, °С: при 101,3 кПа	197,3	244,8	278,3
Теплота растворения воды в гликолях при 90°С, кДж/кг	796,2	134,9	210,0
Критическая температура, °С	376	410	440
Критическое давление, Мпа	8,26	5,1	3,76
Температура замерзания, °С	-12,6	-9,0	-7,6
Температура начала разложения, °С	164,4	164,4	206,7

Наименее важным параметром характеризирующих осушительных свойств гликолей является депрессия точки росы. (таблица 2).

Таблица 2

Равновесная точка росы осушенного газа по влаге

Температура °С	**98%**		**99%**		**99,5%**	
	ДЭГ	ТЭГ	ДЭГ	ТЭГ	ДЭГ	ТЭГ
5	-24	-31,5	-31,7	-38	-36	-44
10	-20,6	-27,1	-28,5	-35,3	-34,5	-41,7
20	-14,4	-20	-21,7	-28,4	-27,8	-35
30	-6,2	-13,3	-15,2	-22,5	-21,7	-27,8
35	-2,4	-8	-11,5	-18,5	-18,8	-25,1
40	0,7	-5	-9,2	-15,8	-15,8	-23

На основании табличных данных перечислим основные достоинства и недостатки абсорбционных гликолей:

1. Этиленгликоль

Достоинства: более низкая температура замерзания по сравнению с ДЭГ и ТЭГ, меньшая вязкость при температурах осушки, применяется в качестве ингибитора гидратообразования на установках НТС и НТК для осушки газа до точки росы -30°С, стойкий к окислению (срок хранения 12 месяцев).

Недостатки: высокое давление насыщенных паров, при осушке и регенерации происходят большие потери ЭГ [2].

2. Диэтиленгликоль

Достоинства: высокая гигроскопичность, стабильность в присутствии сернистых соединений, кислорода и углекислого газа при обычных температурах, менее склонен к пенообразованию чем ТЭГ.

Недостатки: потери от уноса больше чем при применении ТЭГ, депрессия точки росы меньше, чем при осушке газа ТЭГ, срок хранения 3-6 месяцев, склонен к самоокислению.

3. Триэтиленгликоль

Достоинства: высокая гигроскопичность, давление насыщенных паров меньше чем у ДЭГ, достигается более низкая температура точки росы, более высокая температура начала разложения чем ДЭГ.

Недостатки: растворимость газа на 25-30% выше, чем ДЭГ, более склонен к пенообразованию в присутствии легких углеводородных жидкостей, чем ДЭГ, склонен к самоокислению [1,2].

На основании вышеперечисленных преимуществ и недостатков абсорбционных гликолей можно сделать вывод, что ДЭГ и ТЭГ имеют более высокую эффективность эксплуатации по сравнению с ЭГ, так как ЭГ имеет высокое давление насыщенных паров и соответственно большие потери при осушке и регенерации, следовательно, он не нашел широкого применения. Более высокая температура начало разложения ТЭГа дает возмож-

ность выделению из него растворенных углеводородов и соответственно улучшать поглотительную способность. Опыт применения ТЭГа на один из полупромышленных установок Ставропольского края показал, что потеря гликоля составил не более 5г на 1000м^3, а это показатель в четыре раза ниже по сравнению с ДЭГ. Известно, что для глубокой регенерации ДЭГа необходимо создание вакуума в десорбере на уровне 40 мм.рт.ст., что приводит к дополнительным затратам [3].

Подводя итог сравнительного анализа гликолей в абсорбционной осушке газа можно сделать вывод, что несмотря на относительно высокую цену, ТЭГ имеет ряд технологических и эксплуатационных превосходств над ДЭГом к которым можно отнести более низкий расход и потери, а также более глубокую осушку газа.

Список использованных источников

1. Аджиев, А. Ю. Подготовка и переработка нефтяного газа в России : учебник для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1. Подготовка и переработка нефтяного газа в России / А. Ю. Аджиев, П. А. Пуртов. – Краснодар : ЭДВИ, 2014. – 776 с. – Текст : непосредственный.

2. Берлин, М. А. Квалифицированная первичная переработка нефтяных и природных углеводородных газов : учеб. пособие для вузов / М. А. Берлин, В. И. Гореченков, В. П. Капралов. – Краснодар : Советская Кубань, 2012. – 520 с. – Текст : непосредственный.

3. Мурин, В. И. Технология переработки природного газа и конденсата : справочник / В. И. Мурин, Н. Н. Кисленко. – Москва : ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. – 517 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Леонтьев С. А. доктор технических наук, профессор

УДК 665.7.038.64

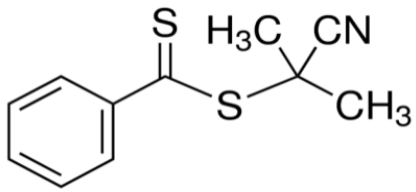
СИНТЕЗ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК В ПРИСУТСТВИИ ДИТИОБЕНЗОАТА – ЭФФЕКТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРОВ

Рашмакова А. Е., Колякина Е. В., Гришин Д. Ф.
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород.

В связи с увеличение спроса на дизельное топливо (**ДТ**) возникает проблема использования его в зимнее время, так как при низких температурах происходит выпадение парафинов, что является причиной закупорки

топливных фильтров и топливопроводов. Одним из решений данной проблемы является введение в дизельное топливо депрессорных присадок (**ДП**). Важно отметить, что присадки должны характеризоваться определенными значениями молекулярных масс (**ММ**) и узким молекулярно-массовым распределением (**ММР**) [1]. В последние десятилетия широкое развитие получило направление контролируемой радикальной полимеризации, позволяющее синтезировать полимеры с определенными свойствами, структурой и топологией [2]. Использование развиваемых направлений в промышленности позволит решить ряд проблем, связанных как с условиями синтеза полимеров, так и эксплуатационными свойствами материалов, изготавливаемых на их основе. Именно данные технологии создадут эффективные перспективы для синтеза присадок к топливам и маслам с заданным комплексом свойств.

В данной работе для синтеза ДП с определенными молекулярно-массовыми характеристиками (**ММХ**) нами разработана методика контролируемой радикальной полимеризации стеарилметакрилата, протекающая по механизму обратимой передачи цепи – RAFT (**R**eversible **A**ddition-**F**ragmentation Chain **T**ransfer). В качестве RAFT агента использовался 2-пропил-2-цианодитиобензоат (**ПТБ**):



2-пропил-2-цианодитиобензоат

Введение в систему ПТБ позволяет осуществить синтез полистеарилметакрилата (**ПСМА**) в контролируемом режиме при температуре 80°С. Показано, что при наличии ПТБ скорость полимеризации стеарилметакрилата несколько уменьшается по сравнению со скоростью процесса на традиционном инициаторе, при этом процесс полимеризации протекает без автоускорения. Установлено, что в присутствии ПТБ с увеличением конверсии происходит равномерный линейный рост среднечисленной и средневесовой молекулярных масс полимеров, при этом их коэффициенты полидисперсности равны 1.18-1.48. Кривые молекулярно-массового распределения носят унимодальный характер, представляют собой узкие пики, и смещаются в область высоких значений молекулярных масс с ростом конверсии.

С целью исследования влияния ПСМА на низкотемпературные характеристики дизельного топлива были синтезированы полимерные присадки с различными молекулярными массами от 4 до 114 kDa и низкой полидисперсностью в присутствии ПТБ и полимер на основе традиционного

инициатора динитрила азоизомасляной кислоты (**ДАК**) (M_n=38 kDa и M_w/M_n=2.36). Установлено, что ПСМА с низкими значениями ММ менее эффективен в отличие от высокомолекулярных аналогов. Так, образцы ПСМА с M_n = 14, 23 и 43 kDa почти не изменяют температуру застывания присадки при концентрации 50 ppm, а полимеры с M_n = 4.9 и 9 kDa при этой концентрации даже ухудшает низкотемпературные показатели ДТ. Показано, что наилучшими депрессорными свойствами обладают полимеры с достаточно высокими значениями M_n, а именно 43 – 114 kDa, при средних и высоких концентрациях (рис. 1). Следовательно, молекулярная масса ДП существенно влияет на депрессию дизельного топлива: с увеличением ММ температура депрессии увеличивается.

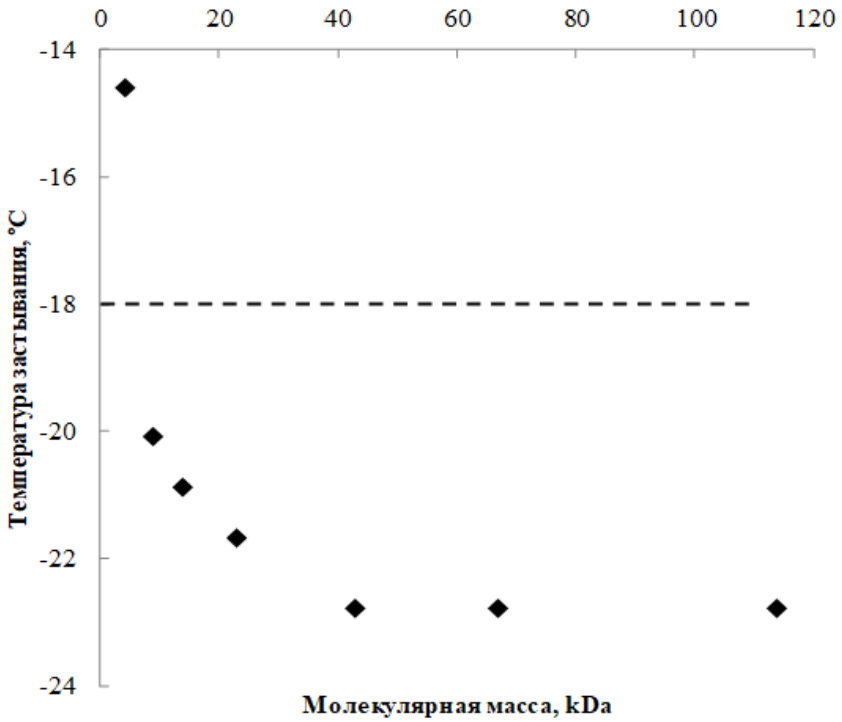


Рисунок 1 – Зависимость температуры застывания дизельного топлива от молекулярной массы присадки при концентрации 400 ppm

Отметим, что на депрессорные свойства присадки влияет не только значение ММ, но и полидисперсность исследуемых полимеров. На рис. 2 показано, что при введении присадок с широким ММР в ДТ наблюдается тенденция к росту температуры застывания в области высоких концентраций присадки, в отличие от узкодисперсных образцов, синтезированных в присутствии ПТБ. Таким образом, ММР присадок ограничивает их эффективность в области высоких концентраций, что может негативно сказаться на варьировании концентрации присадок в промышленных условиях для разных видов топлив.

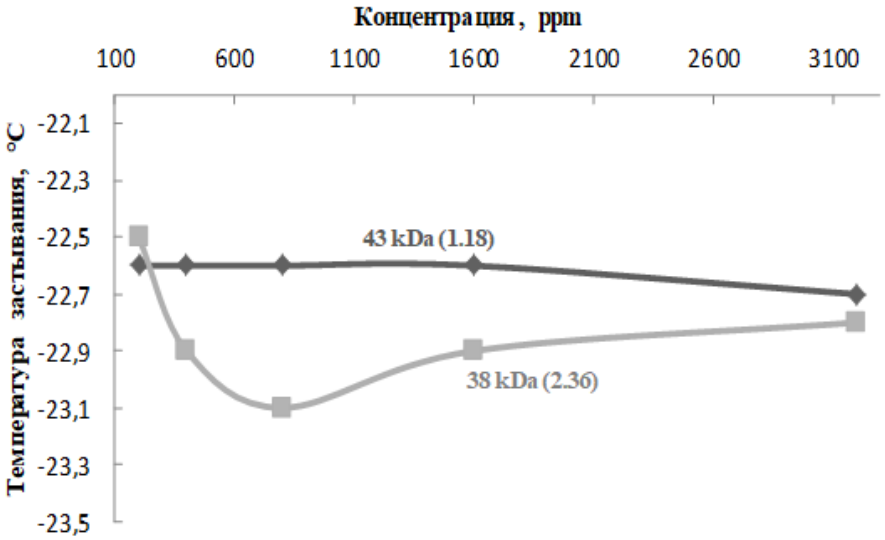


Рисунок 2 – Влияние полидисперсности ПСМА на температуру застывания при высоких концентрациях присадки

Изучена зависимость температуры застывания ДТ от концентраций ПСМА в диапазоне 50-3200 ppm. Выявлено положительное влияние присадок в широком интервале концентраций, так наиболее оптимальным интервалом концентраций ДП, синтезированных в присутствии ПТБ, является 200-3200 ppm. В случае ДП, полученной на традиционном инициаторе, наибольшее влияние проявляется в интервале 200-800 ppm. Данный факт обуславливает наибольшую эффективность депрессора, синтезированного по методу RAFT, поскольку позволяет варьировать содержание ДП в разных видах топлив.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что на депрессию температуры застывания могут оказывать влияние не только структура полимеров, но также важную роль играют их молекулярно-массовые характеристики. Для подбора оптимальных присадок с определенной структурой следует выбирать образцы с заданной молекулярной массой и полидисперсностью, которые наилучшим образом влияют на температуру застывания в широком интервале концентраций и будут приемлемы для разных видов топлив.

Список использованных источников

1. Neveu CD. Lubricant and Fuel Additives Based on Polyalkylmethacrylates / CD. Neveu, R. Sondjaja, T. Stöhr // Polymer Science: A Comprehensive Reference – V. 10 – P. 453-478

2.Moad G. Fundamentals of Controlled Living Radical Polymerization / G. Moad, E. Rizzardo, S.H. Thang // The Royal Society of Chemistry, UK. 2013. – P. 205.

УДК 66.0

ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Рзаев Р. И.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Проблема переработки ПНГ – один из главных вопросов, стоящих на повестке дня у всех нефтяных компаний. В настоящее время газ, чаще всего, сжигается на факелах, осложняя нелегкую экологическую обстановку в районах промыслов.

На рисунке 1 представлены диаграммы переработки ПНГ в 2005 и 2015 годах.

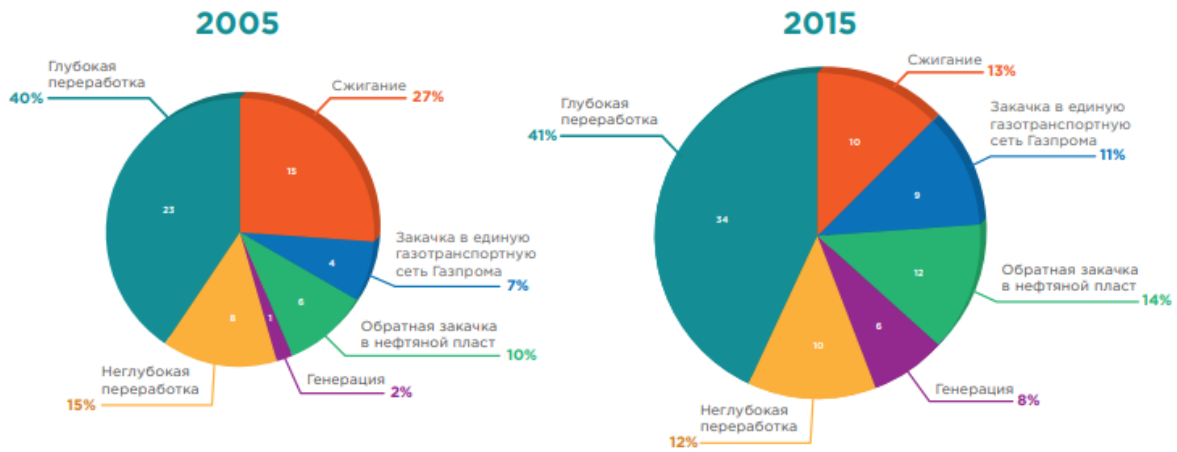


Рисунок 1 – Диаграмма переработки ПНГ в 2005 и 2015 годах

Переработка попутного нефтяного газа с дальнейшим его разделением на индивидуальные углеводороды является самым эффективным процессом, однако не самым единственный. Кроме этого, имеется возможность закачивать ПНГ обратно в пласт для поддержания пластового давления, а также использовать газ для выработки электроэнергии.

Менее эффективным процессом переработки ПНГ является собственно сжигание газа на факеле. Кроме потерь ценного сырья нефтехимии, в процессе сжигания газа возникает парниковый эффект, приводящий к непоправимому удару для экологии [1].

В настоящее время ситуация с переработкой попутного нефтяного газа изменяется. Компании акцентируют свое внимание проблеме рационального использования ПНГ. Этому способствует принятое Правительством Российской Федерации постановление № 7 от 8 января 2009 года, обязывающее нефтяные компании доводить уровень утилизации ПНГ до 95%, иначе грозят высокими штрафами [2].

На рисунке 2 представлена схема получаемых продуктов в результате переработки попутного газа.

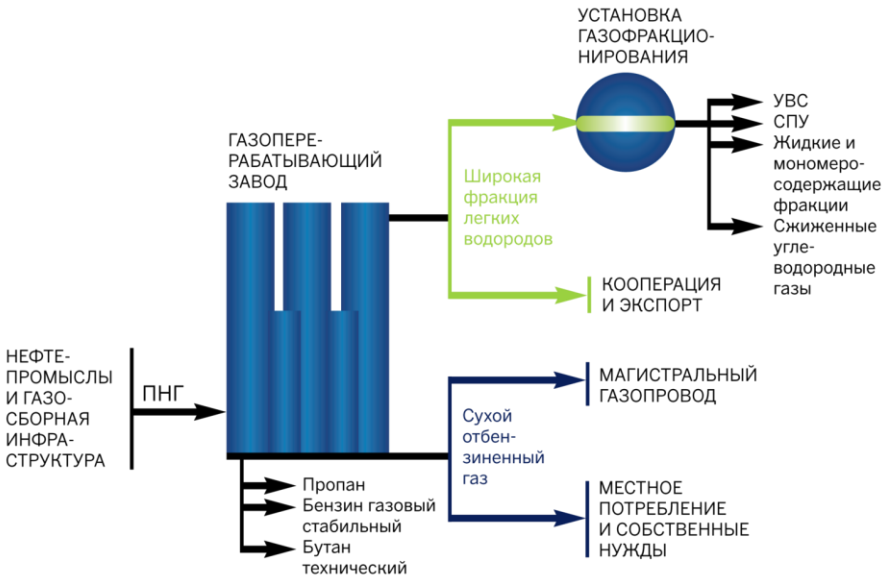


Рисунок 2 – Продукция, получаемая при переработке ПНГ

В 1919 году был открыт процесс Фишера-Тропша, позволяющий получить из углеводородного газа тяжелые углеводороды, которые в процессе ректификации могут быть разделены на топливные фракции – бензин, керосин и т.д.

В результате синтеза природный газ (метан) сначала превращают в синтез-газ, образующий при температурах 150 - 300 °С и давлении 0,1 - 4,0 МПа на железном или кобальтовом катализаторе «легкой нефтью» (смесь тяжелых углеводородов).

Технология GTL ещё один альтернативный метод использования ПНГ на малых отдаленных нефтяных месторождениях. Актуальной на сегодняшний день проблемой остается разработка и внедрение экономически и энергетически эффективных приемов по применению попутного нефтяного газа [3].

Список использованных источников

1. Щерба, В. А. Проблемы и перспективы утилизации попутного нефтяного газа в Российской Федерации / В. А. Щерба, А. Ш. С. Гомес, К. А. Воробьев. // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 1.- с. 139 - 144. – Текст : непосредственный

2. Утилизация ПНГ : ПАО "Газпром" : [сайт]. – URL : https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2015-october/1109601/(дата обращения: 20.10.2021). – Текст : электронный.

3. Карабанова, А. Н. Эффективность применения технологии GTL для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в отдаленных регионах России / А. Н. Карабанова, В. В. Бессель // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 1-2. – с. 82 - 87. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Таранова Л. В. кандидат технических наук, доцент

УДК 665.666.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ВЫПАДЕНИИ ПОЛИСУЛЬФИДОВ С УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Романов К. Ю., Житков Н. В., Рудко В. А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Большое количество элементов, присутствующих в нефти, воде и природном газе, могут вызывать процессы коррозии. Например, при термической обработке скважины, когда в призабойной зоне скважины образуется соляная кислота, хлор, содержащийся в виде хлорорганических соединений, является источником сильной коррозии скважинного оборудования при температурах выше 200 ° С. Но наиболее агрессивными являются пластовые жидкости с высоким содержанием S- и O-соединений.

По химическому составу соединения серы в нефти очень разнообразны. В нефти встречается растворенная или коллоидная элементарная сера, растворенный сероводород, меркаптаны (тиолы, тиоспирты), сульфиды (тиоэфиры) и циклические сульфиды (такие как тетрагидротиофен) и производные тиофена [1].

Помимо этого, также можно найти полисульфиды в нефтях и нефтепродуктах. Это соединения серы с двумя, обычно не более чем двумя, связанными атомами серы. Содержание дисульфидов и меркаптанов в нефтяных фракциях примерно одинаково. При нагревании они легко разлагаются на меркаптаны, сероводород и углеводороды, а сами дисульфиды являются продуктами окисления меркаптанов [2].

Основной целью работы является изучение химических и физических свойств сернистых соединений для предотвращения выпадения полисульфидов в ходе переработки нефти. В качестве исследуемого сырья были взяты образцы нефти после ЭЛОУ (обессоленная) и нефть сырая, а также отложение и вода из рефлексной емкости. В результате перегонки при температурах 55-355 ℃ в холодильниках обеих установок были обнаружены отложения. Данные отложения частично растворимы в CCl_4 и больше

растворимы в этиловом спирте. Далее растворы были исследованы методами хроматографии и ИК-спектроскопии. Осадок из емкости просушен при температуре 110 ℃ для выделения фракций по растворимости с определением их состава и структуры рентгеноструктурным и рентгенофлюоресцентным анализами.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ по НИР 0792-2020-0010.

Список использованных источников

1. Чертков Я. Б. Сернистые и кислородные соединения нефтяных дистиллятов / Я. Б. Чертков, В. Г. Спиркин. - Издательство «Химия», Москва, 2017. с. 65-77. – Текст : непосредственный.

2. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа /С. А. Ахметов. - Издательство «Гилем», Уфа, 2002. с. 600-672. – Текст : непосредственный.

УДК 546.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ

Рыбаченко А. Ю., Сурменев Р. А., Чернозем Р. В.,
Томский политехнический университет, г. Томск

Введение. Магнитоэлектрические (МЭ) наночастицы привлекают все больший интерес из-за их различного применения в медицинской диагностике, нанолазерах и многих других областях [1]. Такие нанокомпозиты могут одновременно поддерживать как электрические, так и магнитные резонансы, при этом МЭ эффект в них возникает в результате переноса напряжений между границей раздела ферромагнитной и сегнетоэлектрической фаз. В литературе сообщается о синтезе МЭ наночастиц на основе ядра феррита кобальта и оболочки титаната бария [2]. Но поскольку кобальт образует токсичные соединения, поиск и разработка новых биосовместимых МЭ наночастиц продолжается.

В данной работе были синтезированы гидротермальным методом магнитоэлектрические наночастицы, где в качестве ядра использовали феррит марганца (MFO), а в качестве оболочки – цирконат-титанат бария-кальция состава $(Ba_{0.85}Ca_{0.15})(Ti_{0.9}Zr_{0.1})O_3$ (BCZT). Полученные наночастицы исследовали на морфологию, магнитные свойства, структурный и фазовый состав.

Эксперимент. Помещали в отдельные пробирки определенное количество солей $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, $CaCl_2$, $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ и растворяли в воде с

применением ультразвуковой ванны. Полученные растворы солей смешивали друг с другом в стеклянном стакане с применением магнитного перемешивания. Затем вносили наночастицы феррита марганца и обрабатывали ультразвуком, после чего медленно по каплям добавляли раствор $TiCl_4$, перемешивали до исчезновения белой дымки, вносили раствор NaOH и снова перемешивали. Образовавшийся раствор переливали во фторопластовый стакан и помещали в автоклав, установленный на магнитную мешалку с нагревом.

Параметры синтеза: температура T = 200 °C, скорость перемешивания v = 300 об/мин, время синтеза t = 24 часа.

После остывания автоклава до 45 °C производили выгрузку реакционной массы с МЭ частицами в стеклянный стакан и промывали их до pH = 7 дистиллированной водой с применением магнита. Промытые частицы сушили при 50 °C в течение двух дней до установления постоянной массы.

Результаты анализов.

Морфологию синтезированных образцов исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). РЭМ изображения были получены с помощью микроскопа SEM-Quanta-D-200 при ускоряющем напряжении на аноде 20 кВ. На рисунке 1а представлено РЭМ изображение полученных магнитоэлектрических BCZT_MFO. Синтезированные наночастицы имеют сферическую форму. На рисунке 1б представлен график относительного распределения диаметра наночастиц, средний диаметр которых составляет 94 ± 22 нм.

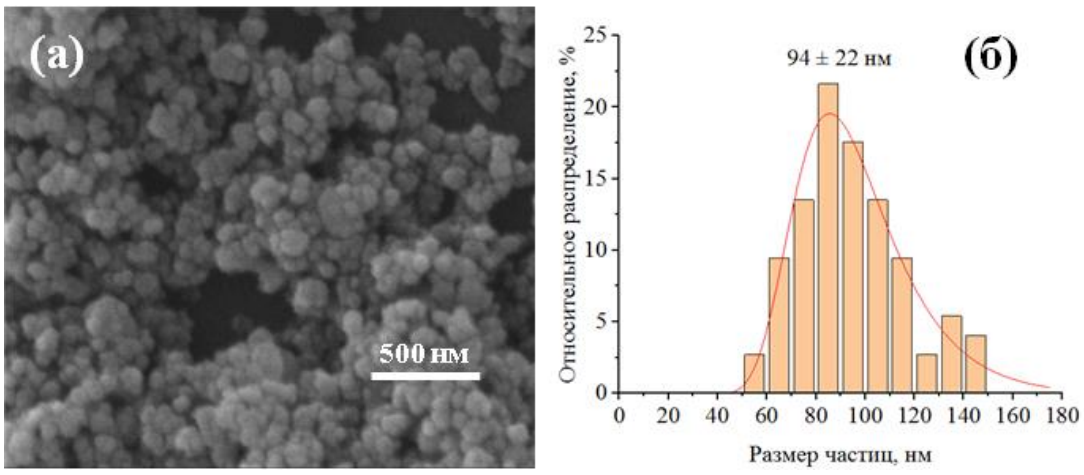


Рисунок 1 – (а) РЭМ изображение BCZT_MFO при увеличение 120000x;
(б) Относительное распределение диаметра BCZT_MFO.

Исследование намагниченности насыщения МЭ наночастиц проводилось на автоматизированном комплексе для исследования магнитных характеристик в импульсных магнитных поля до величины H ≈ 6,5 кЭ. Намагниченность наночастиц BCZT_MFO составила 16,06 Гс·см^3/г.

Исследование структурного и фазового состава полученных образцов проводили с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 в диапазоне углов от 15 до 65 градусов. На рентгенограмме образца BCZT_MFO были обнаружены фазы BCZT, $MnFe_2O_4$, Fe_2O_3, что подтверждает формирование перовскитной структуры на основе BCZT на поверхности магнитной фазы MFO.

Заключение. В работе были получены с помощью гидротермального метода МЭ наночастицы BCZT_MFO. Анализ полученных результатов позволил установить формирование сферических МЭ наночастиц со средним диаметром 94 ± 22 нм. Полученные МЭ наночастицы имеют близкую намагниченность насыщения (16,06 Гс·см^3/г) к аналогам, синтезированных с применением токсичных элементов таких, как Co и Ni. РФА подтвердил формирование перовскитной структуры на основе $(Ba_{0.85}Ca_{0.15})(Ti_{0.9}Zr_{0.1})O_3$ на поверхности ядер феррита марганца.

Список использованных источников

1. Liu, W. et al. Broadband Unidirectional Scattering by Magneto-Electric Core–Shell Nanoparticles // The Journal of Physical Chemistry. – 2012. – С. 5489-5497.

2. Wang, Z. et.al. Dielectric, ferroelectric and magnetoelectric properties of in-situ synthesized $CoFe_2O_4/BaTiO_3$ composite ceramics // Ceramics International. – 2019. – С. 1-22.

УДК: 544

3D ПЕЧАТЬ НАНОКОЛЛОИДНЫХ ЧЕРНИЛ НА ОСНОВЕ ЛАТЕКСНЫХ НАНОЧАСТИЦ С ПРОТИВОПОЛОЖНЫМ ЗАРЯДОМ

Рябченко Е. О., Стаценко Т. Г., Мальцева Е. С., Мурзова А. Е.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Санкт-Петербург

Подделка потребительских и промышленных товаров является серьезной экономической проблемой на сегодняшний день. Производители по всему миру теряют от 10 до 30 процентов годового дохода исключительно из-за подделок. Особое значение эта проблема приобретает, если они рассматривается со стороны потребителя, и речь идет не только о его финансовом благополучии, но и о состоянии здоровья при использовании таких товаров. Разработка новых методов и материалов для защиты идентифика-

ционных документов, сертификации и аутентификации товаров является активной областью исследований в последние десятилетия. Внедрение аддитивных технологий, таких как 3D-печати в этой области расширит сферу их применения и повысит степень защиты. Это достижимо при разработке новых чернил на основе гелей и материалов с функциональными оптическими свойствами [1].

Одним из перспективных методов использования аддитивных технологий в защите от контрафакта – это печать оптически-активных структур. На сегодняшний день, такие структуры на основе голографических элементов, квантовых точек, углеродных точек и других активных с оптической точки зрения элементов. Однако, данные элементы на сегодняшний день отработаны для печати с использованием технологий струйной печати, что накладывает существенные ограничения к типам поверхностей, на которых может быть нанесена структура. Так, например, большие сложности возникают при нанесении данных структур на поверхности сложной морфологии и геометрии. Любопытным выходом из данного положения является 3D гель-печать. За счет тиксотропных свойств геля возможно наносить оптически-активные структуры на поверхности, имеющие высокие лиофобные свойства, что существенно способно увеличить степень защищенности материальной продукции [2].

Наша работа посвящена получению и печати новых оптически активных гелевых чернил на основе положительно и отрицательно заряженных латексных наночастиц (НЧ) для экструзионной 3D гель-печати. Для получения наноколлоидных гелей в качестве мономера был выбран этилметакрилат (EtMa) из-за простоты его модификации красителями и коммерческой доступности. Флуоресцинакрилат (зеленый цвет) и 9-винилантрацен (синий цвет) были выбраны в качестве красителей из-за их способности производить сильные неперекрывающиеся пики эмиссии при 526 нм и 450 нм при возбуждении на длинах волн 480 и 375 нм соответственно. Мы синтезировали 4 типа заряженных латексных наночастиц: положительно заряженные EtMa (немеченый), FA-EtMa (зеленый), VA-EtMa (синий) и отрицательно заряженные частицы EtMa (немеченый).

Путем смешения латексов с разным зарядом было получено 3 типа чернил. Разжижение при сдвиге и точность были подтверждены реологическим исследованием и испытанием на ступенчатые колебания. Параметры печати были оптимизированы, и были получены желаемые структуры. Созданные модели для печати представляли собой скрытые изображения, которые проявлялись при возбуждении на соответствующей длине волны.

Противоположно заряженные латексные НЧ во многом открывают новый подход к получению многоцветных наноколлоидных чернил. Таким образом, в ходе работы нами был исследован новый материал для использования в 3D гель-печати, а также предложен простой способ 3D-печати флуоресцентных паттернов миллиметрового разрешения, которые можно

визуализировать с использованием четко определенной длины волны, что может использоваться для защиты от подделок на геометрически и морфологически сложных поверхностях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (проект № 075-15-2019-1896).

Список использованных источников

1. Carsten F. The Economic Effects of Counterfeiting and Piracy: A Review and Implications for Developing Countries / Carsten F. //WBG Development Economics . – 2016. – Т. 7586. – С. 35-39.

2. Xiaowei Y. Luminescence anti- counterfeiting: From elementary to advanced / Xiaowei Y. //Aggregate. – 2021. – Т. 2. – С. 20-34.

УДК 665.622.081.6

МЕМБРАННЫЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ ПОПУТНОГО ГАЗА

Савина А. А.
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Добыча нефти сопровождается выделением попутного газа. Изначально попутный нефтяной газ считался побочным продуктом и зачастую попросту сжигался. Однако с развитием науки и технологий люди пришли к заключению, что нефтяной газ – это кладезь полезных компонентов, поскольку в его составе содержится смесь различных газообразных углеводородов преимущественно парафинового ряда.

Переработка попутного газа приводит к получению большого количества ценных веществ, таких как непредельные углеводороды (олефины и диены), которые являются сырьем нефтехимической промышленности. Поэтому рациональное использование попутного газа является актуальной проблемой нефте- и газохимической промышленности.

Так же, как и нефть, попутный газ необходимо подвергать очистке, поскольку в его составе присутствует некоторые нежелательные компоненты, такие как вода, кислые газы и механические примеси.

Осушка газа необходима, исходя из того, при отрицательных температурах влага внутри газа образует кристаллогидраты, образование которых носит отрицательный характер, потому как они откладываются на стенках аппаратов и мешают нормальному функционированию оборудования [1].

Осушку газа можно проводить различными методами. Самые распространенные методы – это абсорбция гликолями и адсорбция цеолитами.

Абсорбционный метод осушки газа основан на поглотительной способности жидкости. Лучше всего осушку проводить гликолями.

Недостатком абсорбционного метода является большой расход абсорбента, а также необходимость его регенерации, что приводит к увеличению количества оборудования, соответственно – удорожанию технологического процесса.

Удаление влаги из газа методом адсорбции проводится в адсорберах со слоем адсорбента, в качестве которого чаще всего на практике применяют цеолиты. Метод адсорбции позволяет достичь более низкую точку росы, в отличие от абсорбционного метода, поэтому на месторождениях применяют именно этот метод осушки.

Главным недостатоком адсорбционного метода является необходимость в регенерации адсорбента, что приводит к уменьшению его поглотительной способности, а в последствии к его негодности со временем и замене [2].

Перспективное направление в промышленности – мембранная технология удаления влаги и кислых компонентов.

Принцип действия – селективная очистка газа, проходящего через мембрану, которая поглощает влагу благодаря перепаду давления. Исходный газ поступает в напорный канал под высоким давлением. Благодаря различной проницаемости компонентов газа через мембрану, происходит разделение. Низшие углеводороды, такие как метан и этан, не проходят сквозь мембрану и отводятся, а вода, кислые газы и тяжелые углеводороды, начиная от пропана, проходят сквозь мембрану [3]. Так, происходит разделение газа на подготовленный газ – ретант, давление которого снижается примерно до 0,1 МПа, и пермеат (смесь кислых газов, паров воды и тяжелых углеводородов) с давлением от 0,1 до 0,3 МПа.

Принципиальная схема распределения потоков внутри мембраны приведена на рисунке 1.

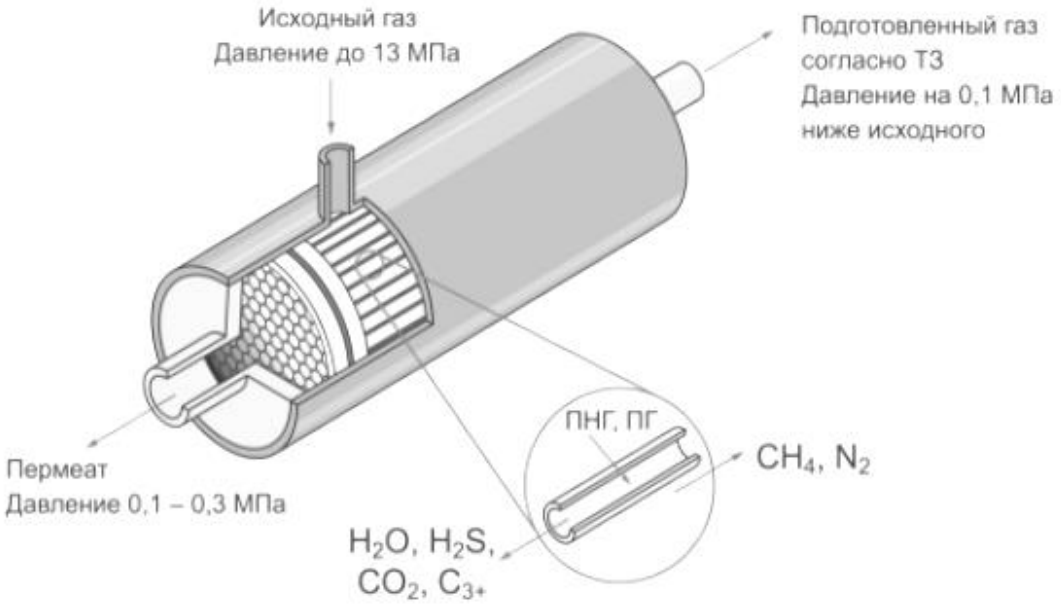


Рисунок 1 – Принципиальная схема распределения потоков газа в процессе мембранной технологии осушки

Предлагается применять половолоконную мембрану, которая изготавливается на основе полимерного волокна с нанесением на внешнюю поверхность слоя непористого материала, который разделяет газовую смесь. Такая технология позволяет удалить из газа влагу в 10-100 раз по сравнению с исходным влажным газом.

Половолоконная мембрана CarboPEEK позволяет производить подготовку газа с высоким содержанием фракций C_{3+}, паров воды, а также соединений на основе серы. Такая мембрана имеет оригинальную конфигурацию, она представляет собой композитную мембрану с пористой кристаллической основой из полиэфирэфиркетона с газоразделительным слоем на основе блок сополимера силоксанового типа, которая имеет высокую устойчивость к большей части компонентов, содержащихся в газе, высокую селективность тяжелых углеводородов, кислых газов и воды по отношению к метану [4].

Однако данный метод имеет несовершенства. Главный недостаток – унос метана около 1% вместе с пермеатом, что является недопустимым. Поэтому для решения данной проблемы предлагается использовать компрессорный блок для разделения пермеата и удаление метана из его состава [5].

Помимо этого, существует проблема того, что мембрана чувствительна к загрязнениям, в связи с этим необходимо тщательно подбирать материал мембраны с учетом состава осушаемого газа, а также требуется частая замена и очистка.

Важным преимуществом такой технологии является то, что образуемый пермеат, обогащенный кислыми газами, водой и тяжелыми углеводородами, после переработки может быть использован в качестве топлива для компрессоров. Помимо этого возможно его использование для переработки с целью получения жидких продуктов.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что мембранная технология подготовки газа является перспективной для применения, потому как позволяет одновременно удалить из газа влагу и кислые газы, а также производить предварительное отбензинивание газа. Такая технология является энергоэффективной, установка достаточно компактной, что обуславливает малую металлоемкость и низкую стоимость продукции, что позволяет использовать данный метод в процессе подготовки газа [6].

Список использованных источников

1. Шихалиев, Б. И. Абсорбционная осушка газа / Б. И. Шихалиев, А. Мухэтайэр. – Текст : непосредственный // Достижения науки и образования. – 2019. – № 3 (44). – С. 19-21. – Текст : непосредственный.

2. Савченков, А. Л. Первичная переработка нефти и газа / А. Л. Савченков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – 128 с. – Текст : непосредственный.

3. Шестерикова, Р. Е. Инновационная технология осушки природных и нефтяных газов / Р. Е. Шестерикова, А. А. Шестерикова. – Текст : непосредственный // Наука без границ. – 2017. – № 12 (17). – С. 50-54.

4. Есетов, Ж. А. Технология подготовки попутного нефтяного газа на основе мембранного разделения / Ж. А. Есетов. – Текст : непосредственный // Итоговая научно-образовательная конференция студентов Казанского федерального университета 2016 года, Т. 1: сб. тезисов: в 3 т. – Казань, 2016. – С. 27.

5. Муллахметова, Л. И. Попутный нефтяной газ: подготовка, транспортировка и переработка / Л. Л. Муллахметова, Е. И. Черкасова. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 19. – С. 83-90.

6. Колокольцев, С. Н. Совершенствование технологий подготовки и переработки углеводородных газов / С. Н. Колокольцев. – Москва : ЛЕНАНД, 2021. – 600 с. – Текст : непосредственный.

УДК 622.279.8

СРАВНЕНИЕ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССА НТС

Савина А. А.
ФГБОУ ВО Тюменский Индустриальный университет, г. Тюмень

Газоконденсатные месторождение (ГКМ) характеризуется тем, что по мере разработки и снижении давления добываемого газа из него выделяется жидкая фаза – углеводородный конденсат.

Цель процесса подготовки газа газоконденсатного месторождения – отделение конденсата, содержащего тяжелые углеводороды, от легких углеводородов. Для осуществления данного процесса наиболее эффективным является использование процесса низкотемпературной сепарации (НТС), суть которого заключается в охлаждении потока газа, в результате чего часть потока конденсируется, и последующей его сепарации.

Для процесса НТС применяют различные процессы, позволяющие снизить температуру газа до требуемых значений. Классическим примером такого процесса является изоэнтальпийное расширение газа с помощью дросселя. Однако со временем процесс был вытеснен более эффективным – изоэнтропийным расширением газа, происходящим в детандере [1].

Турбодетандерный агрегат (ТДА) представляет собой турбинную лопаточную машину, которая преобразует часть потенциальной энергии охлаждаемого газа в механическую, которая может быть использована для компримирования подготовленного газа. В сравнении с процессом дроссе-

лирования, расширение газа в детандере с термодинамической точки зрения является более эффективным [2]. Применяемые в процессе НТС схемы обвязки ТДА условно делят на два вида – «компрессор-детандер» («К-Д») и «детандер-компрессор» («Д-К»). Различие заключается в порядке прохождения газового потока через аппараты [3]. Принципиальные схемы двух видов обвязки ТДА приведены на рисунке 1.

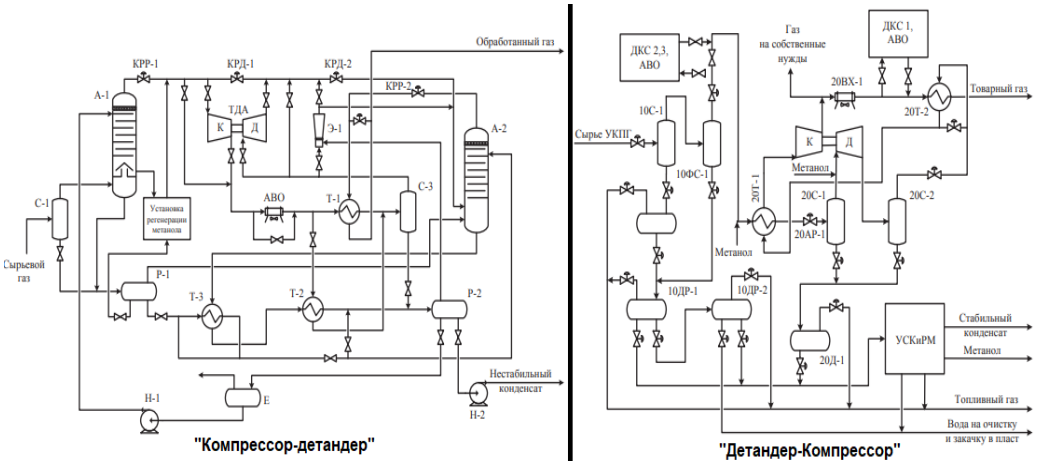


Рисунок 1 – Принципиальные технологические схемы НТС с ТДА

Использование эжекционной технологии также может служить для охлаждения газов до температуры -30...-25 °С [4], что позволяет данному процессу конкурировать с традиционной технологией дросселирования. Дополнительным преимуществом в этом случае является отсутствие необходимости компримирования низконапорных газов.

Несмотря на некоторые очевидные технические характеристики тех или иных технологий получения холода в процессе НТС, выбор технологии может быть обоснован с применением технологического моделирования, а также экономической оценки для условий конкретного месторождения. Целью данной работы является сравнение технологий НТС газа газоконденсатного месторождения с применением разного оборудования посредством технологического моделирования.

Для сравнения эффективности расширительного оборудования были смоделированы четыре технологические схемы установки комплексной подготовки газа (УКПГ) одного из перспективных, планируемых к освоению ГКМ с применением ТДА по двум вариантам обвязки, дросселя и эжектора.

Характеристики сырьевого потока (состав, давление, температура, расход), а также параметры в НТС оставались неизменными для всех сравниваемых моделей: температура процесса -30 °С, а давление – 6 МПа.

В таблице 1 представлен материальный баланс установки комплексной подготовки газа по четырем вариантам аппаратурного оформления.

По результатам таблицы 1 можно сделать вывод, что при одних и тех же параметрах на входе установки и в низкотемпературном сепараторе выходы целевых продуктов УКПГ сравнительно близки, что показывает одинаковую эффективность исследуемых аппаратов для снижения температуры газа при выбранных режимах работы.

Таблица 1

Материальный баланс УКПГ

Статья	**Схема с дросселем**	**Схема «детандер-компрессор»**	**Схема «компрессор-детандер»**	**Схема с эжектором**
Приход				
Сырье УКПГ:				
- т/ч	1,8757	1,8757	1,8757	1,8757
- $м^3$/ч	2405,47	2405,47	2405,47	2405,47
Метанол, т/ч	0,0040	0,0040	0,0038	0,0040
ИТОГО	1,8797	1,8797	1,8795	1,8797
Расход				
Товарный газ:				
- т/ч	1,7024	1,7030	1,7033	1,7024
- $м^3$/ч	2349,81	2350,29	2350,47	2349,47
Газы стабилизации:				
- т/ч	0,0182	0,0176	0,0174	0,0182
- $м^3$/ч	16,01	15,53	15,37	15,98
Стабильный конденсат, т/ч	0,1535	0,1534	0,1534	0,1535
ВМР, т/ч	0,0057	0,0057	0,0055	0,0057
ИТОГО	1,8797	1,8797	1,8795	1,8797

Более заметная разница в результатах расчета может быть получена при оценке выходов конденсата при наиболее критичных режимах работы – при минимальном давлении на входе установки, обеспечивающем бескомпрессорную работу НТС.

Для оценки эффективности аппаратов было выполнено определение минимального давления газа на входе УКПГ, обеспечивающего необходимый перепад давления для охлаждения потока газа до -30 °С. Полученные значения входного давления представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение минимального входного давления различных схем

Показатель	**Схема с дросселем**	**Схема «Д-К»**	**Схема «К-Д»**	**Схема с эжектором**
Минимальное давление сырья УКПГ, МПа	11,7	9,6	7,5	10,2

По результатам, приведенным в таблице 2, наиболее эффективной можно признать технологию НТС с турбодетандером, обвязанным по схеме «компрессор-детандер», которая позволяет проводить процесс НТС при более низком входном давлении сырьевого потока газа.

Следует отметить, что для более обоснованного выбора технологии получения холода на УКПГ, следует расширить результаты описанной технологической оценки на более длительный период с учетом изменения составов добываемого газа в процессе разработки месторождения. А также с учетом потребности в метаноле, энергоресурсах и дополнить экономической оценкой, что и планируется сделать в последующих работах.

Список использованных источников

1. Ишмурзин, А. А. Низкотемпературные процессы подготовки природного газа / А. А. Ишмурзин, Р. Ф. Мияссаров, Р. А. Махмутов. – Текст : непосредственный // Наука и образование сегодня. – 2017. – № 11 (22). – С. 27-28.

2. Хетагуров, В. А. Опыт и перспективы применения турбодетандерных агрегатов на промысловых технологических объектах газовой промышленности России / В. А. Хетагуров, П. П. Слугин, М. А. Воронцов, А. Н. Кубанов. – Текст : непосредственный // Газовая промышленность. – 2018. – № 11 (777). – С. 14-22.

3. Ишмурзин, А. А. Низкотемпературная сепарация с применением газодинамических устройств / А. А. Ишмурзин, Р. Ф. Мияссаров, Р. А. Махмутов. – Текст : непосредственный // Проблемы науки. – 2017. – № 9 (22). – С. 18-20.

УДК 622.279.72

ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Сафин Н.С., Глазунов А.М.
ФГБОУ ВО Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень

Предприятия газовой отрасли ежегодно сталкиваются с проблемой образования газовых гидратов, образуемые в результате соединения газов и воды при высоком давлении и при определенной положительной температуре. Метан, этан, пропан, углекислый газ, азот, сероводород и другие газы при некоторых термобарических условиях склонны к образованию гидратов, осаждающихся на стенках трубопроводов и аппаратов, накапливаясь со временем и осложняя добычу, транспортировку, хранение и переработку природных и попутных нефтяных газов [1]. Засоряя трубопровод, они увеличивают гидравлические сопротивления, отчего происходит снижение его пропускной способности, увеличивается нагрузка на компрессорное оборудование и по-

вышается вероятность аварийной остановки. Отсюда следует увеличение эксплуатационных затрат на обслуживание месторождений и газопровода. Эта проблема особо актуальна для месторождений Крайнего Севера и Сибири, где очень жесткий холодный климат создаёт благоприятные условия для образования газогидратных залежей. Поэтому новые и экономически выгодные методы предотвращения образования гидратов и борьбы с ними вызывают огромный интерес со стороны многих компаний нефтегазового сектора. В данной статье рассматриваются общие сведения о гидратах, условия их образования и способы борьбы с ними.

Газовые гидраты представляют собой неустойчивые твердые кристаллические соединения переменного состава, внешне напоминающие снег или лёд [2]. При повышении температуры и при понижении давления гидраты обратно распадаются на газ и воду с поглощением большого количества тепла.

Гидраты – это вещества, в которых молекулы газа размещаются в полостях между узлами ассоциированных молекул воды посредством Ван-дер-Ваальсовских сил притяжения. Гидраты могут быть образованы в виде двух структур, когда полости воды заполняются молекулами газа частично или же полностью (рисунок 1). Первая структура состоит из двух полостей с внутренним диаметром $5{,}2 \cdot 10^{-10}$ м и шести полостей с внутренним диаметром $5{,}9 \cdot 10^{-10}$ м, образованные 46 молекулами воды. Вторая структура состоит из восьми полостей с внутренним диметром $6{,}9 \cdot 10^{-10}$ м и шестнадцати полостей с внутренним диаметром $4{,}8 \cdot 10^{-10}$ м, образованные 136 молекулами воды [3].

При заполнении восьми полостей гидратной решетки состав гидратов первой структуры выражается формулой $8M–46H_2O$, а при заполнении двадцати четырех полостей решетки гидратов второй структуры состав определяется формулой $24M–136\ H_2O$, где М – гидратообразователь (газ).

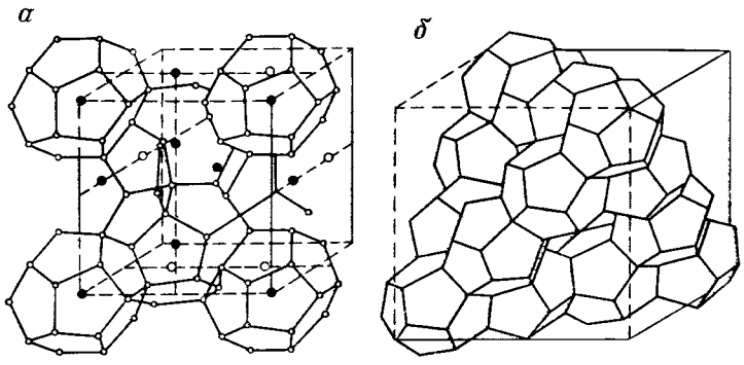


Рисунок 1 – Структура образования гидратов:
а – первого вида; б – второго вида

Основные факторы, определяющие условия образования гидратов: состав газа, давление, температура, степень минерализации, насыщение га-

зов парами воды, точка росы паров воды, качество очистки газа перед подачей в газопровод, наличие конденсатосборников [4].

С гидратообразованием борятся следующими способами [5]:

1. Повышением температуры газового потока выше температуры образования гидратов (применение подогревателей, теплоизоляция газопровода);

2. Понижением температуры точки росы по парам воды в газе (понижение давления, осушка газа);

3. Применение ингибиторов гидратообразования (метанол, этиленгликоль, растворы хлористого лития и кальция);

4. Снижением плотности газа путём извлечения из него тяжелых углеводородов.

Практические методы определения условий образования гидратов – это анализ равновесных графиков (рисунок 2).

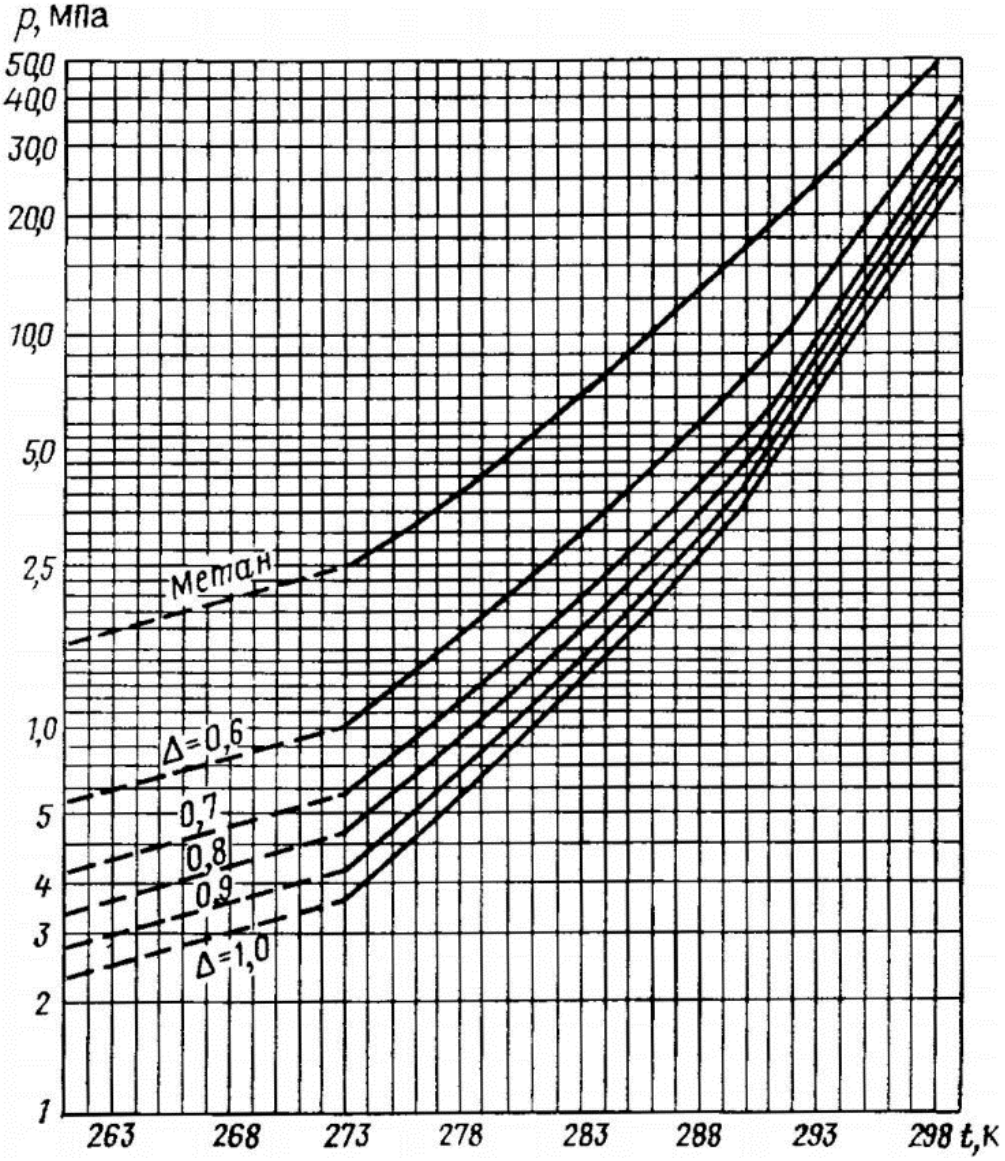


Рисунок 2 – Равновесные кривые образования гидратов природных газов в зависимости от температуры и давления

Также условия образования гидратов рассчитываются по константам равновесия по формуле [3]:

$$z = \frac{y}{K}, \quad (1)$$

Где z, y – мольная доля компонента в составе гидрата и газовой смеси; K – константа равновесия.

Можно сделать вывод, что на сегодняшний день существует большое количество методов борьбы с образованием газовых гидратов. Для предприятий остаётся лишь вопрос выбора наиболее экономически целесообразного и эффективного из них.

Список использованных источников

1. Сухин, А. А. Анализ методов борьбы с гидратами на Астраханском газоконденсатном месторождении / А. А. Сухин, С. И. Шиян. – Текст : непосредственный // Булатовские чтения: материалы 4 Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – Т. 2. – С. 383–392.

2. Воронин, П. В. Предупреждение образования газогидратов на ранней стадии испытания скважин / П. В. Воронин. – Текст : непосредственный // Молодежь и наука: сб. мат. IX всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. – Красноярск, 2013. – С. 5.

3. Березовский, Д.А. Особенности борьбы с гидратами природных газов при разработке месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) / Д. А. Березовский, О. В. Савенок. – Текст : непосредственный // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XX Международной заочной науч.-практ. конф. «Развитие науки в XXI веке». – Харьков : научно-информационный центр «Знание», 2016. – Ч. 2. – С. 29–44.

4. Катаев, К. А. Гидратообразование в трубопроводах природного газа / К. А. Катаев. – Текст : электронный // Всероссийский журнал научных публикаций. – 2011. – № 1 (2). – URL : http://cyberleninka.ru/article/n/gidratoobrazovanie-v-truboprovodah-prirodnogo-gaza (дата обращения: 19.10.2021).

5. Давлятшина, А. Р. Способы борьбы с гидратами при транспортировке газа / А. Р. Давлятшина. – Текст : непосредственный // Наука через призму времени. – 2019. – № 12. – С. 34-35.

Научный руководитель: Глазунов А. М., кандидат технических наук, доцент

УДК 546.763'766: 66.094.2

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ КАТАЛИЗАТОРНОГО ШЛАМА ПОСЛЕ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ИЗОБУТАНА

Свахина Я. А., Грай К. М., Шайдулина А. А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

На сегодняшний день на российском рынке производства метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) первое место занимает АО «ГК «Титан». При его производстве используются продукты процесса каталитического дегидрирования изобутана, который проводят на промышленных катализаторах на основе Al_2O_3/Cr_2O_3 систем.

На территории Российской Федерации сегодня существует 10 заводов, на которых функционируют установки дегидрирования изобутана и изопентана, где процесс проводят на микросферическом алюмохромовом катализаторе в кипящем слое [1]. В процессе эксплуатации катализатора он подвергается разрушению и наблюдается вынос разрушенных частиц вместе с продуктами реакции. После отделения в скруббере частиц катализатора от продуктов реакции образуется обводненный катализаторный шлам, который подлежит захоронению на спецполигонах и провоцирует негативное влияние на окружающую среду [1,2]. Таким образом, обезвреживание отработанного алюмохромового катализатора и его утилизация является актуальной проблемой нефтехимических предприятий.

В результате исследований было выявлено, что пульпа катализаторного шлама представляет собой жидкую и твердую фазу в соотношении 1:1. Весь токсичный шестивалентный хром находится в жидкой фазе шлама. Твердая фаза подобна по фазовому и химическому составу исходному катализатору.

На сегодняшний день существуют различные способы очистки водных растворов от соединений Cr(VI), включающие в себя химические и физико-химические методы, из которых наибольшее распространение получили методы восстановления Cr(VI) до Cr(III) путем воздействия на хромсодержащие стоки в кислой среде гидрозином, сульфитом натрия, сульфатом железа, гидросульфитом натрия и диоксидом серы [3,4].

Однако применение серной кислоты в промышленном масштабе влечет за собой увеличение экономических затрат, а также несет за собой определенные неблагоприятные экологические последствия. Также недостатком такой технологии является то, что Cr(VI) восстанавливается до Cr(III) в виде раствора солей серной кислоты, и соответственно для дальнейшего выделения из жидкой фазы требуется дополнительная стадия осаждения гидроксидом натрия в смеси гидроксидом кальция или раствором аммиака.

Были проведены эксперименты по изучению вопроса восстановления жидкой фазы катализаторного шлама, с использованием традиционных реагентов (сульфита натрия, сульфата железа и метабисульфита натрия), минуя кислую среду при температурах от 50 до 85 °С. Было выявлено, что в нейтральной среде наиболее оптимально использовать бисульфит натрия. По результатам эксперимента, приведенным в таблице 1, показана возможность применения метабисульфита натрия для очистки жидкой фазы катализаторного шлама.

Таблица 1

Результаты восстановления жидкой фазы

№ п/п	Отношение массы восстановителя к массе жидкой фазы катализаторного шлама	Температура, °С	Время процесса, мин	Концентрация (Cr^{6+}) до процесса, г/л	Концентрация (Cr^{6+}+ Cr^{3+}) после процесса, г/л	Степень перевода в $Cr(OH)_3$, %
1	0,0035	50	60	1,205	0,64	47
2		50	420		0,52	57
3		85	60		0,58	52
4		85	120		0,54	55
5	0,0070	50	15		1,20	0
6		85	60		0,03	98

Использование в качестве восстановителя метабисульфита натрия обусловлено тем, что в водном растворе он подвергается гидролизу с образованием бисульфита натрия по реакции (1).

$$Na_2S_sO_5 + H_2O \rightarrow 2NaHSO_3 \quad (1)$$

В результате взаимодействия жидкой фазы пульпы с бисульфитом натрия образуется осадок гидроксида хрома по реакции (2).

$$3HSO_3^- + 2CrO_4^{2-} + 2H2O \rightarrow 3SO_4^{2-} + 2Cr(OH)_3 + OH^- \quad (2)$$

Предположительно в жидкой фазе пульпы преимущественно преобладают хромат-ионы, поскольку они являются более стабильными в нейтральной среде по сравнению с бихромат-ионами. Для реакции (2) была рассчитана энергия Гиббса при стандартных условиях, которая составила $\Delta_r G^0_{298}$ = минус 613,96 кДж/моль, что свидетельствует о самопроизвольном механизме протекании реакции и ее термодинамической возможности.

Анализ содержания ионов хрома в жидкой фазе пульпы проводился с применением метода рентгенофлуоресцентного анализа. Выпадающий при восстановлении осадок содержал до 95 % масс. хрома в пересчете на Cr_2O_3.

При проведении процесса восстановления при температурах 50 и 85 ^oC и времени в диапазоне от 30 до 420 минут образуется осадок с сильным разбросом по размеру частиц. Увеличение времени и температуры процесса ведет к уменьшению доли частиц размером менее 1 мкм. Прокаливание твердой фазы гидроксида хрома приводит к увеличению доли крупных частиц в диапазоне 15-20 мкм за счет агломерации мелких частиц. Морфология полученных осадков до и после термообработки представлена на рисунке 1.

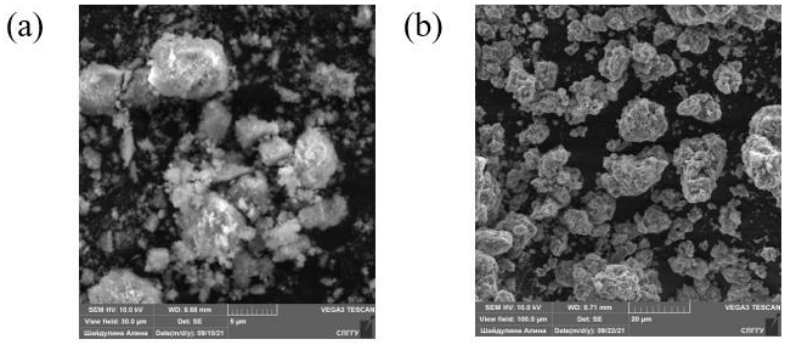


Рисунок 1 – Морфология осадка, выпавшего после восстановления жидкой фазы катализаторного шлама: исходная (a), после термообработки при 450 °C (b)

По полученным результатам можно сделать вывод, что применение бисульфита натрия в нейтральной среде для очистки промышленных растворов отработанного алюмохромового катализатора от соединений Cr(VI) является эффективным методом очистки.

Наиболее оптимальными параметрами восстановления шестивалентного хрома являются температура 85 ^oC и время не менее 60 минут. В результате процесса восстановления образуется гидроксид хрома (III), который впоследствии может быть отделен при помощи фильтрации и использован для получения оксида хрома (III). По сравнению с существующей технологией перевода Cr(VI) в кислой среде предложенный метод позволяет очистить сточные воды от токсичных примесей без введения дополнительной стадии осаждения гидроксида хрома из полученного раствора.

Список использованных источников

1. Разработка и опыт промышленной эксплуатации микросферического алюмохромового катализатора КДМ дегидрирования

изобутана в кипящем слое / Н. А. Пахомов, О. А. Парахин, Е. И. Немыкина. [и др.]. - Текст : непосредственный // Катализ в промышленности. 2012. Р. 65–75.

2. Микросферического алюмохромового катализатора дегидрирования изобутана, приготовленного с использованием продукта центробежной термоактивации гиббсита / Немыкина Е.И., Пахомов Н.А., Данилевич В.В. [и др.]. - Текст : непосредственный // Кинетика и катализ. 2010. Р. 929–937.

3. Ramakrishnaiah C.R., Prathima B. Hexavalent chromium removal from industrial wastewater by chemical precipitation method // Int. J. Eng. Res. Appl. 2012. Vol. 2. P. 599–603.

4. Barrera-Díaz C.E., Lugo-Lugo V., Bilyeu B. A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr(VI) reduction // J. Hazard. Mater. Elsevier B.V., 2012. Vol. 223–224. P. 1–12.

Научный руководитель: Пягай И. Н., доктор технических наук, с.н.с.

УДК 543.05+543.554.6+546.137-32

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРНОЙ КИСЛОТЫ В ОРГАНИЧЕСКИХ СМЕСЯХ ИОНОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Севостьянова Н. Т., Баташев С. А.,
Тульский государственный педагогический университет
им. Л. Н. Толстого, г. Тула

Определение содержания перхлорат-ионов в органических смесях является чрезвычайно важной задачей аналитического контроля различных технологических процессов, включающих использование хлорной кислоты, например в качестве катализатора гидролиза и этерификации. Известно, что хлорная кислота образует взрывоопасные смеси со многими органическими веществами, в том числе и в присутствии воды, поскольку является очень сильным окислителем. В этой связи осуществление многоступенчатых технологических процессов с использованием смесей, содержащих перхлорат-ионы, и утилизация отработанных смесей требуют точности, экспрессности и соблюдения норм безопасности при определении указанных ионов. Используемые для этого методы должны быть, по возможности, доступными. Данная работа посвящена краткому анализу существующих методов определения перхлорат-ионов и выявлению особенностей применения ионометрии.

Химические методы определения перхлоратов, как правило, основаны на превращении перхлорат-иона в хлорид, который затем определяют

титриметрическим или гравиметрическим методом. В химических методах анализа также используют осаждение перхлорат-ионов в виде труднорастворимых соединений [1]. Известны методы определения перхлорат-иона с помощью индикатора метиленового голубого. В особых случаях анализа чистой хлорной кислоты применяют кислотно-основное титрование. Однако при всех химических методах определения перхлоратов анализу мешает ряд соединений. Известно, что перхлораты щелочных металлов чрезвычайно хорошо растворимы в органических растворителях, поэтому отделение перхлоратов от органических смесей весьма проблематично. Методы анализа, основанные на разложении перхлоратов, применимы только в случае, если перхлорат является основным компонентом смеси [1]. Кроме того, химические методы зачастую требуют использования мало доступных реактивов. Современные физико-химические (электрохимические, спектрометрические и хроматографические) методы анализа могут быть применены для определения низких концентраций перхлорат-иона в сложных смесях [2, 3]. Известны методы выделения перхлоратов из водных растворов сложного состава путем ионного обмена на анионитах [4]. Однако в последнем случае анализ становится достаточно длительным и трудоемким.

Одним из наиболее доступных и достаточно экспрессных физико-химических методов анализа на сегодняшний день является потенциометрия с ионселективными электродами, которую удобно применять и для определения перхлорат-ионов. В случае если основной органический компонент анализируемой смеси малорастворим в воде, предварительно необходимо добиться полного перевода перхлорат-иона в водную фазу путем последовательных экстракций водой.

Перхлоратселективные электроды, как правило, чувствительны к хлорид-ионам. Присутствие ионов Cl^- в органических растворах возможно вследствие восстановления перхлорат-иона в результате его взаимодействия с органическими соединениями, склонными к окислению. Поэтому определению содержания перхлорат-ионов должно предшествовать определение хлорид-ионов. Для этого также можно применять потенциометрический метод с использованием хлоридселективного электрода, например модели ХС-Cl-001. Перхлорат- и хлоридселективные электроды, как правило, имеют достаточно узкую рекомендуемую область значений pH, близкую к нейтральной. Поэтому водные экстракты из органических смесей процессов гидролиза и этерификации, содержащих органические кислоты, перед потенциометрическими определениями $HClO_4$ должны быть нейтрализованы, например, с помощью NaOH, до pH=5-7. В свою очередь, нейтрализованные водные экстракты могут иметь высокую ионную силу в связи с высокими содержаниями солей. Поэтому перед потенциометрическим анализом таких экстрактов необходимо провести дополнительную калибровку электродов по растворам, содержащим не только определяе-

мые ионы (Cl^- и ClO_4^-), но и другие ионы в концентрации, соответствующей анализируемым органическим системам. Таким образом, подготовка ионселективных электродов к анализу должна включать не только первичную калибровку по стандартным растворам, содержащим только KCl и $KClO_4$ (согласно паспортам к электродам), но и калибровку по стандартным растворам сложного состава, максимально приближенного к анализируемым объектам.

Список использованных источников

1. Шумахер, И. Перхлораты. Свойства, производство и применение / И. Шумахер. – Москва : Госхимиздат, 1963. – 275 с. – Текст : непосредственный.

2. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – Москва : «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – Т. 1. – 608 с. – Текст : непосредственный.

3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – М.: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – Т. 2. – 728 с. – Текст : непосредственный.

4. Пат. 2263067 C1 Российская Федерация, МПК C01B 11/18, C02F 1/58. Способ извлечения перхлорат-иона из водного раствора: № 2004121071/15 : заявл. 01.07.2004 : опубл. 27.10.2005 / Белозеров И.М., Исупов В.П., Кушуль А.В., Половцев С.В., Скресанов О.А. ; патентообладатель Кушуль А.В. – Текст : непосредственный.

УДК 665.36+547.39+547.26+546.262.3-31+66.097.3

РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА КАК ИСТОЧНИК НЕНАСЫЩЕННЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ АЛКОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЯ

Севостьянова Н. Т., Баташев С. А.,
Тульский государственный педагогический университет
им. Л. Н. Толстого, г. Тула

Алкоксикарбонилирование – одностадийный, экологически привлекательный и ресурсосберегающий способ синтеза сложных эфиров – растворителей, душистых веществ, добавок к топливам и полимерам, компонентов смазок и ПАВ, полупродуктов для фармпрепаратов и полимеров [1-5] (реакция (1)). CO выделяют из синтез-газа, который может быть получен из нефти и природного газа, а также каменного угля и отходов биомассы. Гомогенные каталитические системы на основе соединений Pd, ор-

ганофосфинов и кислот обеспечивают высокие выходы линейных продуктов в мягких условиях. Использование ненасыщенных субстратов соединений растительного происхождения является одной из тенденций последних десятилетий, обусловленной интересом к возобновляемым видам сырья.

$$> C = C < + CO + ROH \xrightarrow{T,p,cat} > CH - COOR$$

Левулиновая кислота, полученная из лигноцеллюлозы, использовалась для синтеза смеси метиловых эфиров 2-, 3- и 4-пентеновых кислот [6]. Общая селективность метоксикарбонилирования этой смеси и последующего гидролиза образующегося диметиладипината до адипиновой кислоты (АК) была очень высока. В качестве гомогенного катализатора метоксикарбонилирования использовалась система $Pd(OAc)_2$ / (1,2-ди-(трет-бутилфосфинометил)бензол (1,2-dtbpmb) в сочетании с $MeSO_3H$ [6, 7] или с кислотой Льюиса [7]. АК применяется в производстве найлона, инсектицидов, смазок и пластификаторов полимеров [8, с. 11].

Талловое масло – источник метилолеата, из которого путем метатезиса с малеиновой кислотой были синтезированы диметил-2-ундецендиоат и метил-2-ундеценоат [9]. Метоксикарбонилирование (катализ системой дибензилиденацетонат Pd/1,2-dtbpmb/$MeSO_3H$) метил-2-ундеценоата и метил-10-ундеценоата, полученного крекингом касторового масла, привело к линейному диэфиру – мономеру для Nylon-6,12 [10] и Nylon-12,12 [9].

Было осуществлено одностадийное алкоксикарбонилирование-полимеризация 10-ундеценола-1 с образованием полиэфира в присутствии системы $Pd(OAc)_2$ / дифосфин / $MeSO_3H$ [11]. 10-Ундеценол-1 может быть синтезирован путем каталитического крекинга и гидрирования из сложных эфиров 12-гидроксиолеиновой кислоты, получаемой из касторового масла.

Метилолеат, получаемый из ряда растительных масел, имеет интернальную связь C=C. Изомеризационное алкоксикарбонилирование при катализе системами на основе соединений Pd, дифосфинов и сильных кислот привело к $MeOOC(CH_2)_{17}COOMe$ [5, 6]. Этот диэфир и линейные продукты на его основе – диовая кислота, диамин и диол C_{19} – используются как мономеры для полиамида PA19.19, полиуретана PUR19 и полиэфира [12].

Было исследовано алкоксикарбонилирование линолевой [5, 9, 13-15] и цитронелловой [16] кислот. Так, изомеризационное метоксикарбонилирование тризамещенной связи C=C цитронелловой кислоты, получаемой из цитронеллового масла, приводило к мономеру для синтеза полиэфира.

В экстрагированном масле диатомовой водоросли Phaeodactylum tricornutum было установлено высокое содержание ненасыщенных кислот (более 65 %). В результате изомеризационного метоксикарбониирования экстрагированного масла мононенасыщенные кислоты были полностью превращены в преимущественно линейные сложные диэфиры [17].

Триглицериды эруковой кислоты являются компонентами горчичного, рапсового и сурепного масел [8, с. 714]. Было осуществлено изомеризационное алкоксикарбонилирование этилэруката с преимущественным образованием линейного диэфира в присутствии [(1,2-dtbpmb)$Pd(OTf)_2$] и систем $Pd(OAc)_2$ и $PdCl_2$ в сочетании с 1,2-dtbpmb и $MeSO_3H$ [6].

Метоксикарбонилированием β-мирцена (монотерпен из природных эфирных масел и скипидара [8, с. 344]) при катализе $Pd(OAc)_2$ / дифенилфосфинобутан / CH_3COOH были впервые получены душистые эфиры [18].

Список использованных источников

1. Brennführer ,A. Palladium-catalyzed carbonylation reactions of alkenes and alkynes / A. Brennführer, H. Neumann, M. Beller. – Direct text. // ChemCatChem. – 2009. – V. 1. – P. 28-41.

2. Kalck, P. Recent improvements in the alkoxycarbonylation reaction catalyzed by transition metal complexes / P. Kalck, M. Urrutigoпty – Direct text. // Inorganica Chimica Acta. – 2015. – V. 431. – P. 110-121.

3. Amézquita-Valencia, M. Pd-catalyzed regioselective alkoxycarbonylation of 1-alkenes using a Lewis acid [$SnCl_2$ or $Ti(OiPr)_4$] and a phosphine / M. Amézquita-Valencia, G. Achonduh, H. Alper. – Direct text. // Journal of Organic Chemistry. – 2015. – V. 80. – № 12. – P. 6419-6424.

4. Nifant'ev, I.E. Synthesis of methyl β-alkylcarboxylates by Pd/diphosphine-catalyzed methoxycarbonylation of methylenealkanes $RCH_2CH_2C(R)=CH_2$ / I.E. Nifant'ev, N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.A. Vinogradov, A.A. Vinogradov, A.V. Churakov, P.V. Ivchenko. – Direct text. // Applied Catalysis A: General. – 2019. – V. 581. – P. 123-132.

5. Biermann, U. Oils and fats as renewable raw materials in chemistry / U. Biermann, U. Bornscheuer, M.A.R. Meier, J.O. Metzger, H.J. Schäfer. – Direct text. // Angewandte Chemie International Edition. – 2011. – V. 50. – P. 3854-3871.

6. Stempfle, F. Long-chain linear C19 and C23 monomers and polycondensates from unsaturated fatty acid esters / F. Stempfle, D. Quinzler, I. Heckler, S. Mecking. – Direct text. // Macromolecules. – 2011. – V. 44. – P. 4159-4166.

7. Pat. PCT/EP2013/051038, WO 2013/107904A1. Process to produce alkanoic acid esters in a carbonylation process using Lewis acids as acid promotor : Internat. Filing Date 21/01/2013 : Internat. Publ. Date 25.07.2013 / Janssen M.C.C., de Vries J.G. ; Agents : Kleiborn, P.E. et al.; DSM Intellectual Property, P.O. Box 130, NL-6100 AC Echt (NL). – Direct text.

8. Химический энциклопедический словарь / Гл. ред. И.Л. Кнунянц. Москва : Сов. энциклопедия, 1983. – 792 с. – Текст : непосредственный.

9. Furst, M.R.L. Polymerisable di- and triesters from tall oil fatty acids and related compounds / M.R.L. Furst, T. Seidensticker, D.J. Cole-Hamilton. – Direct text. // Green Chemistry. – 2013. – V. 15. – P. 1218-1225.

10. Gaide, T. Hydroesterification of methyl 10-undecenoate in thermomorphic multicomponent solvent systems – Process development for the synthe-

sis of sustainable polymer precursors / T. Gaide, A. Behr, A. Arns, F. Benski, A.J. Vorholt. – Direct text. // Chemical Engineering and Processing. – 2016. – V. 99. – P. 197-204.

11. Lemberg, M. Phase equilibria for the hydroesterification of 10-undecenoic acid methyl ester / M. Lemberg, G. Sadowski. – Direct text. // Journal of Chemical and Engineering Data. – 2016. – V. 61. – №9. – P. 3317-3325.

12. Walther, G. High-Performance polymers from nature: catalytic routes and processes for industry / G. Walther. – Direct text. // ChemSusChem. – 2014. – V. 7. – №8. – P. 2081-2088.

13. Liu, Y. Synthetic polyester from plant oil feedstock by functionalizing polymerization / Y. Liu, S. Mecking. – Direct text. // Angewandte Chemie International Edition. – 2019. – V. 58. – P. 3346-3350.

14. Quinzler, D. Linear semicrystalline polyesters from fatty acids by complete feedstock molecule utilization / D. Quinzler, S. Mecking. – Direct text. // Angewandte Chemie. – 2010. – V. 122. – №25. – P. 4402-4404.

15. Quinzler, D. Linear semicrystalline polyesters from fatty acids by complete feedstock molecule utilization / D. Quinzler, S. Mecking. – Direct text. // Angewandte Chemie International Edition. – 2010. – V. 49. – №25. – P. 4306-4308.

16. Roesle, P. Synthetic polyester from algae oil / P. Roesle, F. Stempfle, S.K. Hess, J. Zimmerer, C. Río Bártulos, B. Lepetit, A. Eckert, P.G. Kroth, S. Mecking. – Direct text. // Angewandte Chemie International Edition. – 2014. – V. 53. – P. 6800-6804.

17. Walther, G. α,ω-Functionalized C19 monomers / G. Walther, J. Deutsch, A. Martin, F.-E. Baumann, D. Fridag, R. Franke, A. Köckritz. – Direct text. // ChemSusChem. – 2011. – V. 4. – №8. – P. 1052-1054.

18. Behr, L.J. First methoxycarbonylation of the renewable β-myrcene: high selectivity through reduced isomerization / L.J. Behr, A. Wintzer, A. Willstumpf, M. Dinges. – Direct text. // Catalysis Science & Technology. – 2013. – V. 3. – P.1573-1578.

УДК 547.46’052

СЕНСОР НА ИОНЫ СЕРЕБРА НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННОГО 5,6-ДИФЕНИЛНИКОТИНОНИТРИЛА

Сизова Т. С., Шишликова М. А., Тарасова А. А.,
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Химические сенсоры – это небольшие устройства, которые преобразуют химическую информацию (концентрацию, активность, парциальное давление) в измеряемый сигнал. Химический датчик состоит из части рас-

познавания и части преобразователя. Часть распознавания взаимодействует с целевыми молекулами или ионами в образце, а преобразователь преобразует химические взаимодействия в измеримый сигнал.

Данная работа посвящена исследованию нового флуоресцентного сенсора, способного определять серебро в достаточно малых концентрациях (10^{-6} моль/л), что является преимуществом перед многими другими сенсорами на серебро. Сенсор обладает высокой селективностью, работает в нейтральной среде на основе флуоресцентного отклика.

Синтез сенсора осуществлялся в два этапа: взаимодействие дезоксибензоина **1** с диметилацеталем N,N-диметилформамида (DMF-DMA) и конденсация по Кнёвенагелю соединения **2** с димером малононитрила с образованием 5,6-дифенилникотинонитрила **3** (рис. 1).

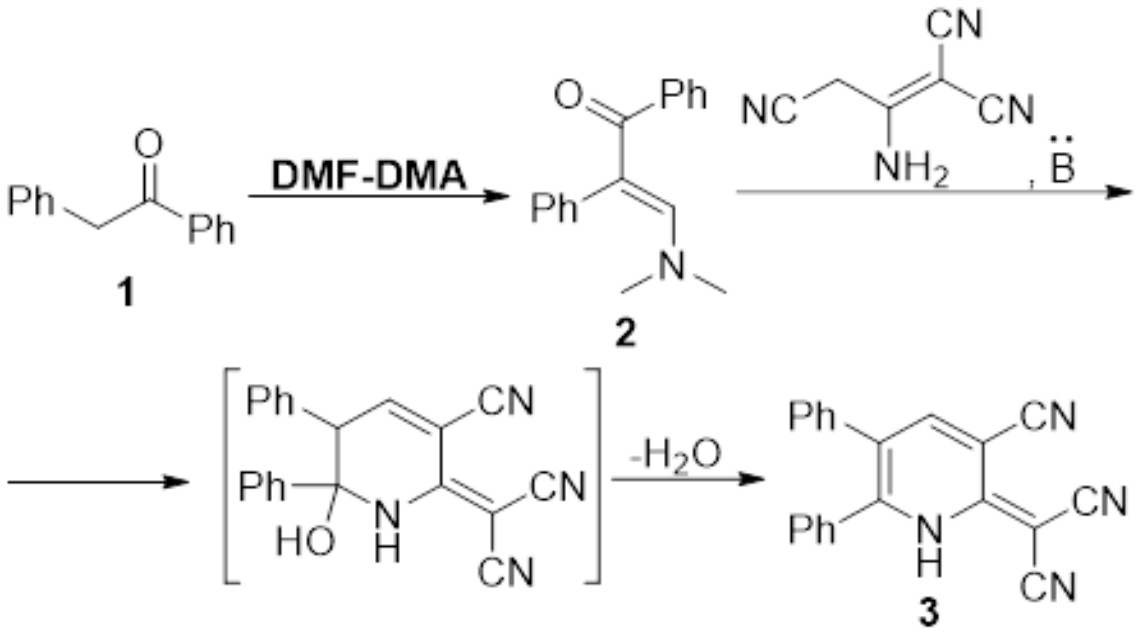


Рисунок 1 – схема синтеза сенсора на ионы серебра на основе замещенного 5,6-дифенилникотинонитрила

Изучение сенсорной активности по отношению к ионам различных металлов показало, что, за исключением использования ионов серебра, ртути (II) и железа (III), изменений в интенсивности флуоресценции не наблюдалось. Интенсивность флуоресценции в присутствие ионов серебра резко усиливалась, а в случае использования ртути (II) и железа (III) наоборот, наблюдалось незначительное тушение флуоресценции, незаметное невооруженным взглядом. Также была изучена способность сенсора избирательно обнаруживать ионы серебра в присутствии ионов других металлов. Выяснилось, что незначительное влияние оказывает присутствие лишь ионов ртути (II) и железа (III), что, по всей видимости, вызвано конкурирующими процессами связывания. Изменение pH среды оказывает не-

значительное влияния на флуоресценцию сенсора в присутствии ионов серебра, измерения можно проводить в диапазоне pH 4-8.

Проведенное флуориметрическое титрование показало, что, до достижения эквимолярных соотношений, между интенсивностью флуоресценции и концентрацией ионов серебра, наблюдается линейная зависимость (R^2=0,9835) (рис. 2). Достигнув двукратного избытка концентрации ионов серебра, значения флуоресценции становятся максимальны и почти не изменяются при дальнейшем увеличении.

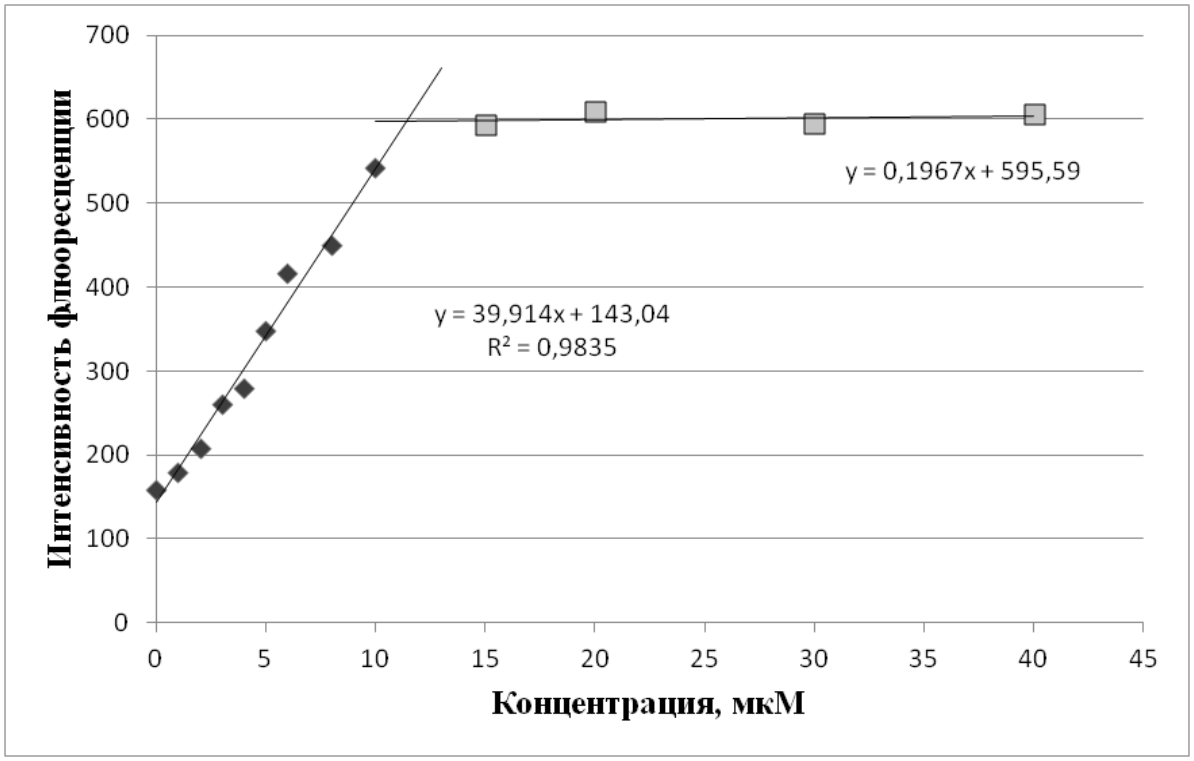


Рисунок 2 - Зависимость между интенсивностью флуоресценции и концентрацией Ag+. (λ_{ax}=530 нм)

Исследование стехиометрического соотношения взаимодействия **3** с ионами серебра с использованием метода Джоба также показали соотношение 1:1. Константа связывания сенсора **3** с ионами серебра, изученная при помощи уравнения Бенеси-Хильдебранда, составила $0{,}76 \cdot 10^5$ M^{-1}.

Таким образом, был разработан новый, селективный, pH - устойчивый сенсор на ионы Ag^+ с низким пределом обнаружения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект № 0849-2020-0003.

Научный руководитель: Бардасов И. Н. доцент кафедры общей, неорганической и аналитической химии

УДК 66.095.547.781.8

СИНТЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИИ НА ОСНОВЕ 4,4',5,5'-ТЕТРАНИТРО-2,2'-БИСИМИДАЗОЛА

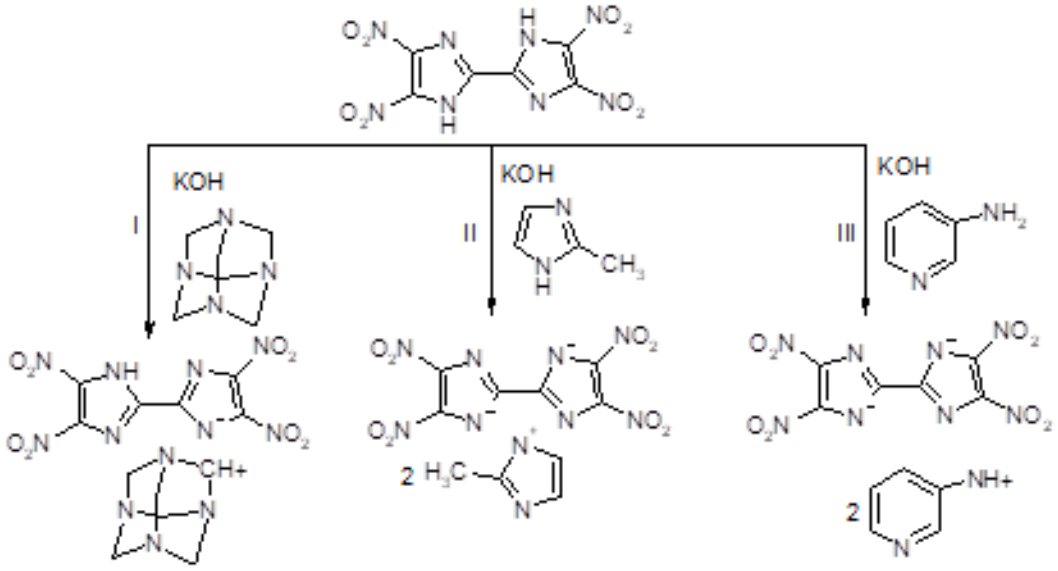
Силютин И. А., Гатина А. З., Нагорнова О. А., Ахтямова З. Г.,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

В наше время актуальна проблема разработки новых веществ, обладающих биологической активностью. Химики, занимающиеся поиском новых лекарственных веществ, скептически относились к наличию нитрогруппы в потенциальных лекарственных средствах. С тех пор, как было обнаружено, что антибактериальный хлорамфеникол имеет нитрофенильную связь, найдены и использованы различные нитрогетероциклы среди противомикробных агентов при тяжелой тифозной и салмоновой инфекциях.

Имидазольная система, в частности, многие нитроимидазолы, участвуют в структуре химиотерапевтических препаратов. Интерес к этим соединениям обусловлен широким спектром их реакционной способности и многообразием видов биологических свойств [1]. Соединения, содержащие имидазол, обладают противоопухолевыми и противомикробными свойствами, а также являются антиоксидантами [2,3].

Настоящая работа посвящена созданию новых лекарственных средств с интересными биологически активными свойствами.

Нами в первые на основе 4,4',5,5'-тетранитро-2,2'-бисимидазола проведен синтез различных солей и комплексов. Схема их синтеза представлена на схеме:



В результате проведенных исследований изучена возможность реакции 4,4',5,5'-тетранитро-2,2'-бисимидазола с гетероциклическими основа-

ниями. Синтезирован ряд новых гетероциклических соединений на основе 2,2'-бисимидазола, которые могут быть потенциально биологически активными. Проведен расчет биологической активности синтезированных соединений по программе PASS с целью сопоставления ожидаемых и экспериментальных данных, Полученные результаты расчетов позволили предположить о высокой хемосенсибилизирующей, противоопухолевой, антиангинальной, антипротозойной, противовирусной активности синтезированных производных бисимидазола, которые по показателям значительно превосходят препараты сравнения, и могут быть рекомендованы в качестве перспективных соединений для дальнейшего исследования.

Все полученные соединения проходят скрининг в ФГБОУ ВО КГАВМ с целью выявления специфической противоопухолевой активности.

Список использованных источников

1. Нагорнова, О. А. XVI международная научно-практическая конференция / О. А. Нагорнова. – Текст : непосредственный // Научный форум: Медицина, биология и химия / О. А. Нагорнова, Л. Ф. Нуруллина, З. Г. Ахтямова, Р. З. Гильманов. - «МЦНО» Москва, 2018, № 8(16), С.1-4

2. Kaspady M. / Synthesis, antibacterial activity of 2,4-disubstituted oxazoles and thiazoles as bioisosteres / Kaspady M., Narayanaswamy V.K., Raju M., Rao G.K. – Direct text. // Lett Drug Des Discov. - 2009. - P. 21–28.

3. III Всероссийская молодежная конференция: сб. ст. / РИЦ БашГУ; сост. Л. Ф. Нуруллина, О. А. Нагорнова, З. Г. Ахтямова. – Уфа, 2018. – с. 77. - Текст : непосредственный.

УДК 544.723.212

АДСОРБЦИЯ БИХРОМАТ-ИОНОВНА ОКСИДАХ Al-Zr(Yb) С СВЧ ОБРАБОТКОЙ ПЕРЕД ПРОКАЛИВАНИЕМ

Скапишев Н. А., Вахрушев Н. Е., Михаленко И. И.
Российский университет дружбы народов, г.Москва

Адсорбция является универсальным методом, позволяющим практически полностью извлекать вредные примеси из водной среды.Оксиды алюминия − важнейшие компоненты конструкционной и инструментальной керамики. Порошки ксерогелей, являющихся прекурсорами оксидной керамики, можно использовать в качестве сорбентов и носителей катализаторов благодаря их высокой удельной поверхности, пористости, высокой прочности и биоинертности.

Задача исследования– определить влияние соотношения алюминий-цирконий на текстуру материала и сорбцию ионов $Cr_2O_7^{2-}$ оксидными Al-Zr порошками, полученными золь-гель методом с СВЧ сушкой.

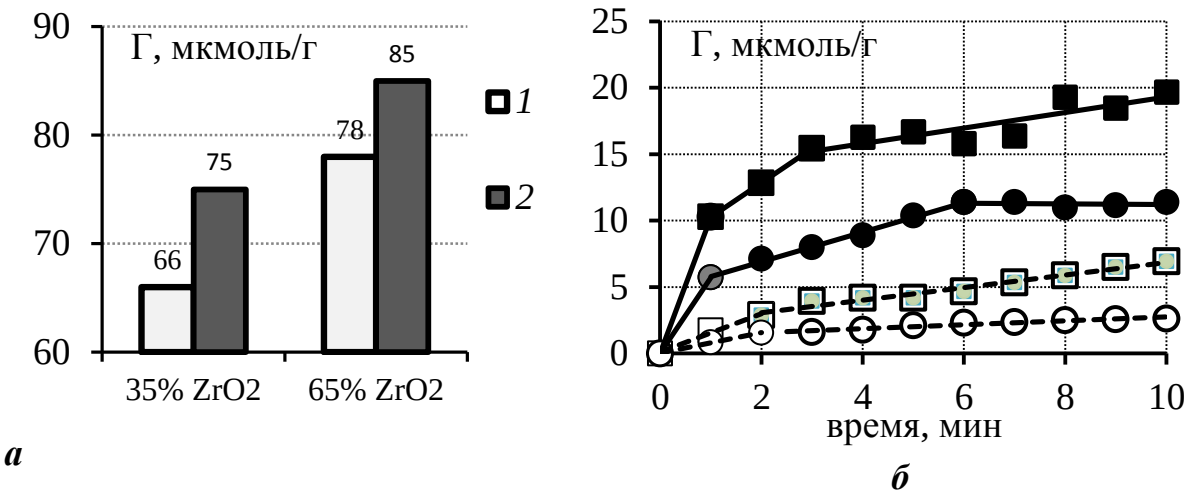
Смешанные оксиды алюминия-циркония с добавкой оксида иттербия для стабилизации t-ZrO_2 (обозначены AlZr(Yb)) были получены золь-гель (ЗГ) методом из оксихлорида циркония, нитратов алюминия иттербия с осадителем NH_4OH в присутствии поливинилпирролидона (ПВП) как структурообразователя. После промывки гидрогеля водой и этанолом с вакуумной фильтрацией использовалась СВЧ обработка влажного осадка с последующим прокаливанием при 500^0C. Полученные порошки были охарактеризованы методами БЭТ, ИК, РФА, сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрии. Адсорбцию дихромат-ионов (ДХ) изучали методом спектрофотометрии (аналитическая длина волны 368 нм, lgE=3,7). Условия равновесной адсорбции: масса сорбента 50 мг, объем раствора 5 мл исходная концентрация ДХ $3\cdot10^{-4}$ М, длительность адсорбции – 24 ч, температура 25 ^{0}C.

Было установлено, что рентгеноаморфными после СВЧ сушки образцы имеют очень низкую удельную поверхность (табл.1) вследствие гидроксид-оксидных частиц пластинчатой формы с хорошо удерживаемой водой в порах и каналах ксерогелей. После прокаливания при 500^0C (образцы 2) удельная поверхность резко увеличивается за счет дегидратации и возможно частичной кристаллизации оксида циркония (РФА), что приводит к изменению формы агломерированных частиц смешанного оксида (данные СЭМ). Величины равновесной адсорбции ДХ, отнесенной к 1 г сорбента, возрастают после прокаливания материала (рис.1*а*), а повышение количества ZrO_2 увеличивает сорбцию.

Удельная поверхность и скорости адсорбции ионов $Cr_2O_7^{2-}$ сорбентами AlZr(Yb)-ПВП с СВЧ сушкой до (1) и после (2) прокаливания при 500 ^{o}C

Мольн. % ZrO_2	**35%**		**65%**	
Образец AlZr(Yb)	*1*	*2*	*1*	*2*
S_{BET}, $м^2/г$	0,4	201	1,2	169
W_0 , $\mu М\cdot мин^{-1}г^{-1}$	1,3	2,1	4,7	7,7
W, $\mu М\cdot мин^{-1}г^{-1}$	0,15	0,47	1,1	2,6
W_0/W	8,4	4,5	4,3	3

Разное состояние сорбирующей поверхности смешанного оксида до (1) и после (2) прокаливания проявляется и в кинетических опытах.



а ***б***

Рисунок 1 - Данные равновесной адсорбции дихромат-ионов (***а***) и кинетики адсорбции (***б***) на порошках AlZr(Yb)-ПВП с СВЧ сушкой до (пустые значки) и после прокаливания при 500°С ■ – 65% ZrO_2, • – 35% ZrO_2.

Активность поверхности непрокаленных и прокаленных образцов в динамической адсорбции ДХ разная (рис.2***б***), она больше у прокаленных образцов. Центры адсорбции сложнооксидных ксерогелей неоднородны, так как кинетические зависимости адсорбции имеют изломы: два типа центров у образцов *1* и три типа у образцов *2*. Скорости адсорбции в начальный период W_0 на активных и доступных центрах, а также скорости W на менее активных и/или менее доступных центрах увеличиваются в ~1,5 раза после прокаливания (таблица). Отношение скоростей W/W_0 показывает степень неоднородности центров, она уменьшается после прокаливания в случае образцов с 35% и с 65% ZrO_2.

Гидрогели Al-Zr(Yb)-ПВП содержат большое количество свободной воды: по данным термогравиметрии потеря массы образца прекращается при температуре выше 480 ^{0}С и составляет ~54% независимо от состава.

Таким образом, гидратированный ксерогель после СВЧ сушки, можно рассматривать как хороший предшественник двойной аморфизированной системы Al_2O_3–ZrO_2 для адсорбционных применений. Слоистая структура ксерогеля с низкой удельной поверхностью после прокаливания изменяет морфологию с ростом рабочей поверхности сорбента в сотни раз. Повышение температуры прокаливания до 800 ^{0}С, согласно недавно полученным данным, существенно не снижает удельную поверхность. Соотношение Al/Zr для адсорбции имеет важное значение.

Методы синтеза металлоксидных алюмоциркониевых наноразмерных порошков развиваются в направлении простоты, экспрессивности и получения заданных характеристик материала, а также специфики его применений, одним из которых может быть сорбционное извлечение и/или концентрирование веществ на границе соприкасающихся фаз.

УДК 552.52; 550.42; 550.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРАЕВЫХ ФАЦИЙ ТАВДИНСКОЙ СВИТЫ РАННЕГО ПАЛЕОГЕНА (ЗАУРАЛЬЕ)

Смирнов П. В.
Тюменский государственный университет, г. Тюмень

Тавдинская свита $Р_2$tv бартона-приабона составляет значительный объем кайнозойских отложений в пределах Западной Сибири и представлена преимущественно глинистыми отложениями морского генезиса. Формирование ее осадков было связано с последним этапом существования морского режима в истории Западно-Сибирского бассейна, когда существовала устойчивая связь с северной частью Кавказско-Копетдагского моря через Тургайский пролив [1-3].

В литологическом отношении тавдинская свита имеет, главным образом, глинистый иллит-смектитовый и монтмориллонитовый состав, нередко с включениями слюдисто-кварцевых, кварцевых, кварц-полевошпатовых, кварц-глауконитовых мелкозернистых песков и алевритов, приуроченных в том числе, и к основанию разреза и образующих базальный горизонт, толщиной до 15 м [3]. Повсеместно в глинах встречаются конкреции и линзовидные прослои сидеритов, мергелей, стяжения марказита, желваки фосфоритов, «звездчатые» агрегаты и гнезда кристаллов гипса.

В настоящей работе выполнен анализ выявленных вариаций распределения нормализованных к алюминию концентраций элементов, рассматриваемых в качестве геохимических индексов палеопродуктивности и окислительно-восстановительных условий в бассейне седиментации.

Материалами для проведения исследований послужил керн скважины, пробуренной в 2018 году на Кыштырлинском месторождении керамзитовых глин. Месторождение располагается в 33 км к югу от г. Тюмень. Глубина скважины составила 60 метров. Лабораторные исследования включали в себя масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой.

Первичный анализ геохимических данных позволяет заключить, что в глубинном профиле четко обособляются два интервала – верхний (глубины 1-30 м) – деплетированный элементами, которые принято рассматривать в качестве биологически значимых (Cu, Mo и др.), и нижний – 30-65 м – в котором дефицит этих элементов не устанавливается.

Общие изменения малой амплитуды этих индексов отражают локальные изменения, связанные с циклической сменой уровней высокого и низкого стояния вод в трансгрессивно-регрессивной ритмике. Предположительно, подобное сочетание параметров можно интерпретировать как выраженный трансфер морских водных масс с иных морских бассейнов, что приводило к значительному, но кратковременному изменению положения объекта на профиле морского дна.

Наиболее любопытным выводом по хемостратиграфическим данным является заключение об общем слабосолоноватом характере бассейна. Ра-

нее Попов и др. [2] на основании изучения комплекса малакофауны из Кыштырлинского карьера актуализировали этот вопрос, отмечая, что многие диагностированные виды являются эвригалинными, способные жить при довольно значительном опреснении. Опресненность верхнего слоя воды, приводившая к резко выраженной галинной стратификации, для этого бассейна указывалась и ранее по диноцистовым данным [4]. Стратификация вод должна была иметь следствием затрудненный газовый режим в основной акватории бассейна. Последним, вероятно, объясняется также частая пиритизация глин тавдинской свиты.

Исследование выполнено в рамках государственного задания 2337-21 «Динамика развития природной среды и геохимия осадочных толщ в эоцене в краевом юго-западном секторе древнего Западно-Сибирского моря»

Список использованных источников

1. Васильева, О. Н. Диноцисты и биостратиграфия палеогена Зауралья, Тургайского прогиба и Прикаспийской впадины: 25.00.02: автореф. дис. … д. г.-м. н. / Васильева О. Н.; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Екатеринбург. – 2018. – 37 с.

2. О составе моллюсков тавдинской свиты эоцена Западной Сибири / С.В. Попов, Я.С. Трубин, П.В. Смирнов [и др.] – Текст : непосредственный // Палеонтологический журнал. – 2019. – № 1. – С. 24–33. DOI: 10.1134/S0031030119010076

3. Глины тавдинской свиты эоцена: литогеохимические и седиментологические аспекты (Кыштырлинское месторождение, Западная Сибирь) / П.В. Смирнов, О.И. Дерягина, А.А. Новоселов [и др.] – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 11. – С. 130–144.

4. Akhmetiev, M.A. Problems of Paleogene stratigraphy and paleogeography in the middle latitudes of Eurasia / П. В. Смирнов. – Текст : непосредственный // Russian Geology and Geophysics. – 2011. – V. – 52. – P. 1075–1091.

УДК 628.316.12

ОЗОНИРОВАНИЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ТАНИНА

Соколова М. В.
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

В настоящее время очистка сточных вод является актуальной и сложной задачей. Одним из основных источников загрязнения являются

промышленные предприятия. Особую проблему представляет очистка сточных вод от веществ таннидного дубления.

Дубильные вещества используются во многих отраслях народного хозяйства. Но основным потребителем таннидов на сегодняшний день является кожевенная промышленность, где они используются в качестве дубителей для выработки кожи. [1]. Над контролем за состоянием гидросферы были разработаны различные методы определения загрязняющих веществ.

Таким образом, целью данной работы являлось определение окислительной способности озона для удаления танина.

Объектом исследования выступал модельные водные растворы танина - $C_{76}H_{52}O_{46}$ с исходной концентрацией 300, 100 и 20 мг/л. Исследования по окислительной деструкции модельных стоков танина объемом 100 мл проводили на лабораторной озонирующей установке XR-ZJ-1GT мощностью 10 Вт, представленной на рис. 1. Производительность установки – 1000 мг/ч. Напряжение сети 220 В (частота 50 Гц). Измеренная производительность по воздуху 7 л/мин и 2,5 мг O_3 на 1 л воздуха в минуту. Время озонирования было 15 мин.

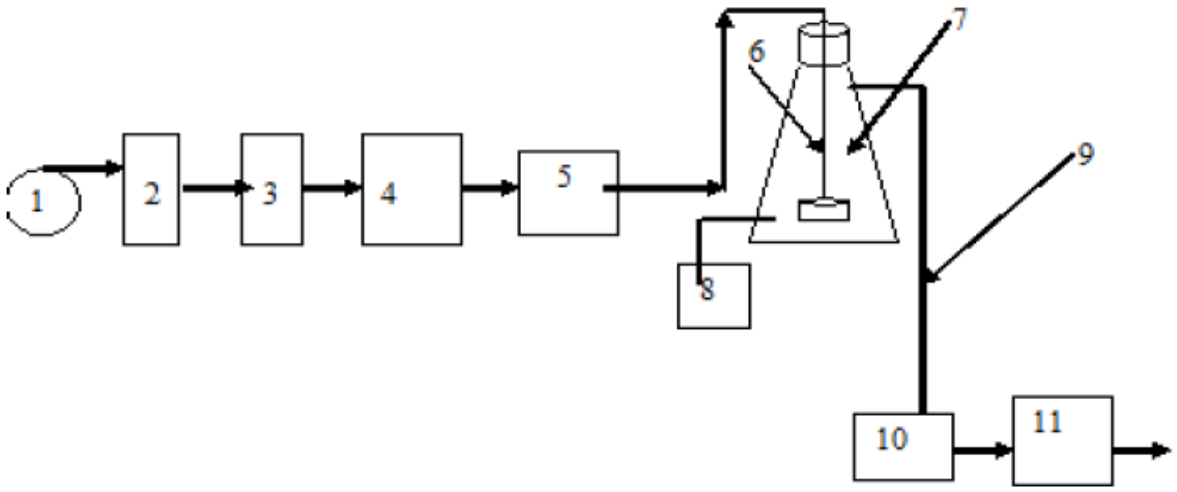


Рисунок 1 - Схема лабораторной установки по озонированию танина.

1 – компрессор, 2 – кислородный концентратор, 3 – ротаметр, 4 – генератор озона, 5 – озонометр, 6 – распределитель озона, 7 – реактор, 8 – колба для отбора проб, 9 – отвод остаточного озона, 10 – сосуд с гопкалитом для разложения озона, 11 – водоструйный насос.

Определение танина до и после озонирования осуществляли спектрофотометрическим методом на основе цветной реакции танина с нитритом натрия согласно [2].

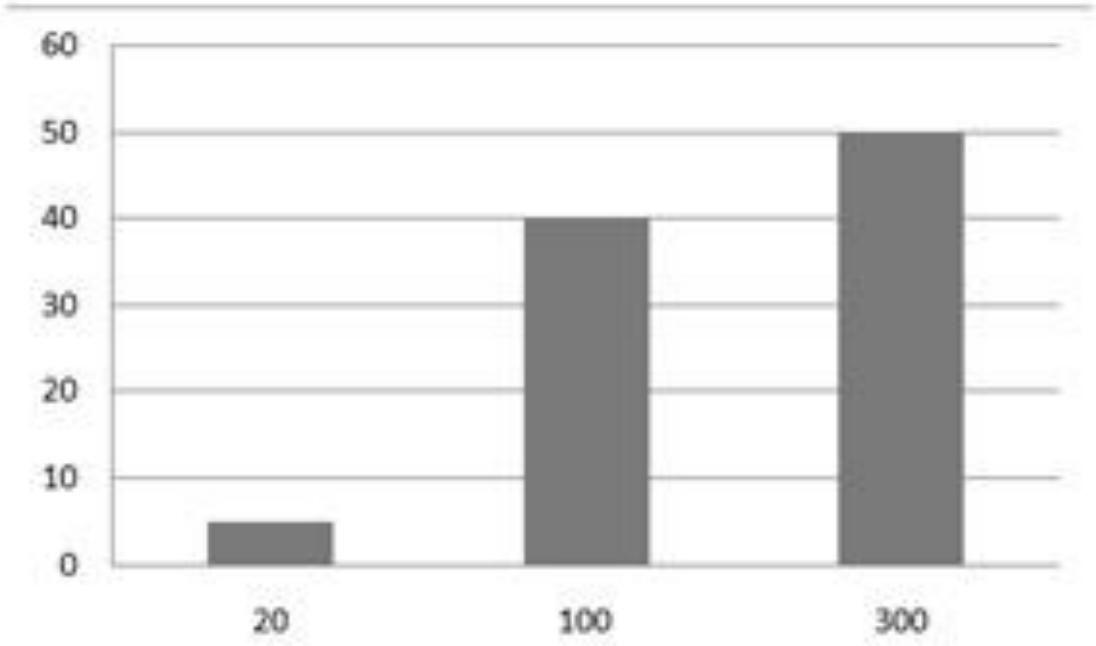


Рисунок 2 – Эффективности (%) окисления танина при его концентрации в растворе 300, 100 и 20 мг/л

Первоначальные экспериментальные данные по озонированию водных растворов танина показали (рис. 2), что исходная концентрация его в системе оказывает существенное влияние на эффективность озонирования. Так при концентрации танина 300 мг/л эффективность окисления была лишь 5 %, а при 20 мг/л – достигла 50 %.

Исследования по определению эффективности озонирования водных растворов танина проводятся в настоящее время.

Список использованных источников

1. Тюлькова Ю. А. Модификация всесоюзного единого метода для определения содержания дубящих веществ в экстрактах коры хвойных / Ю. А. Тюлькова, Т. В. Рязанова, О. Н. Еременко. – Текст : непосредственный //Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2014. - № 7. – С. 299.

2. Учебное пособие: практика по оценке качества сточных вод на кожевенно-меховых предприятиях для студентов направления подготовки дипломированных специалистов 260900 «Технология и конструирование изделий легкой промышленности» специальности 260904 «Технология кожи и меха» / ГОУ ВПО ВСГТУ ; сост. : Дм. В. Шалбуев. – Улан-Удэ : ГОУ ВПО ВСГТУ, 2006. – 77 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Иванцова Н. А., канд. хим. наук, доц.

УДК 665.777

ПЕРЕРАБОТКА ФЕНОЛЬНОЙ СМОЛЫ, ОТХОДА КУМОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛА, В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЕК

Старков М., Самигуллин А. Р., Габдулхаков Р. Р.,
Санкт-Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург

Фенольная смола, образующаяся в ходе получения ацетона и фенола кумольным методом, представляет собой трудноутилизируемый остаток производства. Квалифицированная переработка данного остаточного продукта является актуальной задачей нефтехимической промышленности.Фенольная смола представляет собой сложную смесь, основными компонентами которой являются фенол, ацетофенон, димеры α-метилстирола, кумилфенол, диметилфенилкарбинол. Кроме того, в ее состав входит большое число компонентов, содержащихся в незначительных концентрациях, тяжелые компоненты, минеральные соли в количестве от сотых долей до единиц процентов [1].

В ходе исследований проведена горячая фильтрация фенольной смолы для снижения доли механических примесей, с использованием фильтрующего материала различной пористости. Доля механических примесей после фильтрации снизилась в 14 раз и составила 0,02 %масс.

С целью квалифицированной переработки фенольная смола была подвергнута термолизу при различных температурах и избыточном давлении. Температура процесса в различных опытах варьировалась от 360 до 505 °С, а давление от 0,35 до 0,70 МПа. Время изотермической выдержки во всех опытах составляло 60 мин. В результате испытаний получены дистилляты термического крекинга с высокой долей фенола, кумола, ацетофенона, α-метилстирола и углеродные материалы различного назначения.

В ходе высокотемпературного термолиза получен пористый углеродный материал с высокой удельной поверхностью (1960 $м^2/г$) и развитой пористостью, который возможно использовать в качестве сорбента.

При проведении среднетемпературного термолиза получен пековый материал, соответствующий всем требованиям ГОСТ Р 59045-2020. Полученный пек может быть использован для производства строительных материалов, леточной массы и других целей. Помимо этого, полученный высокотемпературный пек является исходным сырьем для получения пекового кокса, используемого в цветной металлургии для изготовления анодной массы, обожженных электродов.

Список использованных источников

1. Зиненков А. В. Углубленная переработка фенольной смолы : 05.17.04 : автореф. дис. … канд. техн. наук / А. В. Зиненков ; СПбГТИ (ТУ). – СПб, 2003. – 20 с.

Научный руководитель: Рудко В.А. кандидат технических наук, исп. дир. НЦ ППМиТР.

УДК 547.46.052

ИССЛЕДОВАНИЕ АГРЕГАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ЭМИССИИ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ СТИЛЬБАЗОЛА

Тарасова А. А., Зайцева И. И., Егорова Е. С.
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

Эмиссия, вызванная агрегацией (AIE) является интересным явлением. Несмотря на неэмиссионное состояние в разбавленных растворах, органические красители на основе цианозамещенных производных пиридина флуоресцируют в твердой фазе и в растворах при агрегации.

В данной работе нами было синтезировано производное стильбазола **2** при взаимодействии соединения **1** с пиперидином. Реакцию проводили при комнатной температуре (рисунок 1).

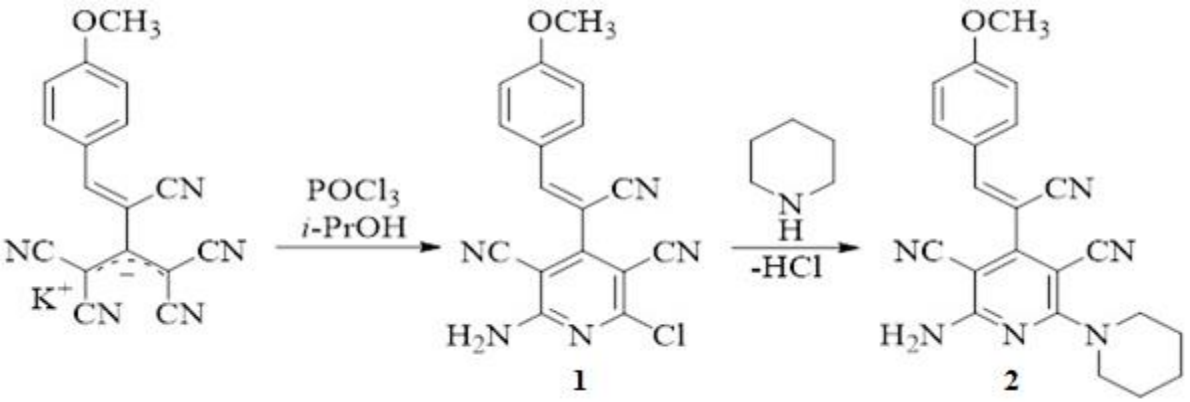


Рисунок 1 - Схема синтеза соединений **1** и **2**

Были изучены оптические свойства вещества **2**. Природа растворителя не оказывает существенного влияния на интенсивность и положение максимума поглощения, а флуоресценции в растворах органических растворителей соединения **2** практически не наблюдается. Однако они довольно хорошо испускают в твердом состоянии.

При изучении AIE эффекта были получили следующие данные, представленные на рисунке 2.

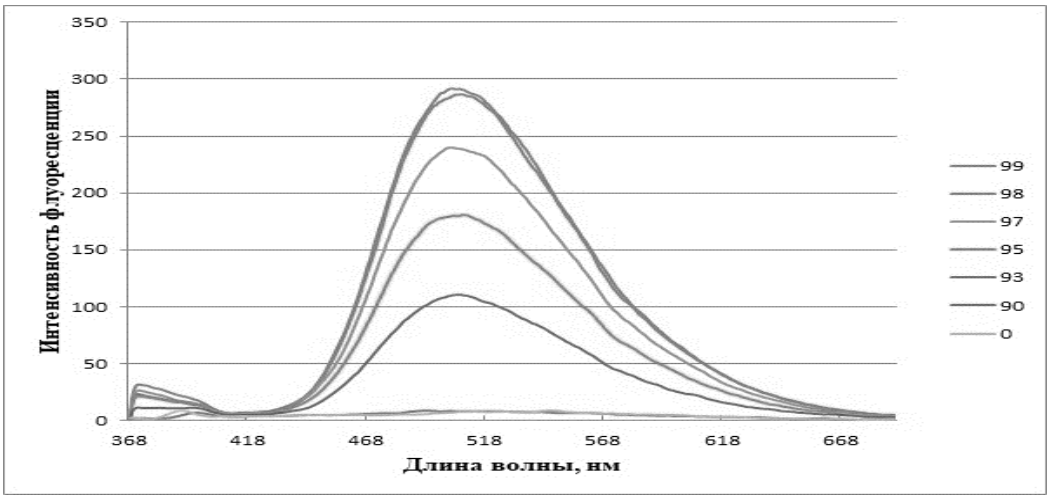


Рисунок 2 - Спектры флуоресценции соединения **2** в смеси ДМСО – H_2O длина волны возбуждения - 350 нм

Из данных на рисунке 2 видно, что при увеличении объемной доли воды интенсивность флуоресценции не изменяется до 90%, после чего резко усиливается и достигает максимума при содержании воды 99%.

Аналогичную закономерность наблюдаем при использовании смеси 1,4-диоксан – вода (рисунок 3). Падение интенсивности флуоресценции соответствует 93% содержанию воды в растворе, а резкое увеличение наблюдается при содержании воды в растворе от 95% и выше.

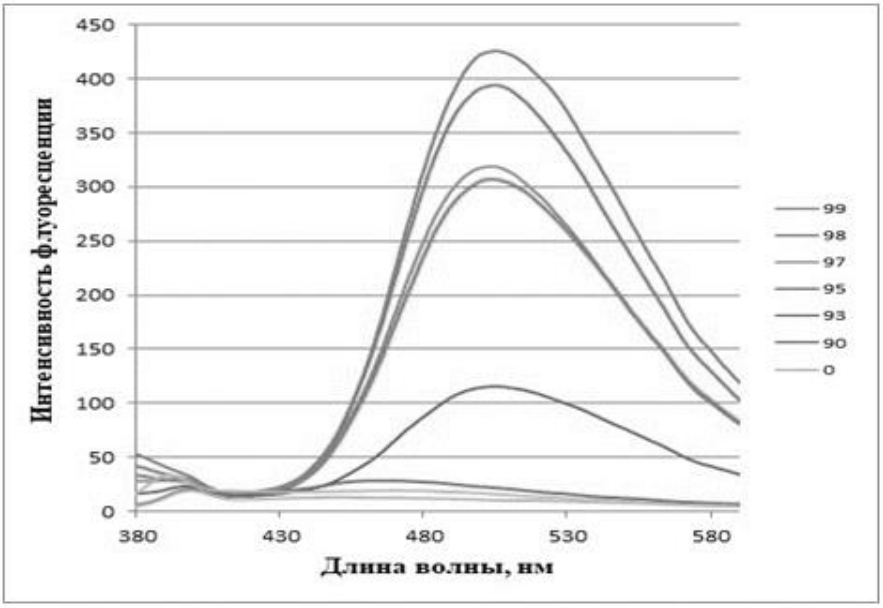


Рисунок 3 - Спектры флуоресценции соединения **2** в смеси 1,4-диоксан – H_2O длина волны возбуждения - 350 нм

Флуоресценция с течением времени уменьшается, в связи с укрупнением и осаждением осадка, поэтому для анализа необходимо использовать свежеприготовленные растворы.

Таким образом, нами были изучены AIE свойства на примере соединения **2** и обнаружено, что интенсивность флуоресценции при агрегации соединения **2** возрастает в 20 и 30 раз при 99% содержании воды в диметилсульфоксиде и 1,4-диоксане соответственно.

Исследование проведено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-115.2021.1.3 (соглашение № 075-15-2021-081).

Список использованных источников

1. Ershov O. V. Synthesis and Solid-State Fluorescence of 2-Alkylamino-4-aminopyridine-3,5-dicarbonitriles / O. V. Ershov, D. L. Mikhailov, I. N. Bardasov, M. Yu. Ievlev, M. Yu. Belikov // Russian Journal of Organic Chemistry. – 2017. – Vol. 53, N. 6. – P. 886–890.

2. Bardasov I. N. An approach to the synthesis of α-cyanostilbazole derivatives based on the heterocyclization of tetracyanopropenides / I. N. Bardasov, A. U. Alekseeva, A. I. Ershova, O. V. Ershov // Tetrahedron Letters. – 2021. – Vol. 76. – P. 153232.

Научный руководитель: Алексеева А. Ю. кандидат химических наук, доцент

УДК 546.650+544.032.72+544.032.732

ИССЛЕДОВАНИЕ САМООСАЖДЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ В КАРБОНАТНО-ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ

Титова М. Е., Кашурин Р. Р., Жадовский И. Т.,
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

В современном мире редкоземельные металлы (РЗМ) в виду их уникальных свойств стали стратегически важным сырьевым ресурсом. Их значение на мировом рынке стремительно растет благодаря вовлечению в промышленную эксплуатацию и использованию в наукоемких продуктах.

К традиционным источникам редкоземельного сырья можно отнести рудные месторождения, содержащие такие минералы, как монацит, ксенотим, бритолит и эшинит, богатые редкоземельными элементами. Так, например, к перспективным проектам добычи редкоземельных металлов относят разработку Томторского месторождения на северо-западе Якутии

и переработку руды с получением коллективных карбонатов РЗМ и оксидов индивидуальных металлов (ниобия, иттрия, скандия) [1]. На настоящий момент суммарные запасы оксида редких земель Томторского месторождения оцениваются в 3,2 млн т.

Среди потенциальных техногенных источников выделяют золошлаковые отвалы, угольные отходы, красные шламы, фосфогипс[2], где РЗМ в основном содержатся в карбонатной, гидроксидной и фосфатной формах.

Вскрытие вторичного сырья можно проводить кислотным или щелочным методом, но в виду больших материальных и энергических затрат при использовании кислотного метода целесообразно рассмотреть метод карбонатно-щелочного выщелачивания.

Были проведены исследования растворимости карбонатов и гидроксидов РЗМ в карбонатных растворах, которые подтвердили возможность использования этого метода для извлечения РЗМ [3].

Данная работа посвящена изучению процесса самоосаждения образующегося при растворении комплекса. Установлено, что пересыщенный по комплексу раствор карбонатного комплекса РЗМ подвергается гидролизу и постепенно выпадает в осадок в виде карбоната по реакции 1.

$$2K\left[Ln(CO_3)_2\right] + H_2O \leftrightarrow Ln_2(CO_3)_3 \downarrow + CO_2 + 2KOH \qquad (1)$$

На рисунке 1 представлена зависимость степени извлечения РЗМ от времени выдержки раствора после растворения.

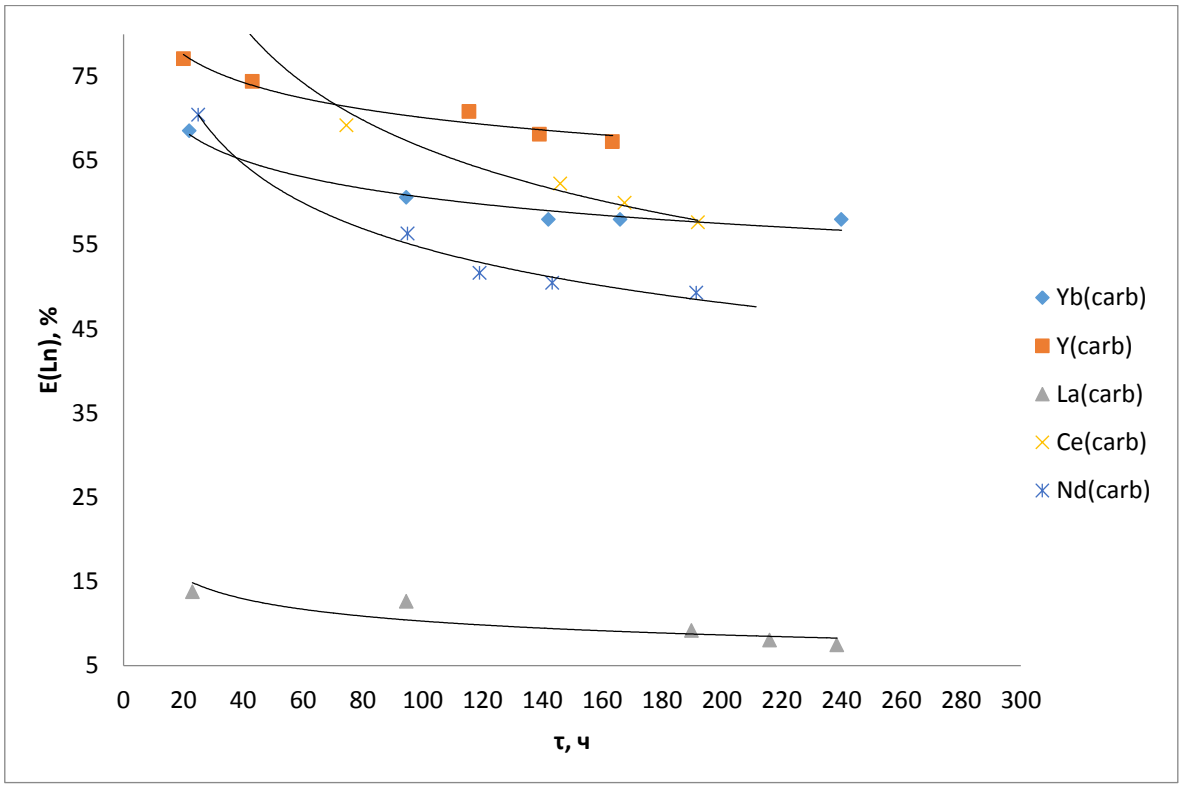


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения некоторых лантаноидов от времени

Из графика видно, что с течением времени влияние гидролиза ослабевает. Система стремится к состоянию устойчивого равновесия, степень извлечения РЗМ при этом снижается.

Таким образом, карбонатный раствор после растворения следует выдерживать не более 24 часов для предотвращения процесса самоосаждения, который влечет снижение степени извлечения РЗМ.

Список использованных источников

1. Толстов А. В. Особенности формирования уникального редкометаллльного месторождения Томтор и оценка перспектив его освоения / А. В. Толстов, А. Д. Коноплев, В. И. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Разведка и охрана недр. – 2011. - №6. - С. 20-26.

2. Яценко В. А. Особенности экономической оценки эффективности освоения редкоземельных минерально-сырьевых ресурсов / В. А. Яценко. – Текст : непосредственный // Мир экономики и управления. – 2020. – Т. 20, №4. С. 138-151.

3. Влияние pH среды на процесс растворимости карбонатов и гидроксидов редкоземельных металлов / Р. Р. Кашурин, Я. А. Свахина, С. А. Герасёв [и др.] // Вестник технологического университета. – 2021. - Т. 24, №2. С. 14-18. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Жадовский И. Т., кандидат технических наук, доцент

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ $YbFeO_3$ И ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Тиханова С. М.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург

Ортоферрит иттербия привлекает исследовательский интерес, поскольку его практически важные электрические и магнитные свойства кардинально изменяются в зависимости от типа кристаллической структуры [1]. Несмотря на то, что объемный $YbFeO_3$ имеет термодинамически стабильную ромбическую перовскитоподобную структуру (пр. гр. *Pbnm/Pnma*), некоторые исследования показали, что наноструктурированный $YbFeO_3$ (в основном в виде тонких пленок) имеет еще две метастабильные гексагональные фазы: неполярную (*P63/mmc*) и полярную (*P63cm*) [2].

Широко известны такие методы получения наночастиц *o*-$YbFeO_3$, как гидротермальный [3], золь-гель [4] и микроволновый [5], однако получение *h*-$YbFeO_3$ представляет значительную трудность и интерес, поскольку на данный момент различные структуры ортоферрита иттербия малоизучены. Ранее было показано, что методом растворного горения были получены как орторомбическая, так и гексагональная форма ортоферритов некоторых редкоземельных металлов [5]. В связи с этим данный метод потенциально может быть использован для получения наночастиц *o*-$YbFeO_3$, *h*-$YbFeO_3$ или их смеси.

В рамках данной работы было рассмотрено изменение фазового состава продуктов растворного горения в зависимости от условий синтеза - соотношения *G/N*, времени и температуры термообработки. При варьировании соотношения *G/N* от 0.2 до 1.6 наблюдалось образование аморфного продукта во всех случаях, кроме стехиометрического соотношения 0.6, при котором, образовался *o*-$YbFeO_3$ (Рис. 1а). Это объясняется тем, что изменение соотношения *G/N* приводит к изменению режима горения с тлеющего (при *G/N*=0.2) на объемное (при *G/N*=0.6). При дальнейшей термообработке при 700°С в течении суток произошла кристаллизация аморфного продукта с образованием смеси фаз *o*-$YbFeO_3$, *h*-$YbFeO_3$ в случае соотношения *G/N* от 0.2 до 1.4 и однофазного *o*-$YbFeO_3$ при *G/N*=1.6 (Рис. 1б).

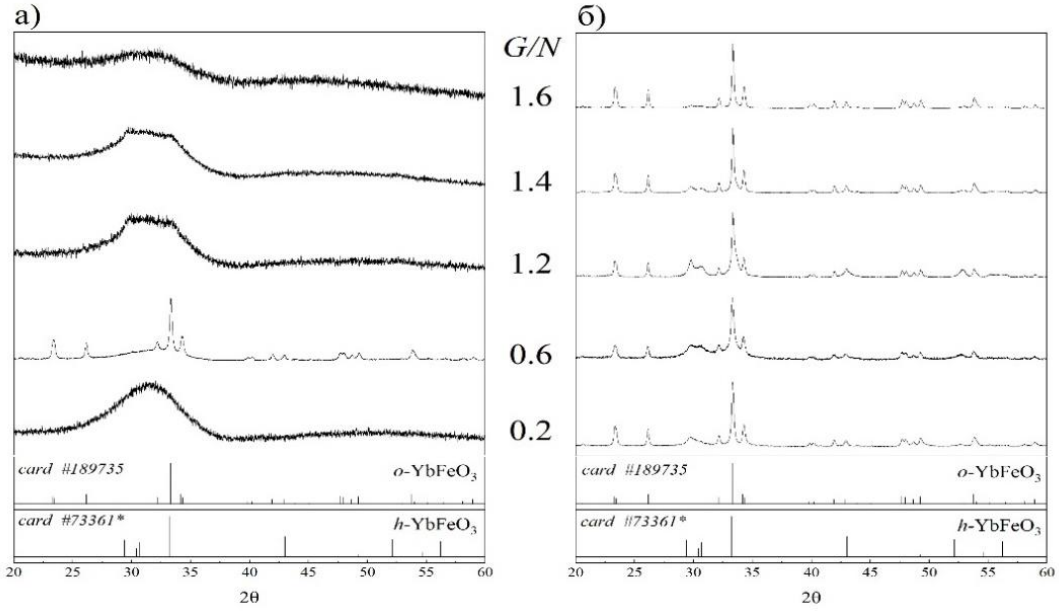


Рисунок 1 - Дифрактограммы образцов, полученных при варьировании соотношения *G/N* до термообработки (а) и после термообработки при 700°С в течении суток (б)

Для дальнейшего изучения была выбрана пограничная точка появления гексагональной фазы при *G/N*=1.4. Аморфный продукт горения был подвергнут термообработке при различных температурах от 600 °С до 800 °С в течении суток. При увеличении температуры наблюдалось образование

o-$YbFeO_3$ из аморфного вещества в диапазоне температур от 625 °C до 650 °C, появление *h*-$YbFeO_3$ при температуре от 700 °C до 750 °C и ее последующий переход в *o*-$YbFeO_3$ при температуре 800 °C (Рис. 2а).

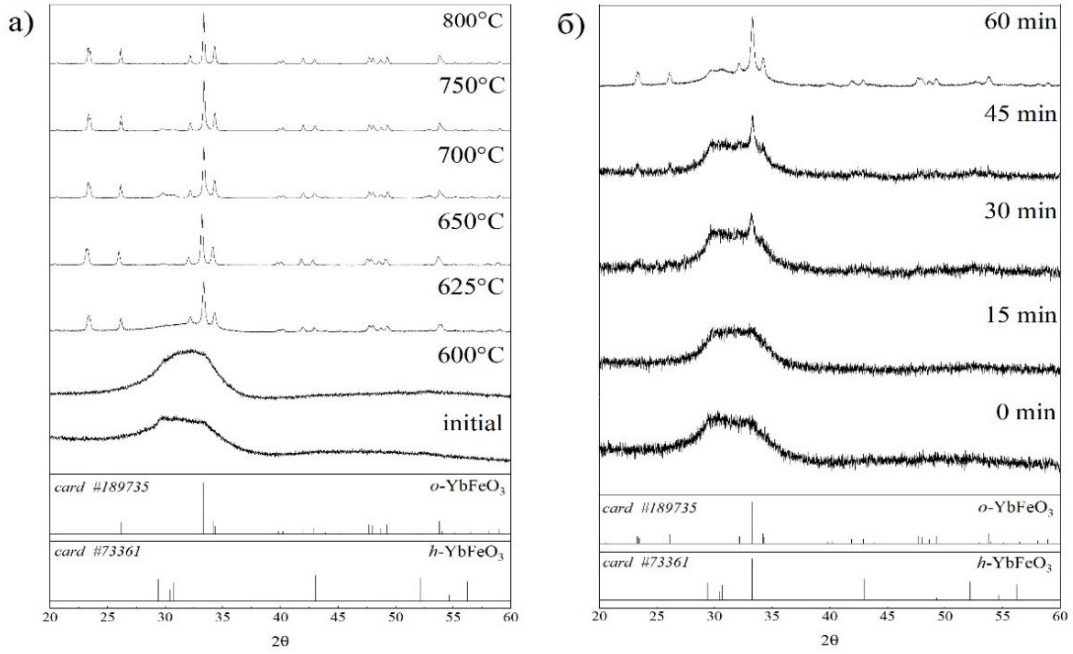


Рисунок 2 - Дифрактограммы образцов, полученных при термообработке при различных температурах в течении суток (а) и в течении 15-60 минут при температуре 675 °C(б)

Для более подробного изучения процесса формирования гексагональной фазы была выбрана промежуточная температура 675 °C, при которой проводилась термообработка в течении 15-30-45-60 минут. Согласно данным рентгеновской дифракции для полученных образцов, происходило последовательное формирование *o*-$YbFeO_3$ при термообработке от 30 до 45 минут и *h*-$YbFeO_3$ при 60 минутах (Рис. 2б).

Кроме того, фотокаталитическая активность полученных образцов была исследована на примере процесса фотодеградации метиленового фиолетового под действием видимого света и было показано, что нанокомпозит *o*-$YbFeO_3$/*h*-$YbFeO_3$ проявляет большую фотокаталитическую активность, чем чистый *o*-$YbFeO_3$.

Таким образом, был изучен процесс формирования различных структурных форм ортоферрита иттербия из аморфного вещества, определен температурный диапазон появления *h*-$YbFeO_3$ при термообработке и показано, что фотокаталитические свойства продуктов синтеза могут быть улучшены путем изменения их фазового состава.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-795.2021.1.3.

Список использованных источников

1. Iida, H. Ferroelectricity and ferrimagnetism of hexagonal $YbFeO_3$ thin films / H. Iida, T. Koizumi, Y. Uesu [et al.]. – Direct text // Journal of the Physical Society of Japan. – 2012. – Vol. 81. – № 2. – P. 1-8.

2. Bossak, A. A. XRD and HREM Studies of Epitaxially Stabilized Hexagonal Orthoferrites $RFeO_3$ (R = Eu-Lu) / A. A. Bossak, I. E. Graboy, O. Y. Gorbenko [et al.] . – Direct text // Chemistry of Materials. – 2004. – Vol. 16. – № 9. – P. 1751-1755.

3. Hosokawa S. Thermal stabilities of hexagonal and orthorhombic $YbFeO_3$ synthesized by solvothermal method and their catalytic activities for methane combustion / S. Hosokawa, H. J. Jeon, M. Inoue. – Direct text // Research on Chemical Intermediates. – 2011. – Vol. 37. – № 2-5. – P. 291-296.

4. Tang, P. Preparation of nanocrystalline $YbFeO_3$ by sol-gel method and its visible-light photocatalytic activities / P. Tang, L. Yu, J. Min [et al.]. – Direct text // Ferroelectrics. – 2017. – Vol. 521. – № 1. – P. 71-76.

5. Jia, L. X. Preparation $YbFeO_3$ by microwave assisted method and its visible-light photocatalytic activity / L. X. Jia, J. Y. Zhu, T. T. Lin [et al.]. – Direct text. // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 699. – P. 708-711.

5. Kondrashkova, I. S. Synthesis of Nanocrystalline $HoFeO_3$ Photocatalyst via Heat Treatment of Products of Glycine-Nitrate Combustion / I. S. Kondrashkova, K. D. Martinson, N. V. Zakharova, V. I. Popkov. – Direct text // Russian Journal of General Chemistry. – 2018. – Vol. 88. – № 12. – P. 2465-2471.

Научный руководитель: Попков В. И., кандидат технических наук, доцент.

УДК 54.057

СИНТЕЗ, МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ТАНТАЛА(V) ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕРАНОСТИКЕ

Трефилина Д. А., Мальцева Е. С.
Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург

Используемые в настоящее время методики лечения рака, являющиеся комбинациями хирургических, лучевых и фармакологических методов, не являются в полной мере удовлетворительными как для уничтожения раковых клеток, так и для сохранения жизненных функций здоровых клеток. Альтернативой существующим органическим препаратам являются неорганические наночастицы, способные одновременно визуализировать опухоли и метастазы за счет своего небольшого размера с помощью компьютерной томографии, таргетно доставлять лекарства, а также убивать раковые клетки путем высвобождения энергии в результате возбуждения лазерными лучами, магнитными полями и т.д [1].

Эффективность наночастиц для лучевой терапии определяется их способностью к радиосенсибилизации – усилению повреждающего действия ионизирующих излучений на клетки. Ранее было показано, что перспективными агентами для радиосенсибилизации и диагностики рака являются биосовместимые высокоэлектронплотные наночастицы оксида тантала(V) [2]. В литературе приведен ряд методик синтеза наночастиц Ta_2O_5, где в качестве прекурсоров используют хлорид тантала(V) [3], оксид тантала(V) [4], алкоксиды тантала(V) (метоксид, этоксид, изопропоксид и бутоксид) [1]. Как правило, синтезы проводят в условиях сольвотермального синтеза, в том числе и при низких температурах, а в качестве растворителей и сорастворителей применяют спирты, поверхностно-активные вещества, ионные жидкости [5]. В результате таких синтезов получают наночастицы различных форм и свойств (рисунок 1), среди них наностолбики [6], наноцветки [7], нанокубы [8], нанопроволки [4] и наносферы [9].

Целью работы является разработка новых методик синтеза наночастиц Ta_2O_5 различной морфологии и изучение ее влияния на радиосенсибилизирующие (коэффициент повышения дозы) и контрастные свойства наночастиц. В качестве стабилизаторов получаемых золей будут использованы различные полимеры и ПАВ, это позволит увеличить дзета потенциал наночастиц.

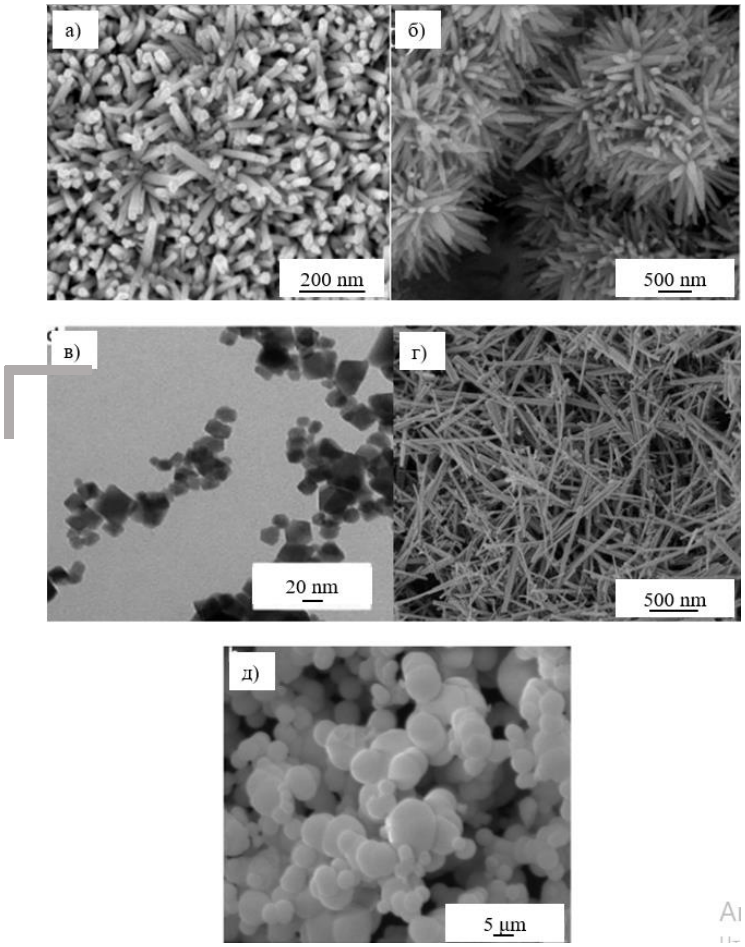


Рисунок 1 - СЭМ-изображения наночастиц Ta_2O_5: а) наностолбики [6], б) наноцветки [7], в) нанокубы [8], г) нанопроволки [4], д) наносферы [9]

Гидродинамический радиус получаемых сольвотермальным методом наночастиц составляет 75-80 нм (рисунок 2), значение дзета-потенциала сильно зависит от метода синтеза и выбранного прекурсора и варьируется от -2 до -39 мВ. С помощью сканирующего электронного микроскопа изучена морфология образца, полученного из прекурсора $TaCl_5$ (рисунок 3).

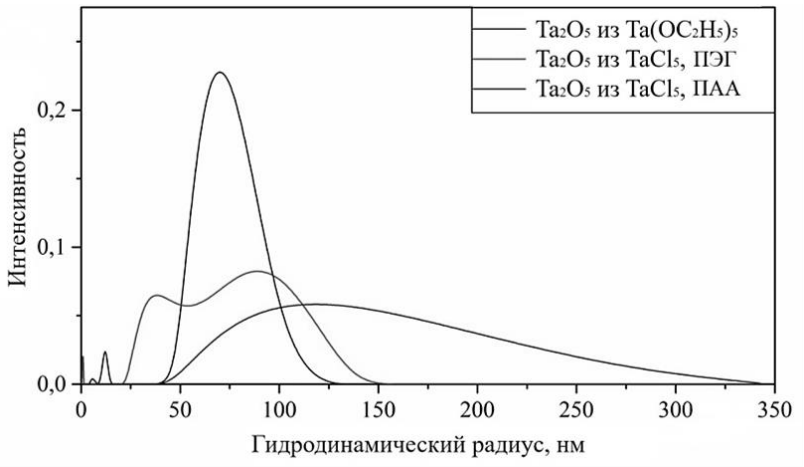


Рисунок 2 - Распределение по размерам наночастиц Ta_2O_5, полученных из $Ta(OC_2H_5)_5$ (черная кривая) и $TaCl_5$ с использованием в качестве стабилизаторов полиэтиленгликоля (красная кривая) и полиакриламида (синяя кривая)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №18-29-11078).

Список использованных источников

1. Fakhardo, A. F. Toxicity patterns of clinically relevant metal oxide nanoparticles / A. F. Fakhardo, E. I. Anastasova, S. R. Gabdullina. – Direct text // ACS Applied Bio Materials. – 2019. – № 2. – P. 4427-4435.

2. Koshevaya, E. Surfactant-free tantalum oxide nanoparticles: synthesis, colloidal properties, and application as a contrast agent for computed tomography / E. Koshevaya, D. Nazarovskaya, M. Simakov**.** – Direct text // Journal of Materials Chemistry B. – 2020. – № 8. – P. 8337-8345.

3. Jiang, Q. Enhanced performance of dye-sensitized solar cells based on P25/ Ta_2O_5 composite films / Q. Jiang, J. Gao, L. Yi. – Direct text // Applied Physics A: Materials Science and Processing. – 2016. – V. 122, №4. – P. 1-6.

4. Lü, X. Ta_2O_5 nanowires: A novel synthetic method and their solar energy utilization / X. Lü, S. Ding, T. Lin. – Direct text // Dalton Transactions. – 2012. – V. 41, №2. – P. 622–627.

5. Manukumar, K. N. Ionic liquid – assisted hydrothermal synthesis of Ta_2O_5 nanoparticles for lithium-ion battery applications / K. N. Manukumar, R. Viswanatha, G. Nagaraju. – Direct text // Ionics. – 2020. V. 26. – P. 1197-1202.

6. Guo, Y. Structural Characteristics and Bioactivity of Sr Doped Ta_2O_5 Nanorods on Tantalum by a Facile Two Step Hydrothermal Method / Y. Guo,

X. Wang, C. Wang. – Direct text // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. – 2018. V. 28. – P. 2473-2483.

7. Shi, X. N-doping Ta_2O_5 nanoflowers with strong adsorption and visible light photocatalytic activity for efficient removal of methylene blue / X. Shi, D. Ma, Y. Ma. – Direct text // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. – 2017. V. 332. – P. 487-496.

8. Gömpel, D. Facile hydrothermal synthesis of crystalline Ta_2O_5 nanorods, $MTaO_3$ (M = H, Na, K, Rb) nanoparticles, and their photocatalytic behaviour / D. Gömpel, M. Tahir, M. Panthöfer. – Direct text // Journal of Materials Chemistry A. – 2014. V. 21. – P. 8033-8040.

9. Krishnaprasanth, A. Solvent free synthesis of Ta_2O_5 nanoparticles and their photocatalytic properties / A. Krishnaprasanth, M. Seetha. – Direct text // AIP Advances. – 2018. V. 8, № 5.

УДК 54.057

СИНТЕЗ ПРИВИТЫХСОПОЛИМЕРОВ КОЛЛАГЕНА И БУТИЛАКРИЛАТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНИЦИАТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Уромичева М. А., Семенычева Л. Л.
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород

В настоящее время одной из проблем переработки рыбного сырья является образование большого количества отходов, являющихся потенциальным источником ценных белков, например, коллагена, который имеет целый ряд преимуществ по сравнению с аналогом животного происхождения [1]. С другой стороны, большинство используемых акриловых мономеров нерастворимы в воде, и полимеризация в водной дисперсии является удобной и универсальной системой для проведения полимеризации.

Создание материалов на основе синтетических и природных (со)полимеров является актуальной проблемой в области химии и определяет развитие многих отраслей промышленности, в том числе биомедицины [2–4]. Использование гибридных материалов на основе природных позволяет снизить потребление невозобновляемых природных ресурсов [1].

Целью данной работы является синтез сополимеров рыбного коллагена и бутилакрилата с использованием разных инициаторов. На данный момент исследование в области биохимии и медицинской химии являются крайне актуальным направлением. Новизна проблематики заключается в использовании рыбного коллагена для разработки новых гибридных материалов путем привитой сополимеризации в присутствии инициаторов разной природы.

Классическим представителем инициаторов радикальной полимеризации является динитрил азоизомасляной кислоты (ДАК) [5]. Он применяется в водных и органических средах, при нагревании распадается на свободные радикалы.

Помимо стандартных используют бороганические инициаторы, которые имеют чрезвычайно высокую способность окисляться кислородом воздуха. Часто в качестве инициатора прививки используют алкилы бора или их комплексы с аминами [6–8]. Было установлено, что полимеризация, инициируемая системами алкилборан-кислород (Alk_3B)–O_2, также является радикальным процессом[6; 7]. Авторы [9; 10; 7] предложили псевдоживой механизм полимеризации, агентами которого являются бороксильные радикалы (>B–O•). Отметим, что механизм полимеризации под действием органоборанов и кислорода до сих пор мало изучен и во многом не ясен.

С другой стороны, создание новых эффективных фотокатализаторов привлекает внимание ученых как направление исследований, альтернативных использованию традиционных вещественных инициаторов, предполагающих безотходные технологии. Чаще всего эти катализаторы работают при УФ облучении [11]. Исследования кристаллической структуры перовстикоподобного оксида $RbTe_{1.5}W_{0.5}O_6$ электронного строения [12; 13] показали, что оно обладает шириной запрещенной зоны ~2.51 эВ (493 нм - голубой свет). Из полученной зонной диаграммы следует, что его можно использовать в качестве фотокатализатора в реакциях окисления органических веществ, что подтверждено на примере фоторазложения метиленового синего [12].

Опираясь на вышесказанное, получили графтсополимеры рыбного коллагена с бутилакрилатом в водной эмульсии под действием катализатора перовскитоподобного оксида $RbTe^{4+}_{0.5}(Te^{6+}W^{6+}_{0.5})O_6$, инициатора ДАК и инициирующей системы триэтилборан-кислород, образование которых подтверждено методами ИК-спектроскопии, ГПХ, РЭМ и элементного анализа. Методами МАЛДИ, ХМС и ИК-спектроскопии показано, что параллельно с исследуемыми сополимерами образуется гомополибутилакрилат. Установлены грибостойкие и бактерицидные свойства полученных графт-сополимеров, инициированных ДАК и системой ТЭБ-кислород и способность к биоразложению графт-сополимера коллагена и БА, инициированного перовскитоподобным оксидом $RbTe^{4+}_{0.5}(Te^{6+}W^{6+}_{0.5})O_6$. Предположены механизмы протекания сополимеризации в зависимости от инициатора, общая схема приведена на рисунке 1.

Проведение научных исследований в этом направлении позволит разработать новые подходы получения полимерных и композитных материалов, сочетающих в себе хорошие эксплуатационные характеристики и способность к биоразложению.

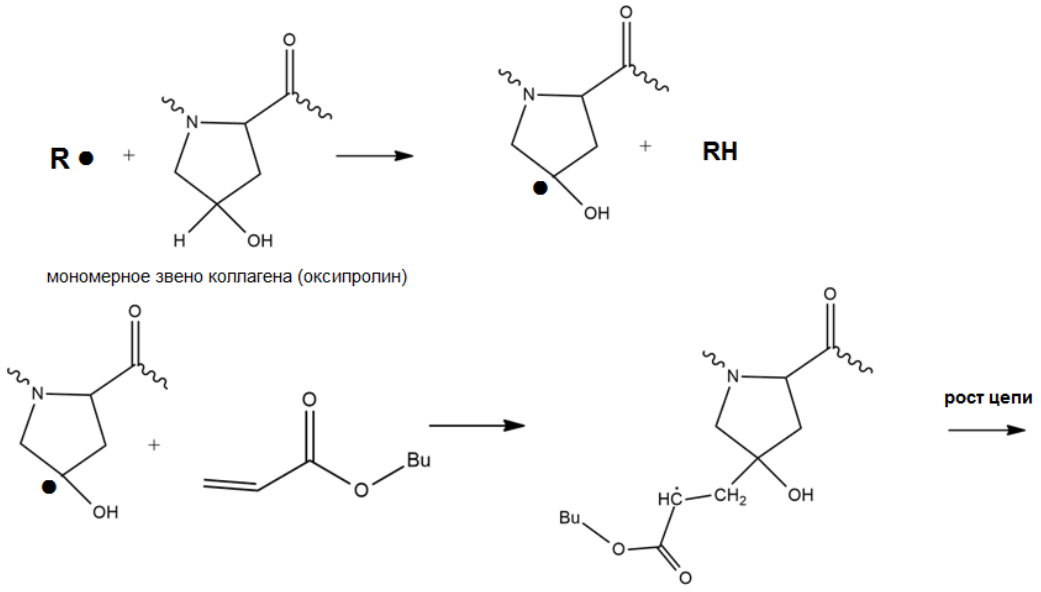


Рисунок 1 - Предположительная схема полимеризации коллагена и бутилакрилата

Список используемой литературы

1. Получение гидролизата морского коллагена как экологичное решение вопроса об утилизации отходов рыбного производства / О. А. Таранкова, Е. В. Гераськина, Ю. Л. Кузнецова [и др.] – Текст : непосредственный. // V Международной конференции-школы по химии и физикохимии олигомеров. – 2015. – С. 201.

2. Lee C. H. Biomedical applications of collagen / C. H. Lee, A. Singla, Y. Lee. – Direct text // Internetional journal of pharmaceutics. – 2001. – Т. 221. – С. 1-22.

3. Collagen as a potential biomaterial in biomedical applications / T. Muthukumar, G. Sreekumar, T. P. Sastry, M. Chamundeeswari. – Direct text // Reviews on Advanced Materials Science. – 2018. – Т. 53. – С. 29-39.

4. Dale H. F. Fish-derived proteins and their potential to improve human health / H. F. Dale, L. Madsen, G. A. Lied. – Direct text // Nutrition Reviews. – 2019. – Т. 77. – № 8. – С. 572-583.

5. Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – Москва - Нижний Новгород, 2003. – 367 с. – Текст : непосредственный.

6. Specific features of «compensating» copolymerization of butyl acrylate with vinyl butyl ether in the presence of triethylboron / L. L. Semenycheva, Y. O. Matkivskaia, N. B. Valetova. – Direct text // Russian Chemical Bulletin. – 2017. – Т. 66. – № 9. – С. 1660-1664.

7. Chung T. C. Borane-containing polyolefins : synthesis and applications / T. C. Chung, W. Janvikul. – Direct text // Journal of Organometalic Chemistry. – 1999. – Т. 581. – С. 176-187.

8. Ollivier C. Organoboranes as a source of radicals / C. Ollivier, P. Renaud. – Direct text // Chemical Reviews. – 2001. – T. 101. – № 11. – C. 3415-3434.

9. Zhang Z. Reaction mechanism of boran/oxygen radical initiators in polymerization of fluoromonomers / Z. Zhang, T. C. M. Chung. – Direct text // Macromolecules. – 2006. – T. 39. – № 16. – C. 5173-5178.

10. Lu B. Maleic anhydride modified polypropylene with controllable molecular structure: new synthetic route via borane-terminated polypropylene / B. Lu, T. C. Chung. – Direct text // Macromolecules. – 1998. – T. 31. – № 17. – C. 5943-5946.

11. Родионов И. А. Фотокаталитическая активность слоистых перовскитоподобных оксидов в практически значимых химических реакциях / И. А. Родионов, И. А. Зверева // Успехи химии. – 2016. – Т. 85. – № 3. – С. 248-274. – Текст : непосредственный.

12. Structure analysis and electronic properties of ATe4+0.5Te6+1.5-xM6+xO6 (A=Rb, Cs, M6+=Mo, W) solid solutions with β-pyrochlore structure / D. G. Fukina, E. V. Suleimanov, A. V. Boryakov. – Direct text // Journal of Solid State Chemistry. – 2021. – T. 293. – № July 2020. – C. 1-10.

13. Crystal structure features of the mixed-valence tellurium β-pyrochlores: CsTe1.625W0.375O6 and RbTe1.5W0.5O6 / D. G. Fukina, E. V. Suleimanov, G. K. Fukin. – Direct text// Journal of Solid State Chemistry. – 2020. – T. 286. – № January. – C. 1-7.

СОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БЛОЧНОГО ТИПА С ВАРЬИРУЕМОЙ ПОРОЗНОСТЬЮ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПОЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Ушмодина Е. А., Мишина В. Е., Карсункина А. С., Новикова Е. А.
Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королёва, Самара, email: katya_ushmodina@mail.ru

В настоящее время промышленные предприятия, связанные с химической и нефтеперерабатывающей отраслями, производят выбросы большого количества токсичных веществ в окружающую среду. Для проведения оперативного аналитического контроля таких примесей на микроуровне и удаления их необходимо использовать высокоэффективные сорбционные системы.

Целью исследования является разработка нового типа сорбционных систем на основе блочного материала с варьируемой порозностью и полимерных материалов.

Для проведения исследования были изготовлены экспериментальные образцы сорбционных систем. Создание сорбционных систем включало следующие этапы: формирование блока-основы с заданными геометрическими параметрами и порозностью, подготовка поверхности путем химического травления и термического оксидирования при температурах 350^0C и 500^0C; модифицирование поверхности путем нанесения слоя полимерного материала полиэтиленгликоля (ПЭГ).

В рамках работы проведена оценка сорбционных свойств, полученных образцов при концентрировании полярных органических соединений (ПОС) на примере этанола. Концентрирование ПОС было проведено с использованием системы концентрирования, а извлечение этанола проводили путем термодесорбции. Полученные при концентрировании и десорбции газовые смеси количественно оценивались с использованием газового хроматографа «Кристалл 5000». Определены оптимальные условия для проведения концентрирования и десорбции, а именно: десорбция с поверхности МР проводилась в термостате дважды при температуре 100°C в течении 30 мин, продувание газовой фазы в объёме 2 мл по 10 раз через систему концентрирования.

Таблица 1

Результаты оценки параметров образцов

Образец	**Масса исходная, мг**	**Масса сорбированная, мг**	**Степень извлечения при сорбции, %**	**Масса десорбированная,мг**	**Степень извлечения при десорбции, %**
МР	0,0079	0,079	99,7	0,00066	0,84
МР+HCl	0,0079	0,079	99,9	0,00069	0,88
МР+HCl+ 350℃	0,0079	0,079	99,7	0,00022	0,28
МР+HCl+ 500℃	0,0079	0,078	99,5	0,00039	0,50

Экспериментально установлено, что при проведении сорбции степень извлечения для всех образов близка к 100%, при проведении десорбции степень извлечения не превышает 1%, что недостаточно для проведения концентрирования этанола с использованием данных систем.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых сорбционных материалов, характеризующимися такими свойствами, как:

1) возможность прокачивать большой объём газа через систему без сильного сопротивления. Данная СС, в отличии от порошковых, имеет низкое сопротивление потоку газа из-за особенностей структуры и большой порозностью;

2) хорошей эффективностью процесса десорбции. СС имеет достаточно большой внутренний объём, что позволяет процессу десорбции проходить с высокой интенсивностью;

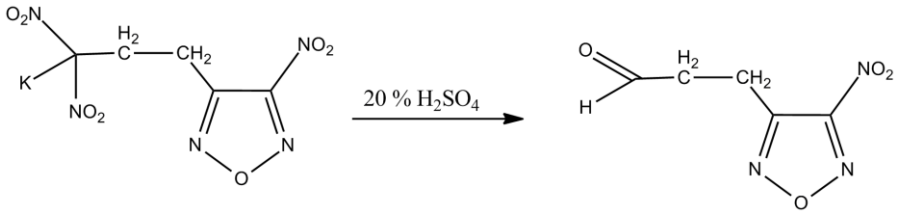
3) пригодностью для создания фильтров большого диаметра. Металлорезина может сохранять прочность даже при больших размерах блоков, что может быть использовано при создании фильтрационных систем на крупных производствах.

УДК 547.793.2

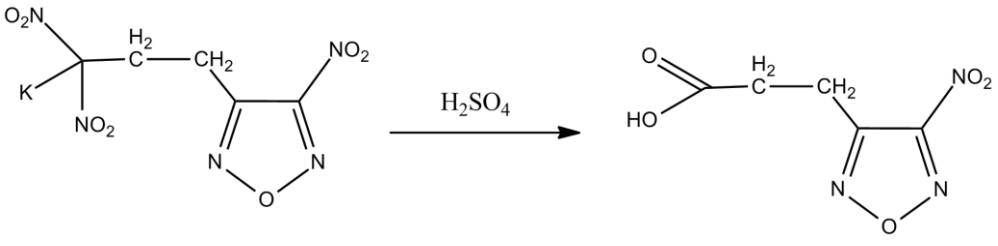
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАЛИЕВОЙ СОЛИ ДИНИТРОПРОПИЛНИТРОФУРАЗАНА С ПЕРМАНГАНТОМ КАЛИЯ

Фартдинов Л. Ф., Никитин В. Г., Мухаметшина А. М.,
Казанский национальный исследовательсктй университет, г. Казань

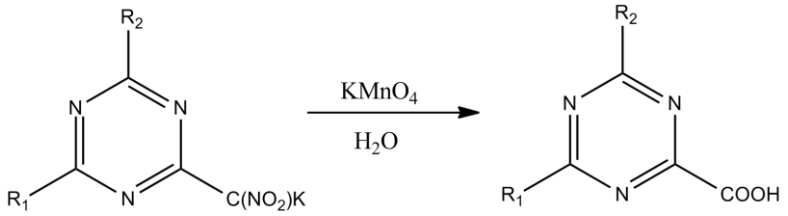
Калиевая соль динитропропилнитрофуразана (ДНПНФ) явилась ценным субстратом для получения целового ряда интересных химических соединений. На основе К-соли ДНПНФ при кислотном гидролизе 20 % серной кислотой был получен нитрофуразанилпропанкарбоновый альдегид:



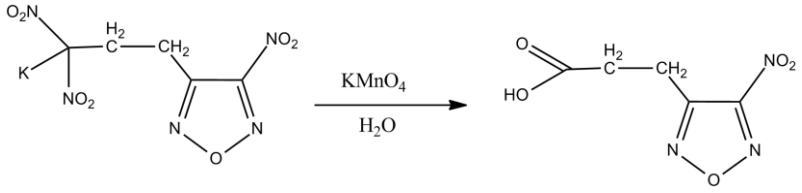
При взаимодействии К-соли ДНПНФ с серной кислотой была получена нитрофуразанилпропанкарбоновая кислота (НФПКК):



Однако выхода НФПКК при гидролизе серной кислотой различной концентрации были не столь высокими. Поэтому мы искали альтернативные пути синтеза этого интересного соединения. Из литературы известно, что калиевая соль 2,4-динитрометил-4,6-диметил-1,3,5-триазина при взаимодействии с $KMnO_4$ в воде дает соответствующую кислоту [1]:

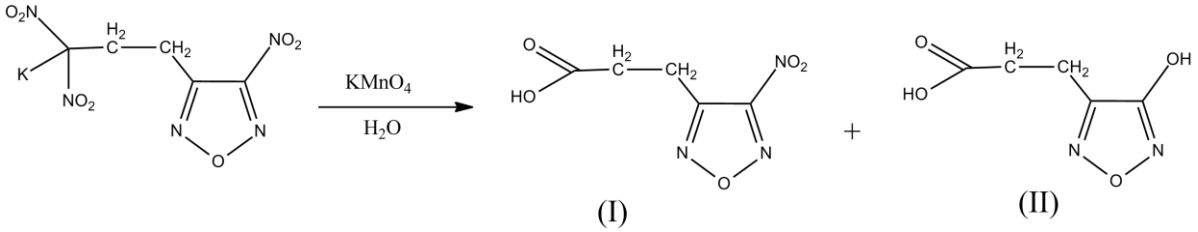


Используя методику Гидаспова нами была проведена реакция К-соли ДНПНФ с эквимолярным количеством $KMnO_4$:



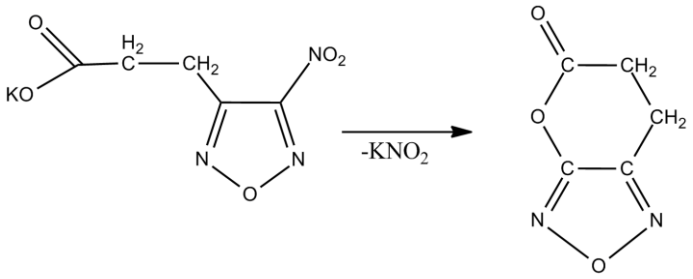
Физико-химические константы продукта, полученного двумя независимыми методами, полностью совпадают.

Тщательное исследование хода реакции окисления К-соли ДНПНФ перманганатом калия показало, что наряду с НФПКК (I) в ходе реакции образуется ещё один продукт (оксифуразанилпропанкарбоновая кислота (II)). Смесь продуктов разделяется дробной кристаллизацией из CCl_4.



(I) (II)

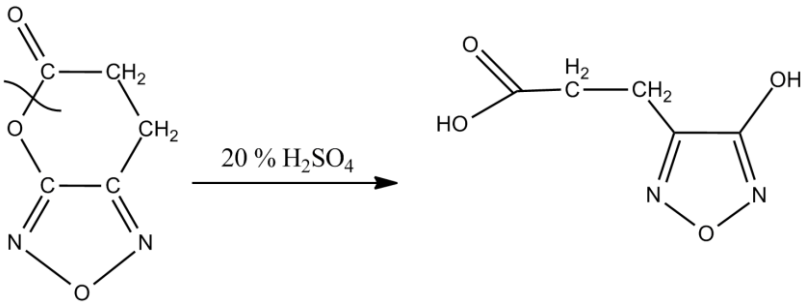
Механизм образования оксифуразанилпропанкарбоновой кислоты можно представить следующей схемой:



(III)

По-видимому, калиевая соль НФПКК частично претерпевает внутримолекулярную циклизацию с образованием лактона (III) и с отщеплением нитрита калия. Далее после завершения реакции окисления К-соли ДНПКК, реакционная смесь подкисляется 20 % H_2SO_4 до pH=2-3. При

этом калиевая соль нитрофуразанилпропанкарбоновой кислоты дает свободную НФПКК, а лактон (III) гидролизуется, давая второй продукт – оксифуразанилпропанкарбоновую кислоту (ОФПКК):



Структура ОФПКК доказана данными ИК-, ЯМР ^{1}H-спектров. Выход НФПКК составил 60 %, ОФПКК – 15 %. Общий выход кислот 75 %, считая на исходную калиевую соль ДНПНФ.

Список использованных источников

1. Синтез 3,4-бис(2'-R_1-4'-R_2-1,3,5-триазин-6'-ил)-1,2,5-оксадиазол N-оксидов и 2-R_1-4-R_2-1,3,5-триазин-6-илнитроформальдоксимов / Е. В. Переседова, В. Е. Парфенов, В. В. Бахарев, А. А. Гидаспов // Современные проблемы специальной технической химии : международ. науч.-техн. и методич. конф. 21-22 декабря 2007 г. – Казань, 2007. – С. 128-133. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Никитин В. Г., доктор химических наук, профессор

УДК 541.64:544.72.023.2

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ДЕСТРУКЦИИ НА ГИДРОЛИЗПОЛИ-L-ЛАКТИДА

Федоренко А. А.[1,2], Костюк С. В.[1,2], Гринюк Е. В.[1,2], Сальникова И. А.[3]
[1] Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск
[2] Белорусский государственный университет, г. Минск
[3] Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси, д. Прилесье

В настоящее время остро стоит проблема загрязнения окружающей среды отходами полимерной упаковки, которая чрезвычайно медленно деструктирует под воздействием природных факторов. Замена традиционно

используемых полимеров на полилактид может позволить минимизировать вред для окружающей среды. Полилактид является сложным полиэфиром синтезируемым на основе возобновляемого сырья. Он разлагается до углекислого газа и воды в условиях компостирования. Однако для полимера с высокой молекулярной массой данный процесс может занимать длительное время [1]. Обработка ионизирующим излучением вызывает уменьшение молекулярной массы полилактида, как следствие, ускоряя его деструкцию в окружающей среде [2].

Первым этапом биодеструкции полилактида является его гидролиз [2], в процессе компостирования температура на данном этапе может достигать +50 – +70 °С. Целью данной работы являлось выявление закономерностей влияния радиационной обработки полилактида на его гидролитическую деструкцию при повышенной температуре.

В качестве исходного материала был использован поли-*L*-лактид марки 4043D (NatureWorks, USA) с M_w=190 кДа, из которого посредством экструзии были получены пленки толщиной 40-70 мкм. Радиационное модифицирование пленок проводилось при комнатной температуре в воздушной среде на γ-установке. Величины поглощенных доз составили 29 и 75 кГр. Пленки массой порядка 50 мг погружали в 10 мл дистиллированной воды, после чего закрытые образцы помещали в водяную баню разогретую до 60 °С на срок до 50 дней.

Хотя поли-*L*-лактид не растворим в воде, образующиеся при его гидролизе олигомеры с малой молекулярной массой, а также молочная кислота хорошо растворимы в воде. Переход продуктов гидролиза из образца в раствор вызывает снижение pH. Толщина пленок позволяет говорить о том, что диффузия продуктов деструкции в раствор не влияла на скорость протекания процессов гидролиза [1]. На рисунке 1 представлена зависимость pH раствора от продолжительности гидролиза для образцов, облученных разными дозами. Для всех образцов наблюдается снижение pH по мере увеличения продолжительности гидролиза. В случае образца, облученного дозой 75 кГр, подкисление раствора происходило уже в первые сутки, что говорит о том, что еще до гидролиза в полимере содержались фракции растворимые в воде. В случае поли-*L*-лактидов с большими молекулярными массами на зависимости pH от времени наблюдался индукционный период. Для необлученной пленки резкое понижение pH раствора обнаруживалось только на 30 день, для облученной дозой 30 кГр – на 10. Несмотря на то, что в процессе гидролиза кислотность среды для образцов на различных этапах не совпадала, говорить о том, что деструкция происходила в одинаковых условиях допустимо, поскольку присутствие молочной кислоты в растворе имеет пренебрежимо малый каталитический эффект [1]. По прошествии 30 дней pH раствора для всех образцов снижается до значения порядка 3.1, после чего меняется очень слабо. Это связано с тем, что молочная кислота является слабой (pK_a=3,86 при 25 °С).

Таким образом, можно говорить о том, что облучение поли-*L*-лактида является эффективным методом ускорения его гидролиза при повышенных температурах. Доза 29 кГр может быть использована при радиационной стерилизации пищевых продуктов в полилактидной упаковке. Причем, такая упаковка в дальнейшем быстрее начнет разлагаться в окружающей среде. Поскольку облучение дозой 75 кГр делает полилактид механически не прочным, ее применение перед использованием в упаковке невозможно. Однако это может быть эффективным методом ускорения вторичной переработки отработанной упаковки.

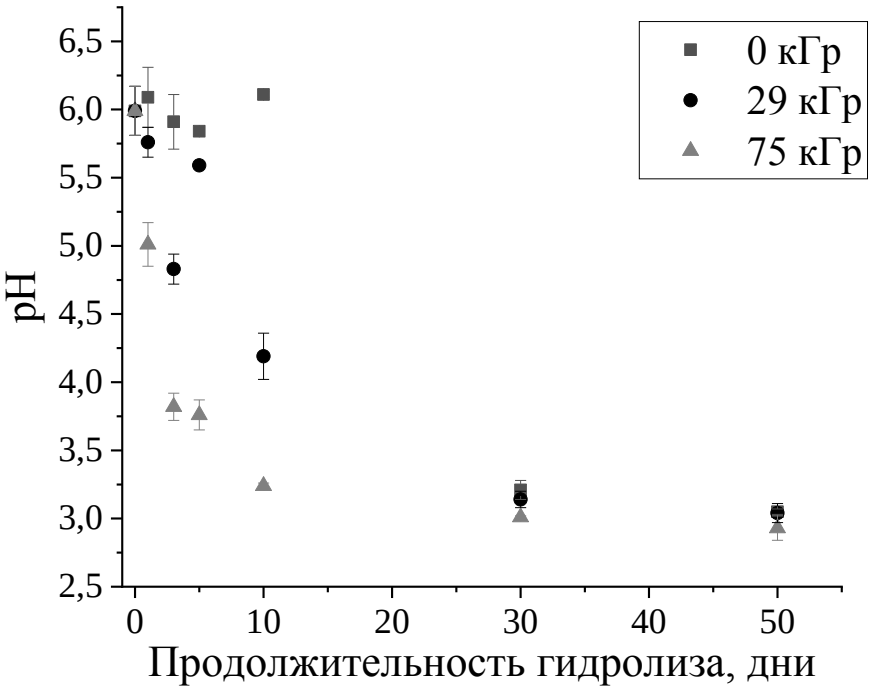


Рисунок 1 – Зависимость pH раствора от продолжительности гидролиза для пленок поли-*L*-лактида, облученных различными дозами

Исследования выполнялись при финансовой поддержке НИР 1.3.04.05 "Радиационно-химическое модифицирование структуры и свойств синтетических и природных биодеградируемых полимеров" ГПНИ "Энергетические и ядерные процессы и технологии"

Список использованных источников

1. Tsuji, H. Poly(L-lactide). IX. Hydrolysis in acid media / H. Tsuji, K. Nakahara. – Direct text // Journal of Applied Polymer Science. – 2002. – Vol. 86. – P. 186-194.

2. Effect of electron beam treatments on degradation kinetics of polylactic acid (PLA) plastic waste under backyard composting conditions / L.F. Var-

gas, B.A. Welt, P. Pullammanappallil [et al.]. – Direct text // Packaging technology and science. – 2009. – №. 22. – P. 97-106.

Научный руководитель: Костюк С. В., доктор химических наук, профессор

УДК 544.543.2;678.674

РАДИАЦИОННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ХИТОЗАНА

Федоренко А. А.[1], Фомина Е. К.[1], Климовцова И. А.[1], Сальникова И. А.[2]
[1]Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск
[2] ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований — Сосны» Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

Введение. К числу важнейших представителей биодеградируемых полимеров, получаемых из возобновляемого сырья, относится хитозан (ХТ). ХТ – аминополисахарид, получаемый деацетилированием биополимера хитина. Он обладает рядом уникальных свойств: биосовместимость, высокая сорбирующая способность, антимикробная активность и способность к биодеструкции [1]. Одним из методов модификации структуры и свойств ХТ, а также стерилизации материалов на его основе является радиационное облучение. Радиационная обработка эффективно применяется для снижения молекулярной массы ХТ с образованием его олигопроизводных, обладающих повышенной растворимостью в воде и биоактивностью [2]. Такой способ деструкции отличается быстротой и не требует дальнейшей очистки полученного олигомера от токсичных примесей. Помимо радиационной деструкции практическое значение имеет сшивание ХТ. ХТ с сетчатой конфигурацией цепей не способен растворяться, сохраняя при этом гидрофильность и сорбирующую способность, что позволяет использовать его для создания биосовместимых гидрогелей (ГГ). Сшивание улучшает термические и механические свойства полимера. В литературе сообщается о нескольких подходах к радиационному сшиванию полисахаридов (ПС): радиационное облучение ПС в присутствии многофункциональных молекул, газообразных алкинов или в смеси воды, спирта и CCl_4 [3, 4]. Недостатками описанных методов является получение ГГ, имеющих коллоидную или микрогелевую структуру, а также загрязнение побочными токсичными продуктами, что делает их применение в биомедицине, сельском хозяйстве нежелательным. Возможность сшивания под действием ионизирующего излучения без сшивающих агентов и других добавок была показана для концентрированных водных растворов карбоксиметилхитозана [5].

Цель данной работы заключалась в изучении влияния условий радиационного облучения концентрированных водных растворов ХТ на его молекулярную структуру.

Материалы и методы исследования. Использовали низкомолекулярный и высокомолекулярный пищевой ХТ производства фирмы ООО «Биопрогресс» (Россия) с молекулярной массой 50 и 250 кДа и степенью деацетилирования (по результатам потенциометрического титрования) 74 и 90 % соответственно. Облучению подвергали 10% растворы ХТ 50 кДа в дистиллированной воде, а также 10% растворы ХТ 250 кДа в 2% растворе уксусной кислоты, помещенные в полиэтиленовые пакеты размером 5 × 5 см. Облучение проводили пучком ускоренных электронов. В качестве источника ускоренных электронов был использован многоцелевой линейный ускоритель УЭЛВ–10–10. Энергия пучка электронов составляла 6,5 МэВ при полном токе пучка электронов 850 мкА. Электронные спектры поглощения растворов хитозана регистрировали на спектрофлуориметре СМ 2203 в кварцевой кювете толщиной 10 мм при комнатной температуре в диапазоне длин волн 200–600 нм. Величины характеристической вязкости [η] растворов хитозана определяли методом капиллярной вискозиметрии. В качестве растворителя использовали раствор уксусной кислоты и ацетата натрия в дистиллированной воде с концентрацией 0,3 М и 0,2 М соответственно. ИК-спектры пленок ХТ записывали на Фурье-ИК спектрометре *ALPHA* (*BRUKER Optik GmbH*) с приставкой МНПВО *ATR Di* через 4 см$^{-1}$ в диапазоне 4000–400 см$^{-1}$ (24 скана) при комнатной температуре.

Обсуждение результатов. Выявлено, что при облучении 10 % водных растворов ХТ 50 кДа потоком ускоренных электронов в диапазоне доз 30–1106 кГр деструкция преобладает над сшиванием, на что указывает отсутствие гель-фракции и снижение величины характеристической вязкости [η] при увеличении дозы облучения (рисунок 1).

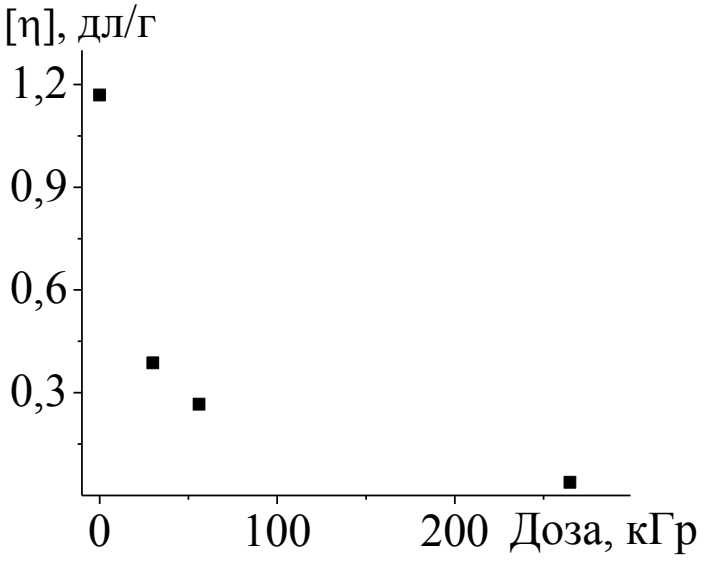


Рисунок 1 – Зависимость характеристической вязкости низкомолекулярного хитозана от дозы облучения

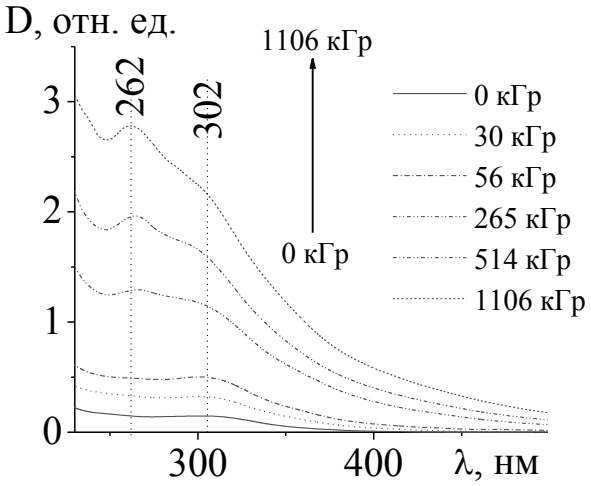


Рисунок 2 – Электронные спектры поглощения водных растворов низкомолекулярного хитозана

На электронных спектрах поглощения растворов исходного и радиационно-модифицированного ХТ 50 кДа обнаружена полоса поглощения при длине волны (λ) 302 нм (рисунок 2). Кроме того, на спектрах образцов, облученных дозами 514 и 1106 кГр, заметно увеличивается интенсивность полосы 262 нм. Поглощение при данных длинах волн обусловлено π–π* и n–π* переходами карбонильных групп, появляющихся в структуре хитозана в результате воздействия ионизирующего излучения, что указывает на окислительный характер радиационной деструкции [2]. На Фурье-ИК спектрах облученных образцов низкомолекулярного ХТ при поглощенных дозах 265 кГр и более было обнаружено появление новой полосы при 1717 $см^{-1}$ в области, соответствующей колебаниям С=О группы.

Величина поглощения (А) при 1717 $см^{-1}$ возрастает при увеличении дозы (рисунок 3), что является подтверждением окислительного характера радиационной деструкции ХТ в водных растворах под действием потока ускоренных электронов.

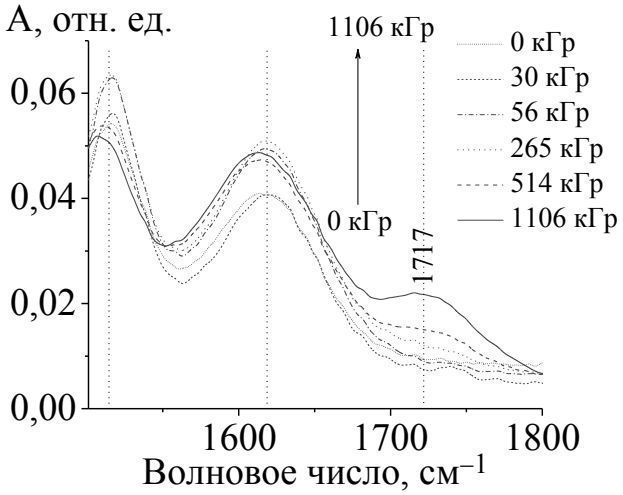


Рисунок 3 – Фурье-ИК спектры пленок низкомолекулярного хитозана в диапазоне 1500–1800 $см^{-1}$, нормированные на полосу при 900 $см^{-1}$

При воздействии ионизирующего излучения дозой 30 кГр на 10 % растворы высокомолекулярного ХТ был получен образец, имеющий гель-фракцию, что свидетельствует о формировании ГГ. При более высоких дозах деструкция преобладает над сшиванием.

Предполагается продолжить поиск условий радиационной модификации ХТ (дозы облучения, концентрации и pH полимерного раствора), обеспечивающих формирование геля.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке НИР 1.3.04.05 «Радиационно-химическое модифицирование структуры и свойств синтетических и природных биодеградируемых полимеров» ГПНИ «Энергетические и ядерные процессы и технологии».

Список использованных источников

1. Functional Characterization of Chitin and Chitosan / I. Aranaz, M. Mengíbar, R. Harris [at al.]. – Direct text // Current Chem. Biol. – 2009. – Vol. 3, № 2. – P. 203–230.

2. Muley, A. B. Intensification in biological properties of chitosan after γ-irradiation / A. B. Muley, M. R. Ladole, P. Suprasanna, S. G. Dalvi. – Direct text // Intern. J. Biol. Macromolecules. – 2019. – Vol. 131. – P. 435–444.

3. Paparella, A. Synthesis of polysaccharide chemical gels by gamma-ray irradiation / A. Paparella, K. Park. – Direct text // ACS Symp. Ser. – 1996. – P. 180–187.

4. Al-Assaf, S. Application of ionizing radiations to produce new polysaccharides and proteins with enhanced functionality / S. Al-Assaf, G.O. Phillips, P.A. Williams, T.A. du Plessis. – Direct text // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. – 2007. – Vol. 265, № 1. – P. 37–43.

5. Hydrogels of polysaccharide derivatives crosslinked with irradiation at paste-like condition / Yoshii F., Zhao L., Wach R. A. [at al.]. – Direct text // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. – 2003. – Vol. 208, № 4. – P. 320–324.

УДК 547.458:544

ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ ХИТОЗАНА В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА РАДИАЦИОННОЙ МОДИФИКАЦИИ

Фомина Е. К.[1], Кудрявский Д. Л.[2], Иванчиков Я. Д.[2], Гринюк Е. В.[2]
[1]Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск
[2] Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Хитозан (ХТ) представляет собой поли-(1,4)-2-амино-2-дезокси-β-*D*-глюкозу – продукт деацетилирования хитина, найденного в экзоскелете моллюсков, креветок, омаров или крабов, а также в клеточной стенке грибов. Он имеет уникальную химическую структуру в виде линейного поликатиона с высокой плотностью заряда, реакционноспособными гидроксильными и аминогруппами, а также обширной системой водородных связей. ХТ обладает высокими комплексообразующими свойствами, нетоксичен, биосовместим, гипоаллергенен, способен к биодеструкции, что обусловливает его применение в медицине, сельском хозяйстве и пи-

щевой промышленности [1]. Гидрогели (ГГ) на основе ХТ используются в качестве систем доставки лекарств, а также в качестве капсулирующих материалов для семян и агрохимических препаратов или добавок в почву с целью улучшения её гранулометрических и водоудерживающих свойств [2]. Чаще всего сшивание макромолекул хитозана происходит с использованием химических сшивающих агентов, например, глутарового альдегида, что загрязняет формирующийся ГГ побочными (часто токсичными) продуктами [3]. Поэтому достаточно актуальным является поиск путей получения ГГ на основе ХТ без использования химических сшивателей. Альтернативой химическому сшиванию является радиационное инициирование радикального процесса формирования сетчатой структуры цепей полисахарида. Однако, как правило, при воздействии различных видов ионизирующего излучения на твердый ХТ или его растворы деструкция макромолекул ХТ преобладает над сшиванием [4]. Возможность радиационного сшивания без добавок сшивающих агентов была показана для концентрированных водных растворов производных полисахаридов, в том числе карбоксиметилхитозана [5]. Повышение концентрации растворов может приводить к формированию сплошной трехмерной флуктуационной (подвижной) сетки зацепления макромолекул, что обусловливает возрастание вероятности рекомбинации макрорадикалов и формирования сетчатой структуры полимера.

Цель данной работы заключалась в поиске концентраций водноуксуснокислых растворов низкомолекулярного и высокомолекулярного ХТ, при которых происходит формирование флуктуационной сетки зацеплений макромолекул.

Материалы и методы исследования. Использовали низкомолекулярный и высокомолекулярный пищевой ХТ производства фирмы ООО «Биопрогресс» (Россия) с молекулярной массой 50 и 250 кДа соответственно. Степень деацетилирования (СД) определяли методом потенциометрического титрования. Для низкомолекулярного ХТ СД составила 74%, для высокомолекулярного – 90%. Были приготовлены растворы ХТ 50 кДа и ХТ 250 кДа с концентрациями (C) 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0% в 2%-ой уксусной кислоте. Измерение динамической вязкости (μ) растворов проводили через 24 часа после их приготовления на ротационном вискозиметре «Rheotest 2» (Германия). Значение μ определяли по уравнению $\mu = \tau / D_r$, где τ – напряжение сдвига, D_r – скорость сдвига, $с^{-1}$. Измерения проводили при 20±0,1 °С. Использовали измерительные H и N ячейки.

Обсуждение результатов. Вязкость растворов высокомолекулярных соединений зависит от молекулярной массы полимера, его концентрации в растворе, природы растворителя, температуры. Свойства ХТ в растворе определяются повышенной жёсткостью цепей и наличием свободных аминогрупп, способных протонироваться и образовывать водородные связи, что может приводить к образованию ассоциатов макромолекул [6].

Методом ротационной вискозиметрии установлено, что растворы ХТ 50 кДа при концентрациях до 1,0–2,0% проявляют свойства ньютоновских жидкостей, а при более высоких концентрациях характер течения растворов меняется на псевдопластический (рисунок 1,*а*). Ньютоновское течение характерно для растворов высокомолекулярного ХТ до 0,5% (рисунок 1,*б*).

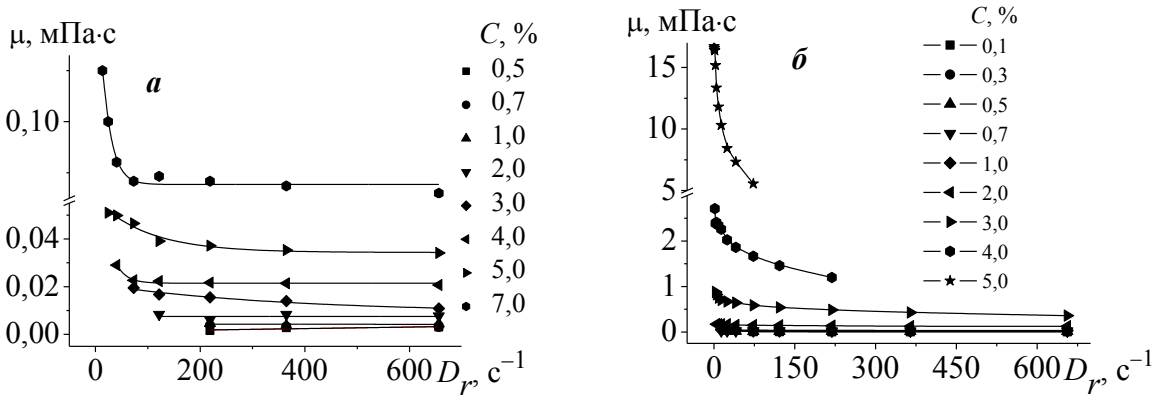


Рисунок 1 – Кривые течения водноуксуснокислых растворов низкомолекулярного (*а*) и высокомолекулярного (*б*) хитозана

Из рисунка 2,*а* видно что растворы ХТ 50 кДа с концентрациями до 0,7% являются разбавленными, с концентрациями 0,7–3% – полуразбавленными (умеренно концентрированными), а при концентрациях более 3% между макромолекулами низкомолекулярного ХТ образуется флуктуационная сетка зацеплений. Для ХТ 250 кДа критические концентрации перехода от разбавленных к полуразбавленным и концентрированным растворам составляют соответственно 0,5 и 2% (рисунок 2,*б*).

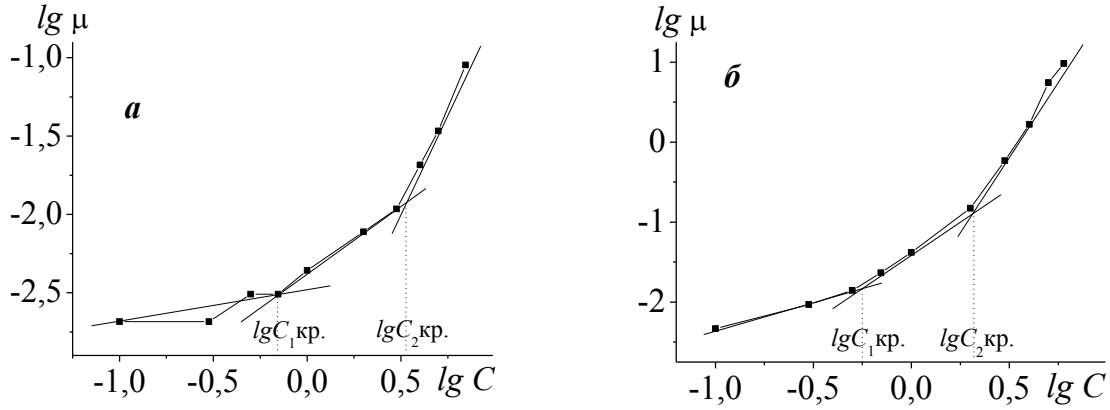


Рисунок 2 – Зависимость логарифма динамической вязкости растворов низкомолекулярного (*а*) и высокомолекулярного хитозана (*б*) от логарифма концентрации

Таким образом, установлены диапазоны концентраций водноуксуснокислых растворов низко- и высокомолекулярного ХТ, которые могут

служить объектами радиационного модифицирования с целью получения сетчатой структуры цепей ХТ без сшивающих агентов и других добавок.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке НИР 1.3.04.05 «Радиационно-химическое модифицирование структуры и свойств синтетических и природных биодеградируемых полимеров» ГПНИ «Энергетические и ядерные процессы и технологии».

Список использованных источников

1. Majeti, N.V. A review of chitin and chitosan applications / N. V. Majeti, K. Ravi. – Direct text // Reactive Functional Polymers. – 2000. – Vol. 46, № 1. – P. 1–27.

2. Malerba, M. Recent Advances of Chitosan Applications in Plants / M. Malerba, R. Cerana. – Direct text // Polymers. – 2017. – Vol. 118, № 10. – P. 2–7.

3. Synthesis, Characterization, and Antibacterial Activity of Cross-Linked Chitosan-Glutaraldehyde / B. Li, Ch.-L. Shan, Q. Zhou [at al.]. – Direct text // Mar. Drugs. – 2013. – Vol. 11, № 5. – P. 1534–1552.

4. Polymerization Reactions and Modifications of Polymers by Ionizing Radiation. Review / A. Ashfaq, M.-C. Clochard, X. Coqueret [at al.]. – Direct text // Polymers. – 2020. – Vol. 12. – P. 2877–2944.

5. Hydrogels of polysaccharide derivatives crosslinked with irradiation at paste-like condition / Yoshii F., Zhao L., Wach R. A. [at al.]. – Direct text // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. – 2003. – Vol. 208, № 4. – P. 320–324.

6. Вихорева, Г. А. Фазовое состояние и реологические свойства системы хитозан–уксусная кислота–вода / Г. А. Вихорева, С. З. Роговина, О. М. Пчелко, Л. С. Гальбрайх – Текст : непосредственный // Высокомолек. соед. – 2001. – Т. 43 Б, № 6. –С. 1079–1084.

УДК 541.64:544.6.018.47-036

ФОРМИРОВАНИЕ МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИОНОВ Cu(II) В ВОДНОУКСУСНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ ХИТОЗАНА

Фомина Е. К.[1], Климовцова И. А.[1], Кудрявский Д. Л.[2], Иванчиков Я. Д.[2]
[1]Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск
[2] Белорусский государственный университет, г. Минск

Введение. Хитозан (ХТЗ) представляет собой линейный аминополисахарид, получаемый деацетилированием природного полимера хитина. Хитин, в свою очередь, является вторым по распространенности биополимером после целлюлозы и производится из природного

возобновляемого сырья (панцири ракообразных и насекомых, грибы) [1]. Хитозан широко применяется в биомедицине, пищевой промышленности вследствие своей способности к биодеструкции и хорошей биосовместимости. В растениеводстве ХТЗ нашел применение в качестве стимулятора роста и элиситора, вызывающего системную и продолжительную болезнеустойчивость у растений [2]. За счет способности к сорбции белков, пестицидов, красителей, липидов, хелатированию ионов металлов и радионуклидов ХТЗ применяется для очистки сточных вод [3]. Кроме того, его способность выступать в качестве макромолекулярного лиганда для ионов биогенных металлов (Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Co^{2+}) обусловливает возможность его применения в качестве полимерной матрицы-носителя микроэлементов в специальных удобрениях пролонгированного действия, предназначенных для дозированной и контролируемой доставки действующих веществ. Вследствие этого является актуальным изучение влияния различных факторов (pH, концентрации растворов, мольных отношений компонентов и др.) на образование полимерных комплексов ХТЗ с ионами *d*-металлов в водных растворах [4].

Цель данной работы заключалась в определении условий формирования комплексов ионов Cu(II) с ХТЗ в водной среде и изучении влияния концентрации полимера и pH на эффективность связывания ионов Cu(II). Полученные результаты будут использованы в дальнейшем для разработки жидких микроудобрений пролонгированного действия на основе комплексов ХТЗ с ионами биогенных металлов.

Материалы и методы исследования. Использовали пищевой ХТЗ производства фирмы ООО «Биопрогресс» (Россия) с молекулярной массой 250 кДа. Степень деацетилирования (СД) ХТЗ определяли методом потенциометрического титрования растворов ХТЗ в 0,1 М соляной кислоте 0,1 н раствором NaOH с шагом 0,1 $см^3$. СД вычисляли по формуле: $СД = 203{,}2\times100/[42{,}0 + 1000\times m_0/C_{NaOH} \times dV_{NaOH}]$, где m – масса хитозана в навеске, г; C_{NaOH} – точная концентрация раствора NaOH, моль/$дм^3$; dV_{NaOH} – объем раствора NaOH, пошедший на титрование аминогрупп, $см^3$; 203,2; 42,0; 100; 1000 – пересчетные коэффициенты. СД составила 90 %. Методом абсорбционной спектрофотометрии были получены электронные спектры поглощения в видимой области растворов ХТЗ, предварительно растворенного в 2% уксусной кислоте, с добавкой ацетата Cu(II) (мольные отношения Cu : группы $–NH_2$ = 1 : 40). Для установления зависимости эффективности образования комплексов от pH проводили потенциометрическое титрование 0,1% раствора ХТЗ с ацетатом Cu(II) при мольных отношениях Cu : группы $–NH_2$ = 1 : 4. Раствор титровали с помощью 0,1 н NaOH. Для исследований методом абсорбционной спектрофотометрии отбирали аликвоты растворов при

pH 3,58; 5,0; 5,5; 5,0; 6,08; 6,52 и 6,92. Электронные спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре PB2201 производства ЗАО «СОЛАР» (Беларусь). Измерения проводились в диапазоне длин волн (λ) от 190 до 1100 нм с шагом 1 нм. ИК-спектры пленок ХТЗ с добавкой ионов Cu(II), полученных при испарении растворителя из водноуксуснокислых растворов, записывали на Фурье-ИК спектрометре *ALPHA* (*BRUKER Optik GmbH*) с приставкой МНПВО *ATR Di* через 2 $см^{-1}$ в диапазоне 4000–400 $см^{-1}$ (24 скана) при комнатной температуре.

Обсуждение результатов. Методом абсорбционной спектрофотометрии установили, что при увеличении концентрации ХТЗ в растворе ацетата Cu(II) наблюдаются изменения в положении максимума полосы поглощения ионов Cu(II), расположенного при длине волны (λ) 780 нм (рисунок 1). При переходе к более концентрированным растворам полимера наблюдается смещение положения максимума поглощения в коротковолновую область (гипсохромный сдвиг), что можно объяснить вытеснением молекул воды из координационной сферы металла аминогруппами ХТЗ.

При более низких концентрациях более вероятно образование комплексного соединения, в котором каждый ион Cu(II) окружен тремя молекулами воды и одной аминогруппой ХТЗ [4].

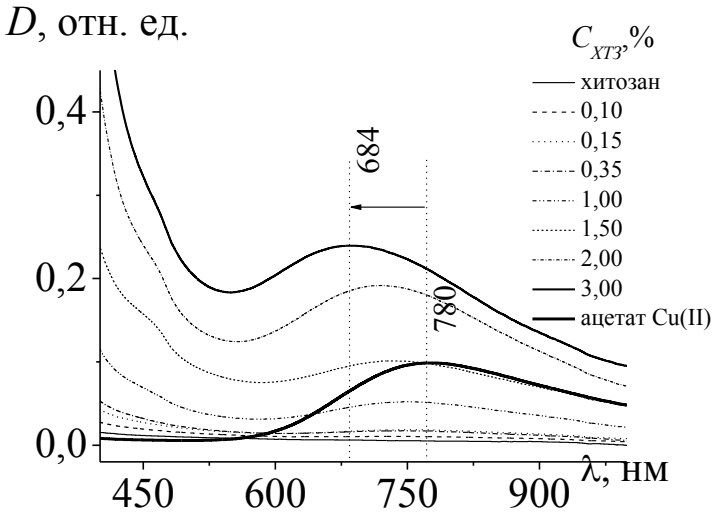


Рисунок 1 – Электронные спектры поглощения в видимой области растворов хитозана с добавками ацетата Cu(II)

На электронных спектрах поглощения 0,1 % растворов ХТЗ с добавками ацетата Cu(II) максимум полосы поглощения раствора ХТЗ с добавкой ацетата Cu(II) при pH 3,58 расположен в области 780 нм, как и индивидуального раствора ацетата Cu(II) (рисунок 2), что свидетельствует о том, что при pH ниже 4 комплексы Cu(II) с аминогруппой ХТЗ не образуются [4]. Это обусловлено, по-видимому, протонированием аминогрупп ХТЗ в кислой среде, что вызывает электростатическое отталкивание NH_3^+ групп и катионов Cu(II).

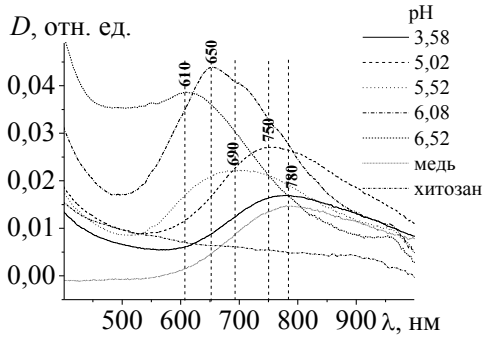


Рисунок 2 – Электронные спектры поглощения в видимой области 0,1 % растворов хитозана с добавками ацетата Cu(II)

В электронных спектрах поглощения водных растворов ХТЗ с добавками ионов Cu(II) при pH от 5 до 7 наблюдается гипсохромный сдвиг (рисунок 2) и изменение интенсивности, что свидетельствует о формировании комплексов в этом диапазоне pH.

Данные о значительном влиянии pH на эффективность связывания ионов Cu(II) с ХТЗ подтверждаются и результатами Фурье-ИК спектроскопии (рисунок 3).

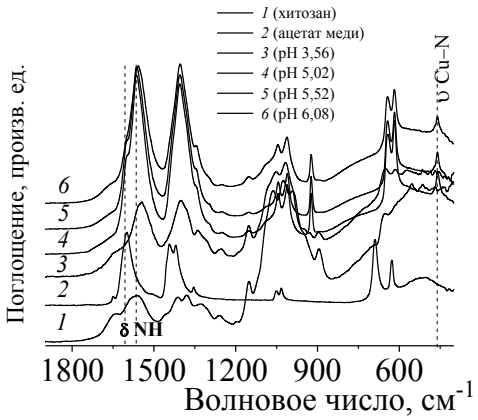


Рисунок 3 – Фрагменты Фурье-ИК спектров пленок комплексов ионов Cu(II) с хитозаном

Изменения в положении полосы поглощения деформационных колебаний аминогруппы ХТЗ (1587 $см^{-1}$) наблюдаются для образцов полисахарида с добавками ионов Cu(II) при pH выше 5. Кроме того, при значении волнового числа около 460 $см^{-1}$ в Фурье-ИК спектрах этих образцов появляется новая полоса поглощения, которую можно отнести к валентным колебаниям связи ионов Cu(II) с атомами азота аминогруппы.

Список использованных источников

1. Functional Characterization of Chitin and Chitosan / I. Aranaz, M. Mengíbar, R. Harris [at al.]. – Direct text // Current Chem. Biol. – 2009. – Vol. 3, № 2. – P. 203–230.

2. Malerba, M. Recent advances of chitosan applications in plants / M. Malerba, R. Cerana. – Direct text // Polymers. – 2018. – Vol. 10, № 2. – P. 118–127.

3. Juang, R-S. A simplified equilibrium model for sorption of heavy metal ions from aqueous solutions on chitosan / R-S. Juang, H-J. Shao. – Direct text // Water Research. – 2002. – Vol. 36, №. 12. – P. 2999–3008.

4. Contribution to the study of the complexation of copper by chitosan and oligomers / M. Rhazi, J. Desbiieres, A. Tolaimate [at al.]. – Direct text // Polymer. – Vol. 43, № 4. – P. 1267–1276.

УДК 547.87

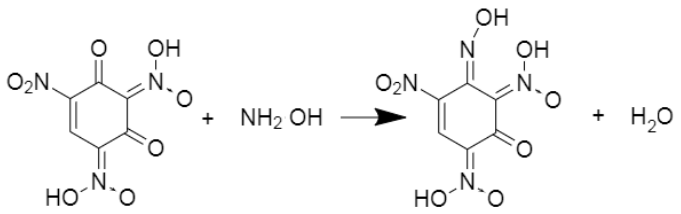
ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ЗАМЕЩЕНИЯ ОН - ГРУПП В ФЕНОЛАХ НА ГИДРОКСИЛАМИН

Хасанова А. Р., Спатлова Л. В.
Казанский национальный исследовательский технологический университет. г. Казань

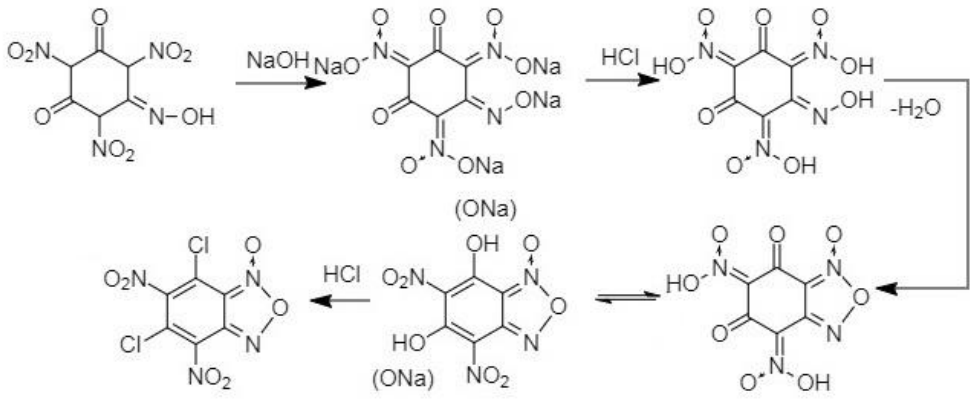
Бензофуроксаны являются перспективными соединениями для создания новых биологически активных веществ. Ранее были известны их акарицидные, фунгицидные и другие активности [1].

В синтезе бензофуроксанов наиболее распространенным методом является азидирование с последующей циклизацией соединения. Однако данный способ обладает рядом недостатков. Получение бензофуроксанов с использованием гидроксиламина позволяет провести реакции безопасным способом.

Согласно литературным данным, нитропроизводные фенола склонны к таутомерии [2]. Находясь в кето-форме соединения легко вступают в реакцию нуклеофильного замещения с гидроксиламином.



Гидроксиламин, в свою очередь, взаимодействует с нитрогруппой при добавлении щелочи, а затем, при подкислении, образует фуроксановый цикл. Данная реакция протекает без выделения полупродуктов, что сокращает время, затраченное на синтез конечного продукта.



Список использованных источников

1. Хмельницкий, Л. И. Химия фуроксанов: Реакции и применение/ Л. И. Хмельницкий, С. С. Новиков, Т. И. Годовикова. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Наука, 1996 – 384с. – Текст : непосредственный.

2. Ершов В.В., Никифоров Г. А. Таутомерные превращения фенолов / В. В. Ершов, Г. А. Никифоров. – Текст : непосредственный // Успехи химии. – 1966. - Т. 35, Вып. 11. - С. 1953-1973.

УДК (66.02)

ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Хорьков А. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Водород – это топливо будущего, вследствие его высокой экологической чистоты и возможности к повторному использованию на производстве, также зелёный водород в ближайшем будущем может стать одним из основных источников топлива, так как почти в три раза превышает удельную энергию природного газа, а также может способствовать декарбонизации процессов химической отрасли, все эти факторы играют основную роль в современной экономике.

Биологические процессы, используемые для производства водорода, считаются самыми экологичными по своей сути, а также менее энергоёмки, в отличие от электрохимических и термохимических процессов. Сфера применения водорода очень обширна, он может быть использован в солнечной энергетике, ветроэнергетике, геотермальной энергетике и во многих других отраслях, что делает его основным энергоносителем будущего.

Ключевую роль в биологических процессах производства водорода играют ферменты: гидрогеназа, который под действием фотосинтеза катализирует излишки энергии в виде водорода из воды и нитрогеназа, который является азотфиксатором и восстанавливает водород. Данные системы способны непрерывно производить водород, в качестве субстрата в реакции с ферментами может быть использована сахароза. Исходя из того, что сам водород не имеет углеродных выбросов на этапе использования, что по праву может считаться экологически чистым продуктом, само его производство, по свое сути, очень важно, так как в процессах получения водорода в настоящее время таких как: паровой конверсии метана, газификацией кокса и др. могут присутствовать выбросы парниковых газов. Вследствие вышесказанного, можно утверждать, что производство зелёного водорода биологическими методами является самым экологичным из возможных на данный момент.

Энергия на водород – многообещающее решение для хранения переменной возобновляемой энергии с целью возобновляемости и устойчивости водородной экономики. Система использования водорода, как энергоносителя включает четыре этапа: производство, хранение, безопасность и утилизация. Выбор производства для использования каждого из этапов зависит от доступного сырья, а также от требуемой чистоты водорода.

Таким образом, производство зеленого водорода биологическими процессами оказывает огромное положительное влияния на экологию окружающей среды, а также способствует росту мировой экономики, и его по праву можно считать топливом будущего.

Список использованных источников

1. Rambhujun N. Renewable hydrogen for the chemical industry / N. Rambhujun, M.S. Salman, T. Wang – Direct text // Joule. – Vol. 7. – 2020. – P. 371–385.

2. Hosseini S.E. Hydrogen production fron renewable ana systainable energy resourses: Promising green energy carrier for clean development / S.E. Hosseini, M.A. Wahid – Direct text // Nature. – Vol. 37. – 2016. – P. 156-163.

3. Oliveira A.M. A green hydrogen economy for a renewable energy society / A. M. Oliveira, R. R. Beswick, Y. Yan – Direct text // Nature. – Vol 33. – 2021. – P. 36-39.

Научный руководитель: Скворцова Е. Н., доцент, кандидат химических наук

УДК 665.622.43

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА НА ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Чайкина Я. И.,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В виду сильной обводненности нефтяных залежей на некоторых месторождениях, которая достигает 90 – 95 %, одной из главных задач на промысле остаётся вопрос разделения водонефтяных эмульсий.

Применяемые методы разделения малоэффективны и энергозатратны при подготовке высокообводненных нефтей, поэтому необходимо применять новые способы, которые увеличат эффективность процесса разделения. В последнее время усилился интерес к применению наночастиц при добыче нефти [1], при использовании которых повышается нефтеотдача.

Цель работы заключалась в оценке влияния наночастиц оксида железа на интенсификацию процесса разделения водонефтяных эмульсий.

Объектом исследования являлась высокообводненная нефть Томской области с объемной долей воды 40 %.

В качестве активных добавок применяли наночастицы оксида железа, которые изготавливали доменным способом [2], при карботермическом восстановлении гематита железа в магнетит из осадков, полученных при подготовке артезианской питьевой воды (рисунок 1).



а) *б)*

Рисунок 1 – Получение наночастиц оксида железа:
а) гематит железа; б) магнетит железа

Рентгеноструктурный анализ гематита и магнетита железа представлен в таблице 1.

Таблица 1

Рентгеноструктурный анализ гематита и магнетита железа

Химический элемент	**Состав гематита железа**	**Состав магнетита железа**
Fe	47,3588 %	52,6151 %
O	31,4266 %	23,6527 %
P	10,1970 %	10,3965 %
Ca	7,6404 %	8,9036 %
Si	2,4633 %	2,8744 %
Al	0,2646 %	0,4145 %
Mg	0,1730 %	0,2832 %
Sr	0,1408 %	0,1756 %
S	0,0891 %	0,1035 %
K	0,0822 %	0,1524 %
C	0,0537 %	0,3940 %

Химический элемент	Состав гематита железа	Состав магнетита железа
Cr	0,0326 %	0,0344 %
Ti	0,0257 %	-
Cu	0,0230 %	-
Ni	0,0140 %	-
Zn	0,0135 %	-
Y	0,0016 %	-

Эксперимент проводили согласно методике, прописанной в публикации [3]. По окончании эксперимента оценку результатов проводили визуально.

На рисунке 2 представлены полученные результаты эксперимента.



а) б) в)

Рисунок 2 – Результаты эффективности действия наночастиц оксида железа на процесс разделения высокообводненной нефти после 7-и суток отстаивания: а) 2,5 г; б) 5,0 г; в)7,5 г

Полученные результаты эксперимента подтверждают эффективность действия наночастиц оксида железа на процесс разделения высокообводненной нефти. Так при добавлении к водонефтяной эмульсии 2,5 г наночастиц оксида железа объем отделившейся воды составил 25 мл также, как и при 5 г (26 мл), а при 7,5 г вовсе уменьшается (16 мл). Однако при этом наблюдается различный характер разделения. Полное разделение происходит при минимальном введении наночастиц оксида железа (2,5 г). С увеличением количества частиц до 5 г наблюдаются темные дисперсные нефтяные пленки, а при 7,5 г виднеются взвешенные капли нефти в объеме отде-

лившейся воды, всё это свидетельствует о неполном процессе разделения. Образовавшиеся промежуточные при таком воздействии слои у исследуемых образцов препятствуют дальнейшему смешиванию воды и нефти и обладают свойством тягучести.

Таким образом, согласно полученным результатам подтверждается эффективность разделения водонефтяных эмульсий при добавлении наночастиц оксида железа. При увеличении количества вводимых частиц в эмульсию ухудшается степень её разделения, что свидетельствует об эффективности использования наночастиц в небольшом количестве. Полученные результаты эксперимента сопоставимы с промышленным опытом, поэтому в дальнейшем необходимо ориентироваться на производство и использовать количество наночастиц оксида железа не более 100 г на 1 тонну.

Список использованных источников

1. Применение наночастиц в нефтедобыче тяжелой и битуминозной нефти / Р. М. Гадельшин, Д. А. Ибрагимова, И. И. Гуссамов, Р. К. Ибрагимов. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2015 – Т. 18. В. 17. – С.60 – 64.

2. Железо прямого восстановления : [сайт]. – URL : https://www.urm-company.ru/production/dri/ (дата обращения: 15.10.2021). Текст : электронный.

3. Чайкина Я. И. Магнитная обработка водонефтяных эмульсий с добавлением наночастиц оксида железа / Я. И. Чайкина, Е. В. Бешагина // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021 – Т. 4. – С. 54 – 58. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Бешагина Е. В. кандидат химических наук, доцент

УДК 665.632

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Чемакина И. С., Андрусенко Е. В.,
Тюменский государственный университет, г. Тюмень

Современные требования к рациональному потреблению ресурсов побуждают учёных к открытию новых эффективных способов переработки попутного нефтяного газа (ПНГ). Методы оптимизации (МО) являются крайне перспективным подходом к решению обозначенной проблемы, демонстрируя, как химический процесс может быть преобразован из малоприбыльной реакции в устойчивую технологию.

Первые попытки внедрить МО в процессы переработки нефти и газа относятся к концу 1940-х годов [Bhaskar, Gupta, Ray, 2000]. Начиная с одноцелевой оптимизации, направленной на снижение стоимости процесса, прогресс в вычислительных методах привёл к появлению множества новых подходов. На сегодняшний день в рамках МО процессов переработки ПНГ становится возможным одновременное уменьшение затрат, увеличение выхода целевых продуктов и приближение процесса к принципам «зелёной химии» [Rangaiah, Feng, Hoadley, 2020].

Таким образом, в течение последних двух десятилетий роль МО в процессах переработки ПНГ экспоненциально возросла, однако существует ряд вызовов, которые всё ещё предстоит преодолеть. Целью данной работы является обзор типичных ошибок в методологии МО, допускаемых практикующими специалистами при проведении процессов переработки нефтепродуктов.

Прежде всего, типичной ошибкой при внедрении МО в процессы переработки ПНГ является пренебрежение тщательным планированием эксперимента. При выполнении задачи оптимизации крайне важно определить, какие параметры и каким образом будут подвергнуты исследованию [Narenderan, Meyyanathan, Karri, 2019]. Говоря о параметрах, стоит отметить, что их варьирование должно обеспечивать видимый эффект на процесс переработки ПНГ, но в то же время испытуемые значения должны изменяться в разумных пределах.

Более того, все параметры процесса можно охарактеризовать как количественные, так и качественные. Последние, в отличие от легко измеряемых и относительно стабильных количественных параметров (например, температура, давление, и т.д.), характеризуются дискретными значениями, такими как тип катализатора, поставщик оборудования и т.д., и, следовательно, могут привести к непредсказуемым результатам.

Следующей распространённой ошибкой при применении МО в процессах переработки ПНГ является неправильная интерпретация результатов, возникающая из-за неустранённых посторонних переменных [Chen, Krauss, 2005]. Считается, что посторонние переменные относятся к любым факторам, которые могут повлиять на поведение системы, но не изучаются намеренно [Malek, Canavera, Esfahani, 2017]. Наихудший сценарий предполагает переход посторонних переменных в систематическую погрешность, делающую продолжение эксперимента невозможным. Как правило, недостаточный обзор литературы и отсутствие публикаций делают невозможным выявление существующих научных доказательств того, что влияет на зависимые переменные в аналогичных работах.

Кроме того, крайне актуальна проблема выбора наилучшего возможного решения из множества. Даже когда все шумы и посторонние пере-

менные устраняются, а оптимизация проведена надлежащим образом, требуется высокий знаний для оценки применимости каждого решения для достижения основной цели [Al-Jamimi и др., 2021].

Например, Weifeng и др. [Weifeng и др., 2007] предложил стратегию оптимизации процесса промышленного каталитического риформинга нафты. В данной работе выбор наиболее оптимальных параметров процесса был сделан, исходя из того, что на практике возможны только высокие значения реакционного давления и молярного отношения водорода к нефти во избежание быстрого коксования катализатора, даже несмотря на то, что теоретически разработанные конфигурации параметров установки содержали решения в “запрещённой области”.

Таким образом, внедрение МО в процессы переработки ПНГ представляет собой технологический прорыв. Следующей ступенью развития этого направления является разработка практик, позволяющих устранять типичные для данного вида исследований ошибки: недостаточно тщательное планирование эксперимента, присутствие посторонних переменных и сложность выбора наилучшего решения.

Список использованных источников

1. Applications of multiobjective optimization in chemical engineering / Bhaskar V., Gupta S. K., Ray A. K. // Reviews in Chemical Engineering. - 2000. Т. 16, № 1. - С. 1–54.

2. Rangaiah G. P., Feng Z., Hoadley A. F. Multi-Objective Optimization Applications in Chemical Process Engineering: Tutorial and Review // Processes 2020, Vol. 8, Page 508. 2020. Т. 8. № 5. С. 508.

3. Narenderan S. T., Meyyanathan S. N., Karri V. V. S. R. Experimental design in pesticide extraction methods: A review // Food Chemistry. 2019. Т. 289. С. 384–395.

4. Chen P. Y., Krauss A. D. Experiments, Psychology // Encyclopedia of Social Measurement. 2005. С. 911–918.

5. Malek S., Canavera K., Esfahani N. Automated Inference Techniques to Assist With the Construction of Self-Adaptive Software // Managing Trade-Offs in Adaptable Software Architectures. 2017. С. 131–154.

6. Al-Jamimi H. A. и др. Multiobjective optimization and analysis of petroleum refinery catalytic processes: A review // Fuel. 2021. Т. 288. С. 119678.

7. Weifeng H. и др. Multiobjective Optimization of the Industrial Naphtha Catalytic Reforming Process // Chinese Journal of Chemical Engineering. 2007. Т. 15. № 1. С. 75–80.

УДК (66.02)

СОРБЕНТЫ ДЛЯ ПРОЦЕССА УЛАВЛИВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ АТМОСФЕРЫ

Шабарчин А. А.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В процессе прямого захвата углекислого газа из воздуха наиболее часто используются твердые сорбенты или водные щелочные растворы.

Твердые сорбенты в данном процессе используют из-за низкого энергопотребления, низких эксплуатационных расходов и применимости в широком диапазоне масштабов. Проблемы, связанные с конструкциями твердых сорбентов, заключаются, во-первых, в необходимости построить очень большую систему сорбентов с низкими затратами, позволяя при этом периодически изолировать всю систему от окружающего воздуха на этапе регенерации, во время которой циклически меняют температуру, давление или влажность. И, во-вторых, к твердым сорбентам изначально предъявляют высокие требования. Они должны обладать высокой поглощающей способностью, низкой стоимостью и долгим сроком службы в загрязненном окружающем воздухе.

Преимущество водных сорбентов состоит в том, что контактор может работать непрерывно, может быть построен с использованием дешевого оборудования для градирни, а поверхность для контакта с воздухом постоянно обновляется, что обеспечивает очень длительный срок службы контактора, несмотря на пыль и атмосферные загрязнения.

После улавливания CO_2 может быть легко перекачан в центральную регенерационную установку, что позволяет сэкономить на масштабе и избежать необходимости циклического изменения условий в изначально большом воздушном контакторе. Недостатки водных систем заключаются в высокой стоимости, сложности системы регенерации и потери воды в сухой среде.

Список использованных источников

1. Keith D. W. A process for capturing CO2 from the atmosphere / D. W. Keith. – Direct text // Joule. – Vol. 8. – 2018. – P. 1573-1594.

2. Hepburn C. The technological and economic prospects for CO_2 utilization and removal / C. Hepburn – Direct text // Nature. – Vol. 575, Is. 7781. – 2019. – P. 87-97.

3. Терпугов Д. Г. Улавливание парниковых газов / Д. Г. Терпугов, Н. И. Акинин. – Текст : непосредственный // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – 2018. – №. 6. – С. 52-58.

Научный руководитель: Дерюгина О. П., кандидат химических наук, доцент.

УДК 622.276

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Шабарчин М. А.,
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Большинство месторождений являются комплексными и содержат ряд ценных и полезных компонентов.

Комплексное использование месторождений включает в себя следующие мероприятия:

а) извлечение всех полезных компонентов при добыче, подготовке и переработке нефти;

б) применение малоотходной и безотходной технологий производства;

в) рациональное использование всех природных ресурсов;

г) охрана окружающей среды.

На технологических объектах центрального сбора нефти Восточно-Мессояхского месторождения ЗАО «Мессояханефтегаз» стремится активно разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, а также внедрять в производство эффективные схемы утилизации отходов производства.

70 % запасов Восточно-Мессояхского месторождения — тяжелая, высоковязкая, смолистая нефть. При этом добыча осложнена наличием газа над нефтяными пластами и воды под ними. Именно поэтому на сегодняшний день предприятие уделяет большое внимание комплексной подготовке нефти для получения качественной продукции.

Сырьем для ЦПС является продукция скважин Восточно- Мессояхского месторождения с массовым содержанием воды до 39 %.

Номенклатура выпускаемой продукции:

а) подготовленная нефть с обводнённостью до 1 % (масс.) для подачи в трубопровод внешнего транспорта;

б) попутный нефтяной газ, очищенный от капельной жидкости и механических примесей, для подачи на ГТЭС;

в) пластовая вода, подготовленная до требований системы поддержания пластового давления.

Товарная нефть, получаемая в процессе подготовки на ЦПС, должна соответствовать первой группе качества.

Поскольку ЗАО «Мессояханефтегаз» предусматривает одновременно не только мероприятия по повышению качества сепарации, обезвоживания и обессоливания нефти, но и мероприятия по получению качественной пластовой воды без использования значительных дополнительных средств, то в связи с этим предприятие стремится внедрить на производстве наиболее эффективные схемы производства.

Для повышения эффективности и качества сепарации в конструкцию сепараторов постепенно внедряются отбойные насадки различных типов.

Для интенсификации процесса разделения водонефтяной эмульсии в конструкции нефтегазовых сепараторов со сбросом воды планируется установка блока полочных коалесцирующих насадок. Данные устройства позволяют значительно улучшить организацию разделения фаз водонефтяной эмульсии в нефтегазовом сепараторе со сбросом воды за счёт создания эффекта вихревой коалесценции в результате распределения эмульсии по всей поверхности раздела фаз без применения дополнительного нагрева, что, в свою очередь, приводит к повышению эффективности и качества разделения водонефтяной эмульсии [1].

Для обессоливания нефти предлагается технология смешения обезвоженной нефти с пресной водой. Суть технологии заключается в том, что частично подготовленную нефть с высоким содержанием хлористых солей смешивают с пресной водой. В результате этого происходит растворение солей в пресной воде. Затем в ходе процесса обезвоживания соли, находящиеся в нефти, удаляются вместе с водой. Если после данной операции содержание хлористых солей в нефти не соответствует требованиям качества, процесс повторяют несколько раз либо увеличивают количество подаваемой пресной воды.

Для сокращения выбросов парниковых газов на Мессояхе реализован уникальный проект.

Газ, добываемый вместе с нефтью, закачивается в неразработанные газовые пласты Западно-Мессояхского участка. Для подготовки попутного нефтяного газа был построен газопровод общей протяженностью 50 километров.

Утилизация попутного нефтяного газа с нефтяного месторождения в неразработанные газовые пласты соседнего Западно-Мессояхского участка является уникальным решением, обеспечивающем рациональное и экологичное использование природных ресурсов Арктики. Благодаря реализации данной технологии уровень утилизации попутного нефтяного газа составит 95 % [2].

Таким образом, комплексное использование сырья позволяет получить не только основной компонент высокого качества, но и более широкий спектр продуктов.

Список использованных источников

1. Каспарьянц, К. С. Оценка эффективности различных методов обезвоживания и обессоливания нефти / К. С. Каспарьянц, А. А. Петров. – Текст: непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2008.– № 23. – С. 48-56.

2. ГАЗПРОМ НЕФТЬ : Нефтяная компания : сайт. – URL : https:// www.gazprom-neft.ru/company/major-projects/messoyaha/ (дата обращения: 23.10.2021). – Текст : электронный.

УДК 665.753.4.038

УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ПРЯМОГОННОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Шафер С. Е., Орлова А. М.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Согласно данным [1, 2] с 2017 г. по 2021 г. наблюдается увеличение объемов производства и потребления дизельного топлива (ДТ). Однако вопрос повышения объемов производства ДТ с оптимальными низкотемпературными свойствами для регионов крайнего севера и Сибири все еще является актуальным. Зимнюю и арктическую марку ДТ возможно получать, используя методы каталитической и цеолитной депарафинизации. Однако, учитывая технологическую сложность процессов и экономический фактор, наиболее простым и выгодным способом получения зимнего и арктического ДТ является добавление депрессорных присадок, т.к. данный метод не требует дорогостоящего оборудования.

В работе рассмотрены низкотемпературные свойства прямогонного ДТ и его смесей с депрессорными присадками. Определение температуры помутнения (*Т*п) производилось по методике [3], предельной температуры фильтруемости (ПТФ) по методике [4], температуры застывания (*Т*з) по методике [5].

Таблица 1

Низкотемпературные свойства прямогонного ДТ

***Т*п, °С**	**ПТФ, °С**	***Т*з, °С**
-4	-5	-14

Согласно данным в Таблице 1, образец прямогонного ДТ соответствует летней марке [6], соответственно его невозможно использовать в холодное время года без вовлечения депрессорных присадок.

Далее был проведен анализ низкотемпературных свойств смесей прямогонного ДТ с 5-ю различными депрессорными присадками (присадки обозначены буквенными шифрами L, K, G, O, N). Результаты представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Низкотемпературные свойства смесей прямогонного ДТ
с различными депрессорными присадками

Смесь	***Т*п, °С**	**ПТФ, °С**	***Т*з, °С**
ДТ+L	-5	-16	-35
ДТ+K	-6	-9	-19
ДТ+G	-6	-20	-38
ДТ+O	-7	-16	-37
ДТ+N	-6	-8	-35

Согласно данным в Таблицах 1-2, при добавлении присадок *Т*п прямогонного ДТ улучшается на 1-3 °С, наибольший эффект дает присадка О (*Δ* 3 °С). ПТФ прямогонного ДТ при добавлении депрессорных присадок улучшается на 3-15 °С, лучшей присадкой по влиянию на ПТФ является присадка G (*Δ* 15 °С). *Т*з прямогонного ДТ при добавлении депрессорных присадок улучшается на 5-24 °С, наибольший эффект оказывает присадка G (*Δ* 24 °С).

Таким образом, наиболее эффективным по совокупности трех низкотемпературных свойств является использование присадки G, наименее эффективным – использование присадки K.

Список использованных источников

1. Росстат : федеральная служба государственной статистики : [сайт]. –URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 23.10.2021). – Текст : электронный.

2. Министерство энергетики РФ: [сайт]. –URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 23.10.2021). – Текст : электронный.

3. ГОСТ 5066-2018 Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания : издание официальное : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2018 г. N 660-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 5066-2018 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2019 г. / разработан межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 31 «Нефтяные топлива и смазочные материалы», Акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти» (АО «ВНИИ НП»).

4. ГОСТ 22254-92 Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре: издание официальное :

утв. и введ. в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 03.02.92 N 101.

5. ГОСТ 20287-91 Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания: издание официальное : утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 13.05.91 N 671.

6. ГОСТ 305-2013 Топливо дизельное. Технические условия: издание официальное : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. N 1871-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 305-2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г.

Научный руководитель: Киргина М. В. кандидат технических наук, доцент ОХИ ИШПР ТПУ.

УДК 54.05

СОЗДАНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Шелехов А. Д., Киреева А. Р., Нечеухина А. М., Аникина Т. А.,
Черных Д. С., Галеев К. В.,
Вятский государственный университет, г. Киров

Для обеспечения людей биологически активными веществами в периоды, характеризующиеся высоким уровнем заболеваемости в связи с сезонным ослаблением иммунитета, особую ценность имеют вещества природного происхождения, применение которых зарекомендовало себя многолетним использованием. В плодах рябины обыкновенной содержатся органические кислоты, сахара, фенольные соединения, микроэлементы и т. д. Они способствуют выводу вредных веществ из организма, благоприятно влияют на состояние организма при серьёзных заболеваниях [1]. В плодах шиповника высокое содержание аскорбиновой кислоты, каротиноидов, флавоноидов. Выявлена высокая антиоксидантная активность компонентов ягод [2]. В хвое ели обыкновенной отмечается высокое содержание эфирных масел, дубильных веществ, каротина, аскорбиновой кислоты, солей железа, марганца, меди и алюминия [3]. Хвоя сосны богата такими витаминами и минералами, как витамин А, бэта-каротин, витамин B_1, витамин B_2, витамин B_5, витамин B_{12}, витамин D, витамин Е, витамин Н, витамин К, витамин РР, железо, кобальт, марганец, цинк [4]. Флавоноиды благотворно

влияют на сердечно-сосудистую систему, дубильные вещества – применяются при кишечных заболеваниях как противовоспалительное средство.

Повышение эффективности композиции на основе растительного сырья возможно за счёт применения различных технологий обогащения: на стадии выращивания растений [5] и в процессе заготовки и переработки [6]. Технологии обогащения на стадии заготовки и переработки имеют ряд преимуществ: независимость от природных условий, более быстрое получение продукта. Существуют следующие методы обогащения: включение самих лекарственных растений в состав композиций [7]; получение экстрактов и включение данных экстрактов в состав композиций [8]; обогащение компонентами растительного сырья, выделенных специфическими методами [9]; удаление балластных фракций из растительного сырья с целью повышения концентрации необходимых ингредиентов [10].

Метод обогащения композиции экстрактом был выбран для работы по следующим причинам: простота в варьировании «тип экстрагента – количество – режим экстракции – свойство экстракта», подходит для большого спектра сырья, простота и доступность.

Цель работы – исследовать возможность обогащения композиции на основе рябины, шиповника, хвои ели и сосны биологически активными веществами, выделенными методом однократной экстракции этиловым спиртом из аналогичной композиции.

Объекты и методы. Объектом исследования была композиция из рябины, шиповника, хвои ели и сосны в массовых соотношениях 1 : 1 : 1 : 1. Растительный материал собран вблизи и на территории г. Кирова осенью 2021 года: шиповник – на берегу реки Вятка; хвоя ели и сосны – в дендрологическом парке лесоводов Кировской области; плоды рябины – в Юго-западном районе города Кирова. Растительный материал высушивали, размалывали и просеивали. Использовали частицы размером менее 1 мм. Для приготовления экстракта композицию заливали 96% этиловым спиртом в соотношении 2 г сухой композиции : 100 см^3 спирта, кипятили с обратным холодильником на водяной бане в течение двух часов. Смешивали 5 см^3 полученного спиртового экстракта с двумя граммами аналогичной по составу, но не подвергшейся экстракции композиции, высушивали. Определяли количество антиоксидантов методом перманганатометрии в исходных компонентах, композиции без обработки, с обработкой экстрактом, в остатке растительного материала после экстракции [11].

Результаты и их обсуждение. В результате исследования установлено, что в обогащённой композиции содержание антиоксидантов стало на 9,6% больше, чем в необогащённом аналоге (в необогащённой композиции содержание антиоксидантов 30,8 мг/г в пересчёте на кварцетин). Чтобы добиться большего содержания антиоксидантов в композиции, необходимо использовать большее количество экстракта на единицу сухой смеси растительного сырья; предварительно сконцентрировать антиоксиданты в

экстракте испарением растворителя или обработать смесь экстрактом из сырья с большим количеством антиоксидантов. Так, например, содержание антиоксидантов в спиртовых экстрактах из исходных компонентов (в пересчёте на кварцетин в 100 мл): из хвои ели – 64,8 мг; из хвои сосны – 34,0 мг; из рябины – 21,4 мг; из шиповника – 30,5 мг. Экстракт из хвои ели содержит максимальное количество антиоксидантов, поэтому перспективно исследование возможности обогащения им композиций. Кроме антиоксидантов целесообразно установить степень обогащения такими биологически активными веществами как витамины, флавоноиды, дубильные вещества, фенольные соединения и т. д. Однако, следует учитывать биологическую совместимость активных веществ.

Список использованных источников

1. Химический состав и биологическое действие экстракта из плодов рябины / С. Е. Фоменко, Н. Ф. Кушнерова, В. Г. Спрыгина [и др.]. – Текст : непосредственный // Химия растительного сырья. – 2015. – №2. – С. 161-168.

2. Состав и содержание биологически активных веществ в плодах шиповника / Г. Н. Дубцова, Р. Н. Негматуллоева, В. В. Бессонов [и др.]. – Текст : непосредственный // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 6. – С. 84-88.

3. Ель обыкновенная: лекарственное растение: [сайт]. – URL: https://lektrava.ru/encyclopedia/el-obyknovennaya/ (дата обращения 05.10.2021). – Текст : электронный.

4. Сосна обыкновенная: лекарственное растение: [сайт]. – URL: https://lektrava.ru/encyclopedia/sosna-obyknovennaya/ (дата обращения 05.10.2021). – Текст : электронный.

5. Markku, Y. H. Influence of selenium fertilization on soil status. In: Proc. «Twenty Years of Selenium Fertilization» / Ed. M. Europa. Helsinki, Finland, 2005. – P. 25-32.

6. Чугунова, О. В. Использование растительного сырья Уральского региона при моделировании биопротекторных свойств чая / О. В. Чугунова, Е. В. Пастушкова, Н. В. Заворохина. – Текст : непосредственный // Пищевая промышленность. – 2010. – № 11. – С. 42-44.

7. Кошечкина, А. С. Разработка методов анализа флавонов как индикаторных компонентов лекарственного растительного сырья : 15.00.02 : автореф. дис. … канд. фарм. наук / А. С. Кошечкина ; ГОУ ВПО Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова и ГУ НИИ питания РАМН. – М., 2007. – 6 с. – Текст : непосредственный.

8. Панфилов, В. И. Биологически активный композит на основе меланина чаги / В. И. Панфилов, Е. Г. Борисенко. – Текст : непосредственный // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста : сборник научных трудов I Междунар. конф. – Москва, 2018. – С. 19-24.

9. Пат. 2014 132 231 A1 Российская Федерация, МПК A61K 36/54 (2006.01). Применение кожуры Авокадо для получения неомыляемого продукта из авокадо, обогащенного насыщенными алифатическими углеводородами и стероламимисика: заявл. 14.01.2013 : опубл. 10.03.2016 / Мсика Филипп, ЛЕГРАН Жак, ГАРНЬЕ Себастьен ; патентообладатель «ЛАБОРАТУАР ЭКСПАНСЬЯНС» – Текст : непосредственный.

10. Пат. 2 152 434 C1 Российская Федерация, МПК C12P 17/16 (2000.01). Способ получения экстракта, обогащенного изофлавоновыми агликонами, из растительного материала, способ извлечения материала с высоким содержанием генистеина или дайдзеина из обогащенного изофлавоновыми агликонами материала : заявл. 05.09.1997 : опубл. 10.07.2000 / Б. А. Брайан, Мэриэнн К. Оллред ; патентообладатель «ПРОТЕИН ТЕКНОЛОДЖИЗ ИНТЕРНЭШНЛ ИНК.». – Текст : непосредственный.

11. Пат. 2170930 Российская Федерация, МПК G01N33/50 G01N33/52. Способ определения антиоксидантной активности : № 2000111126/14 : заявл. 05.05.2000 : опубл. 20.07.2001 / Максимова Т. В., Никулина И. Н., Пахомов В. П. [и др.] ; патентообладатель Московская Медицинская Академия им. И. М. Сеченова. – Текст : непосредственный.

УДК 546.87

ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГАЛОГЕНИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ВИСМУТА И СУРЬМЫ

Шенцева И. А.
Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

Для висмута и сурьмы характерно образование полиядерных галогенидных комплексов, анионы которых могут иметь как дискретное, так и полимерное строение. Также известны примеры гетерометаллических галогенидных комплексов висмута [1] и сурьмы [2]. Основная проблема при синтезе гетерометаллических комплексов заключается в сложности включения в структуру продукта гетероатома. На структуру продукта влияет выбор начальных реагентов, в частности природа катиона, их соотношение и условия кристаллизации.

Физико-химические свойства данных класса соединений могут найти применение в современном материаловедении. На данный момент показана возможность использования галогенидных комплексов висмута и сурьмы в качестве компонентов солнечных элементов [3].

Также в солнечных устройствах уже тестируются и гетерометаллические комплексы висмута и меди [4].

В текущей работе рассматриваются особенности синтеза новых гетерометаллических иодидных комплексов висмута с медью, серебром и сурьмы с медью, их структурные особенности, оптические свойства и термическая стабильность. Исследовано термохромное поведение гетерометаллических комплексов висмута и меди.

Список использованных источников

[1] Adonin S A, Sokolov M N and Fedin V P 2016 Polynuclear halide complexes of Bi(III): From structural diversity to the new properties *Coord. Chem. Rev.* **312** 1–21

[2] Dehnhardt N, Klement P, Chatterjee S and Heine J 2019 Divergent Optical Properties in an Isomorphous Family of Multinary Iodido Pentelates *Inorg. Chem.* **58** 10983–90

[3] Jin Z, Zhang Z, Xiu J, Song H, Gatti T and He Z 2020 A critical review on bismuth and antimony halide based perovskites and their derivatives for photovoltaic applications: recent advances and challenges *J. Mater. Chem. A* **8** 16166–88

[4] Bi L-Y, Hu Y-Q, Li M-Q, Hu T-L, Zhang H-L, Yin X-T, Que W-X, Lassoued M S and Zheng Y-Z 2019 Two-dimensional lead-free iodide-based hybrid double perovskites: crystal growth, thin-film preparation and photocurrent responses *J. Mater. Chem. A* **7** 19662–7

Научный руководитель: Усольцев А. Н. кандидат химических наук.

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 663.88

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКА ДЛЯ АКТИВАЦИИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Арбузов В. П.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В экстремальных условиях Крайнего Севера, характеризующихся высокой специфичностью состава почвы, воды, воздуха, своеобразием биохимических превращений, значение сбалансированности рационов питания заметно возрастает.[1]

Структура причин смерти по классам заболеваний в арктических регионах не отличается от общероссийской. К основным причинам смерти (около 90% всех случаев смерти) относятся болезни системы кровообращения. [2]

Кровоснабжение головного мозга играет решающую роль в его функционировании, так как без обеспечения и распределения энергии, кислорода, витаминов и аминокислот, поступающих по кровотоку, нейроны не могут расти и делиться. 85% всех патологий, связанных с работой мозга, приходится на нарушение кровообращения.[3]

Одним из источников витаминов, минеральных веществ, каротиноидов, фенольных соединений, ферментов, антиоксидантов являются свежие овощи, плоды, ягоды и растения. [4] Еще один путь повышения качества продуктов питания и совершенствования структуры питания населения - введение в рацион новых нетрадиционных видов растительного сырья, содержащих в своём составе сбалансированный комплекс нутриентов. [5]

Для улучшения работы головного мозга необходимо хорошее кровообращение и большое поступление в организм продуктов питания, содержащих значительное количество железа, витаминов B6, B9, B12, а также антиоксидантов, например, бета каротина, полифенолов.

По мнению учёных с участием железа в организме осуществляются транспорт и депонирование кислорода (миоглобин, гемоглобин), синтез ДНК, тканевое дыхание. Для повышения усвояемости железа необходимо добавление в продукт аскорбиновой кислоты и ретинола.

Витамин B_6, или пиридоксин, участвует в обмене веществ, необходим для нормального функционирования центральной и периферической нервных систем. Особенно богаты пиридоксином морковь и кипрей. Симптомы дефицита B_6 в организме человека — микроцитарная анемия, дерматиты, депрессия, заторможенность, спутанность сознания.

Другой витамин группы В – фолиевая кислота, используется организмом для синтеза, восстановления и метилирования метильной группы – ДНК, участвует в клеточном делении. Дефицит фолата приводит к: нарушениям работы мозга, мегалобластной анемии и нарушению иммунной функции.

Целью научных исследований является разработка рецептуры и технологии получения напитка, способного снижать отрицательное воздействие экстремальных условий Крайнего севера на деятельность головного мозга. Предлагается включить в рецептуру: сок из сибирских яблок и моркови, листья кипрея узколистного, ягоды черноплодной рябины.

Кипрей узколистный обладает множеством доказательств о наличии лечебных свойств, а его регулярный приём позволяет предупредить развитие рака, инсульта, инфаркта. Обладая седативным и общетонизирующим

действием, кипрей нивелирует эффекты кофеина, содержащегося в крепком чёрном или зелёном чае, кофе.

Черноплодная рябина как лекарственное растение обладает следующим перечнем свойств: укрепляет сосудистые стенки, стимулирует иммунную систему, снижает возбудимость. Ягоды аронии малокалорийны (около 55 ккал на 100 грамм) и содержат ряд биологически активных веществ: пищевые волокна, витамин С, витамин А, витамин К, марганец, кобальт, селен, кремний.

В процессе научных исследований планируются работы по оптимизации рецептуры и технологии, а также медико-биологические исследования, доказывающие позитивное влияние напитка на работу головного мозга. Разрабатываемый напиток способен обладать следующими свойствами:

1. Предупреждает заболевания сердечно-сосудистой системы;
2. Имеют малую калорийность из-за отсутствия сахара;
3. Положительно влияет на память, благодаря содержанию железа и пиридоксина;
4. Обладает тонизирующим действием.

Список использованных источников

1. Иванова Г. В. Особенности питания коренного населения арктической зоны российской федерации / Г. В. Иванова, Т. Н. Сафронова. – Текст : непосредственный // Российская Арктика . – 2018. - № 3. - С 60-64.

2. Коденцова В. М. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации:1987-2017 гг. / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. Б. Никитюк, В. А. Тутельян. - Текст : непосредственный // Вопросы питания. – 2018. - Том 87, № 4. - С. 62-68.

3. Можаев С. В. Нейрохирургия: учебник для студентов медицинских вузов / С. В. Можаев, А. А. Скоромец, Т. А. Скоромец. – Санкт-Петербург : Политехника, 2001. – 355с. – Текст: непосредственный.

4. Спиричев В. Б. Витамины, витаминоподобные и минеральные вещества : справ. для провизоров и фармацевтов / В. Б. Спиричев – Москва : МЦФЭР, 2004. – 239 с. – Текст : непосредственный.

5. Богатырев А. Н. Обогащение продуктов витаминами – актуальная тема XXI века / А. Н. Богатырев. - Текст : непосредственный // Пищевая промышленность. – 2010. - № 9 – С. 72-73.

Научный руководитель: Попов В. Г., доктор технических наук, профессор

УДК 665.1.09:664.33

АКТУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТРИГЛИЦЕРИДОВ POP ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА АЛЬТЕРНАТИВ МАСЛА-КАКАО

Баранова З. А.,
Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

В продолжение исследования по экспертной оценке резервных возможностей жировых ингредиентов для кондитерских глазурей проведен анализ физико-химических характеристик (жирнокислотного и триглицеридного состава) часто используемого в кондитерском производстве пальмового масла и его фракций (стеарин, олеин, средняя фракция), относящегося к разным регионам произрастания.

Целью исследования является всестороннее исследование комплекса свойств растительных масел для подбора жировых ингредиентов для создания рецептурных композиций заменителей масла какао нелауринового типа. Известно, что специфическое сочетание свойств масла-какао обусловлено его триглицеридным составом, и оно несовместимо с жирами, имеющими отличный от него состав триглицеридов, из-за эвтектики [1-2].

Состав пальмового масла, а также факторы, влияющие на его качество, описаны во многих научных исследованиях [3-5]. Пальмовое масло имеет большое преимущество из-за относительно низкого уровня ненасыщенности и, следовательно, хорошей стабильности при хранении. Как исходный компонент жировой смеси для дальнейших модификаций пальмовое масло может быть разделено фракционированием на две основные фракции (жидкая фракция – олеин, твердая – стеарин).

Определены жирнокислотный состав и триглицеридные композиции пальмового масла производства Малайзии и Индонезии и его фракций (таблицы 1-2).

Таблица 1

Жирнокислотный состав пальмового масла и его фракции

Наименование продукта	Страна происхож-дения	Массовая доля основных жирных кислот, %								
		$C_{12:0}$	$C_{14:0}$	$C_{16:0}$	$C_{16:1}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$	$C_{20:0}$
Пальмовое масло	Индонезия	0,3	1,1	43,7	0,1	4,5	39,3	10,1	0,2	0,3
Стеарин пальмового масла	Индонезия	-	-	51,4	-	4,7	32,8	8,7	-	-
Олеин пальмового масла	Индонезия	-	-	40,4	-	4,3	41,1	11,9	-	-
Пальмовое масло	Малайзия	0,2	1,3	41,8	0,1	4,6	38,7	10,3	0,2	0,2
Стеарин пальмового масла	Малайзия	-	-	49,3	-	4,9	33,8	9,6	-	-
Олеин пальмового масла	Малайзия	-	-	39,5	-	4,3	41,5	12,2	-	-
Средняя фракция пальмового масла	Малайзия	-	-	54,0	-	7,0	33,0	3,5	-	0,4

Таблица 2

Триглицеридный состав пальмового масла и его фракций

Наименование продукта и метода модификации	Массовая доля основных жирных кислот, %									
	LLP	LOO	LOP	LPP	OOO	POO	POP	PPP	SOO	PSO
Пальмовое масло	1,6	1,3	8,2	1,6	3,9	22,5	31,8	7,0	2,4	5,6
Стеарин пальмового масла (жидкостное фракционирование)	1,2	0,7	6,0	6,8	2,1	15,7	31,1	21,5	1,5	4,8
Стеарин пальмового масла (сухое фракцио-нирование)	1,0	0,8	5,5	7,1	2,6	16,3	30,0	22,1	1,5	4,4
Олеин пальмового масла (жидкостное фракционирование)	2,2	2,0	12,7	11,2	6,7	38,0	16,9	0,6	3,6	2,1
Олеин пальмового масла (сухое фракцио-нирование)	2,0	1,6	9,8	10,1	4,8	27,6	31,2	0.5	2.8	5.9
Средняя фракция пальмового масла	-	-	0,8	6,2	0,5	5,0	63,2	3,0	0,9	13,0

Из полученных результатов можно сделать вывод, что пальмовое масло характеризуется присутствием триглицеридов: OOO, PLO, PLP, PPP, POP, POO (высокое содержание пальмитиновой и олеиновой кислот). Стеарин пальмового масла также имеет высокий уровень пальмитиновой кислоты, однако триглицеридный состав показывает помимо высоко уровня POP триглицерида, существенные количества PPP. Особо богата триглицеридов POP средняя фракция пальмового масла, но триглицеридный состав данной фракции будет зависеть от многих технологических факторов ее производства. Поэтому рассматривать эту фракцию, как источник POP в альтернативах масла какао можно только комплексно в рамках разработанной технологии производства.

Анализ данных показал, что существуют небольшие различия в зависимости от используемого метода фракционирования. Несмотря на это, на основе физических характеристик пальмового масла и его фракций можно изготавливать определенные по своим характеристикам жировые ингредиенты нелауринового типа для кондитерских глазурей, или использовать, как источник POP фракции при создании альтернатив масла какао.

Список использованных источников

1. Королев И. С. На чем работать кондитерам будущего? / И. С. Королев. – Текст : непосредственный // Масла и жиры. - 2021. - № 03-04. - С.10-11.

2. Жиры в пищевой промышленности / редактор – составитель Канеш К. Раджа. - Санкт-Петербург : Профессия, 2016. – 464 с. - Текст : непосредственный.

3. Гартел Р. У. Сахаристые кондитерские изделия / Р. У. Гартел, Й. Г. Эльбе, Р. Хофбергер. – Санкт-Петербург : Профессия, 2019. - 784 с. – Текст: непосредственный.

4. Аксенова В. Е. Тенденции использования экзотических масел при производстве функциональных кондитерских изделий / В. Е. Аксенова, Е. И. Баранова. – Текст: непосредственный // 65-я международная научная конференция астраханского государственного технического университета. – Астрахань, 2021. – С. 1038-1041.

5. Аксенова В. Е. Комплексное изучение свойств альтернатив масла какао, полученных с применением комбинированных методов / В. Е. Аксенова, Е. И. Баранова. – Текст : непосредственный // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: материалы IX Международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 154-158.

УДК 641.05

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕСЕРТА МОТИ НА ОСНОВЕ РИСОВОЙ МУКИ, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИСТРЕССОВОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ

Башурова Д. Е.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В связи с изменениями в поведении дети младшего школьного возраста часто попадает в стрессовые ситуации. Основными причинами стресса у них являются большая учебная нагрузка, невыполненные или несданные работы, а также конфликты, как в семье, так и в школе (рисунок 1).



Рисунок 1 – Причины стресса детей младшего школьного возраста

В связи с этим была проведена разработка рецептуры и технологии производства специализированного продукта питания для детского питания, обладающего антистрессовой направленностью.

В процессе выполнения работы были поставлены следующие задачи:

— изучить состав ингредиентов обладающих седативным действием;

— подобрать ингредиенты для функционального продукта;

— разработать рецептуру и технологию производства продукта питания, обладающего антистрессовой направленностью.

В качестве основы была выбрана японская сладость - дайфуку моти с клубникой. Несмотря на то, что продукт полностью натуральный, содержание нутриентов невелико [2].

Для придания антистрессовой функциональности продукту произведена замена части муки на зеленый чай матча и часть бобовой пасты на смесь сока шпината, какао-порошка и сублимированной клубники.

В результате подбора ингредиентов был разработан модельный ряд рецептур функционального продукта, представленный в таблице 1.

Таблица 1

Модельный ряд рецептур продукта, гр.

Ингредиент	**Рецептура 1**	**Рецептура 2**	**Рецептура 3**
Рисовая мука	20	20	20
Красная фасоль	20	25	25
Клубника	5	2	7
Крахмал	8	7	9
Шпинат (сок)	3	4	2
Мёд цветочный	10	15	12
Какао порошок	5	7	2
Чай матча	4	2	5

В результате органолептической оценки была выбрана рецептура 1.

Соотношение между клубникой, какао-порошком, чаем матча, шпинатом будет 1:1:0,8:0,6. Общий вес функциональной добавки составит 17 грамм.

Для изучения функциональных свойств был рассчитан химический состав моти по рецептуре 1 с учётом потерь при механической и термической обработке [1].

Таблица 2

Химический состав функционального продукта с учётом потерь
при механической и термической обработке

Нутриент	Рисовая мука	Красная фасоль	Клубника субли-мированная	Крахмал	Шпинат	Мёд	Какао порошок	Чай матча	Итого	Суточная норма	% от нормы
Количество, гр	20,0	20,0	5,0	8,0	3,0	10,0	5,0	4,0	75		
Пищевые волокна, г	0,5	2,5	0,7	0,1	0,0	0,0	1,8	1,5	7,1	15	47
A, мкг	0,0	0,0	1,5	0,0	22,5	0,0	0,2	96,0	120,3	700	17
E, мг	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,02	1,1	1,5	10	15
C, мг	0,0	0,2	18,0	0,0	1,7	0,2	0,0	2,4	22,5	60	37
B9,мкг	0,8	26,0	3,0	0,0	2,4	1,5	1,9	48,0	83,6	200	42
Fe, мг	0,1	0,6	0,4	0,0	0,4	0,1	0,7	0,7	2,9	12	24
Mg, мг	7,0	15,0	5,4	0,0	2,5	0,3	21,3	9,2	60,6	250	24
K, мг	15,2	80,6	48,3	1,2	23,2	3,6	75,5	108,0	355,6	900	40
Cu, мг	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,7	43
Mn, мг	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,5	2	27
Se, мкг	3,0	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	5,4	30	18

В результате изменения рецептуры и внесения дополнительных ингредиентов в состав функционального продукта установили, что содержание витаминов составило B_9 – 42%, C – 37, A – 17%, макро- и микронутриентов: Mg – 24%, K – 40%, Cu – 43, Se - 18.

Исходя из полученных данных, была построена гистограмма для наглядного сравнения химического состава оригинальной рецептуры, взятой в качестве основы, и полученного продукта (рисунок 2).

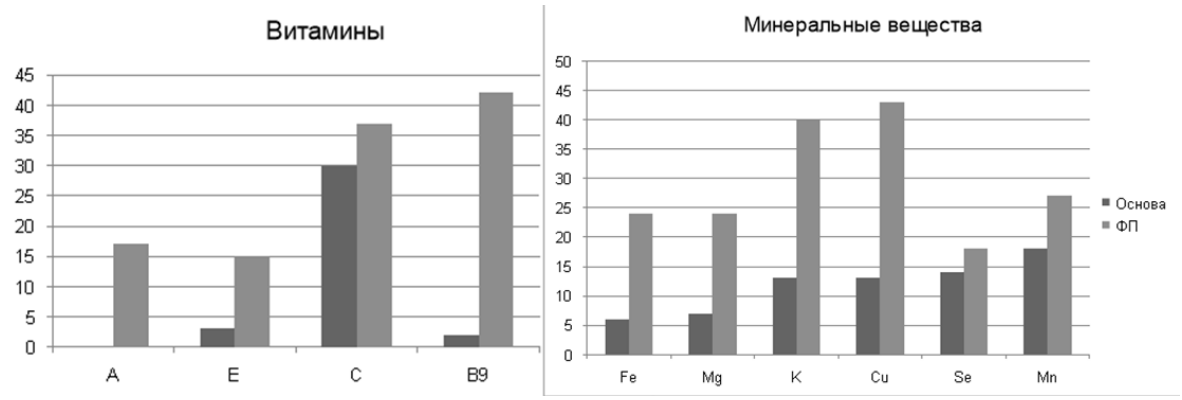


Рисунок 2 – Сравнение химического состава оригинальной рецептуры
и полученного продукта

В результате исследования была разработана технологическая схема производства функционального продукта, включающая процессы приготовления и формования изделия, обладающего антистрессовой направленностью (рисунок 3).



Рисунок 3 –
Технологическая схема производства функционального продукта

Для увеличения срока годности в продукт будет вводиться аскорбиновая кислота в количестве 0,04 грамма на порцию 75 грамм.

Таким образом, разработанный функциональный продукт, обладает антистрессовой направленностью и может быть использован для детей младшего школьного возраста.

Список использованных источников

1 Скурихин И. М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна ; НИИ питания РАМН. – Москва : ДеЛи принт, 2002 - 236 с. – Текст : непосредственный.

2 ますやま 繊細な日本の伝統。人気の「和菓子」の歴史と特徴 & お取り寄せしたいこだわり作品 / ますやま. URL: https://www.creema.jp/blog /1072/detail (дата обращения: 09.11.2020).

Научный руководитель: Неверов В. Ю., кандидат биологических наук, доцент.

УДК 665.1.09:664.33

КАЧЕСТВО ЖИРОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ КАК ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВА БЕЗОПАСНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Волотько Ю. С.,
Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Производство безопасных продуктов питания, в том числе кондитерских изделий, основано на использовании только качественных ингредиентов, прошедших контроль на всех этапах технологического процесса. Кондитерская отрасль применяет продукты масложировой промышленности очень активно, так как жировой компонент в рецептурах кондитерских изделий является во многом структурообразующим и формирует потребительские свойства готовой продукции.

Широкое применение пальмового масла в производстве жировых ингредиентов для кондитерских изделий привела к тому, что среди его конкурентов на рынке растительного масла появились негативно окрашенные заявления о проблемах при использовании этого сырья в социальных, медицинских, экономических и экологических сферах.

Однако, по данным диетологов, пальмовое масло характеризуется сбалансированным жирнокислотным составом, так как содержит практически равное количество насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Фактически, пальмовое масло имеет поведенческие характеристики мононенасыщенных масел [1-2].

Помимо того, что пальмовое масло является источником энергии, оно также имеет высокое содержание витамина А по сравнению с другими источниками питания (таблица 1). Содержание витамина А в красном пальмовом масле намного выше, чем в других продуктах, признанных источниками витамина А - апельсинах, моркови, бананах.

Таблица 1

Уровень витамина А в маслах и других продуктах питания

Наименование продукта	**Уровень ретинола, мкг/100 г продукта**
Апельсин	21
Банан	50
Томат	130
Морковь	400
Красное пальмовое масло (рафинированное)	5000
Сырое пальмовое масло (CPO)	6700

Преимущества содержания витамина А в пальмовом масле для здоровья человека были доказаны с помощью многочисленных медицинских исследований [3]. Они включают профилактику дефицита витамина А, профилактику и лечение слепоты и восстановление иммунной системы организма, помощь в борьбе со свободными радикалами, повышение иммунитета и снижение уровня холестерина [4,5].

Витамин Е является питательным веществом, необходимым для здоровья. Он имеет преимущества в качестве антиоксиданта, антивозрастного агента, для здоровья кожи и фертильности, способен предотвращать атеросклероз, является противораковым и может усиливать иммунные функции [4]. Витамин Е не может вырабатываться организмом человека и поэтому может быть получен только из пищевых источников. Пальмовое масло является самым богатым витамином Е по сравнению с другими растительными маслами (таблица 2).

Таблица 2

Содержание витамина Е в растительных маслах

Наименование продукта	**Содержание витамина Е, ppm**
Пальмовое масло	1172
Соевое масло	958
Кукурузное масло	782
Хлопковое масло	776
Подсолнечное масло	546
Арахисовое масло	367
Оливковое масло	51
Кокосовое масло	36

Усилия по сбору витамина Е из пальмового масла долгое время развивались в фармацевтической промышленности посредством процесса экстракции и позже производились в виде капсул витамина Е. Поэтому плантации масличных пальм можно назвать «биологическими фабриками» витамина Е. В будущем, помимо того, что Индонезия является крупнейшим в мире производителем пальмового масла, она может стать крупнейшим экспортером витамина Е.

Таким образом, пальмовое масло является безопасным и ценным компонентом для создания жировых ингредиентов с целью применения в кондитерской отрасли.

Список использованных источников

1. Влияние пищевых волокон на качество кексов / Е. В. Коновалова, И. Б. Красина, Н. А. Тарасенко, З. А. Баранова. - Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2013. - № 4 (334). - С. 119-120.

2. Тарасенко Н. А. Питание как фактор профилактики сахарного диабета / Н. А. Тарасенко, З. А. Баранова. - Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2013. - № 4 (334). - С. 149-150.

3. Куракина А. Н. Исследование реологических свойств жевательных конфет, приготовленных на изомальтулозе/ А. Н. Куракина, И. Б. Красина, З. А. Баранова. - Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2014. - № 1 (337). - С. 66-70.

4. Баранова З. А. Влияние вида жира на качественные характеристики жировой глазури / З. А. Баранова, И. Б. Красина, П. С. Красин. - Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2015. - № 5-6 (347-348). - С. 36-39.

5. Баранова З. А. Структурно-механические свойства кондитерских глазурей на основе заменителей масла какао / З. А. Баранова, И. Б. Красина, Н. А. Тарасенко, Е. Н. Васильева. - Текст непосредственный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2019. - № 2-3 (368-369). - С. 82-85.

Научный руководитель: Баранова Е. И., кандидат химических наук, доцент.

УДК 347.7.615.322(043.2)

АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ ПО БИОДОСТУПНОСТИ ПОЛИФЕНОЛОВ

Воронова Е. В.,
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Фармакологическая эффективность биологически активных соединений в составе пищевых продуктов растительного происхождения подтверждена многочисленными исследованиями. Прежде всего это относится к полифенолам, обладающим различной биологической активностью (антиоксидантная, противовоспалительная, антиаллергенная, противовирусная, противораковая, антимикробная, антимутагенная, кардиозащитная и др.). Основным недостатком полифенолов является их ограниченная биодоступность, обусловленная низкой растворимостью в воде, нестабильностью к изменению физиологической среды, ограниченной проницаемостью мембраны, низким коэффициентом переноса через слизистую оболочку кишечника, предрасположенностью к быстрой метаболической трансформации и т. д. [1].

На сайте Федеральной службы по интеллектуальной собственности РФ проведен поиск патентов, связанных с повышением биодоступности полифенолов. Выявлено, что значительная доля изобретений относятся к фармацевтической промышленности для повышения биодоступности лекарственных препаратов. Найдены патенты в области сельского хозяйства и химической промышленности. В небольшом количестве найдены изобретения, относящиеся к пищевой промышленности (таблица).

Таблица

Примеры действующих патентов по повышению биодоступности веществ, относящихся к различным отраслям народного хозяйства

Номер и дата начала отсчета срока действия	**Название**	**Авторы / Патентообладатель**
Фармацевтическая промышленность		
RU 2734245 C1 23.02.2020	Способ повышения антибактериальной активности фурацилина in vitro	Грехнева Е.В., Кудрявцева Т.Н., Климова Л.Г., Ефанов С.А. / ФГБОУ ВО «Курский государственный университет»
RU 2707 558 C1 09.01.2019	Способ микрокапсуляции нуклеината натрия	Сеин О.Б., Кролевец А.А., Сеин Д.О., Черников Д.П. ФГБОУ ВО «Курская гос. сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова»
RU 2351 352 C2 09.04.2007	Твердая нанокомпозиция для доставки биологически активных веществ*	Пожарицкая О.Н., Уракова И.Н., Шиков А.Н., Макаров В.Г., Макарова М.Н., Тихонов В.П. / ЗАО «Санкт-Петербургский институт фармации»
RU 2670 276 C2 04.08.2015	Пленочное покрытие препаративных форм, содержащих биологически активные вещества, суспензия для его формирования и способ его нанесения	Сарвалов М.С., Кудряшов Н.В. / ООО «Внешторг Фарма»
RU 2391 976 C2 18.10.2007	Фармацевтический состав в виде микроинкапсулированных поликомпонентных частиц из n-карбамоил-метил-4-фенил-2-пирролидона и вспомогательного нейтраль-ного органического низкомолекулярного компонента и способ его микрокапсулирования	Комаров В.С. / ОАО «Валента Фармацевтика»

Номер и дата начала отсчета срока действия	Название	Авторы / Патентообладатель
RU 2556 652 C1 24.12.2013	Способ инкапсуляции унаби*	Кролевец А.А., Дубцова Г.Н., Богачев И.А., Дедова И.А.
RU 2546516 C2 08.07.2013	Способ получения микрокапсул лекарственных препаратов группы пенициллинов в каппа-карагинане	Быковская Е.Е., Кролевец А.А., Милюкина М.Г.
Сельское хозяйство		
RU 2650645 C1 21.02.2017	Способ получения микрокапсул с бифидобактериями*	Вобликова Т.В., Иванов В.В., Просеков А.Ю., Зайка Я.Н. / ООО «БИОМИЛКЮГ»
RU 2537173 C1 24.05.2013	Способ получения микрокапсул гетероциклических соединений триазинового ряда	Быковская Е.Е., Кролевец А.А.
Химическая промышленность		
RU 2544166 C2 14.05.2013	Способ получения микрокапсул оксида цинка	Кролевец А.А., Богачев И.А.
Пищевая промышленность		
RU 2557939 C2 05.07.2013	Способ получения микрокапсул ароматизаторов «вишня» и «томат», обладающих супрамолекулярными свойствами	Кролевец А.А.
RU 2662 291 C1 30.11.2017	Гемосодержащий мармелад	Кудряшов Н.В., Груданов И.С. ООО «ОКТАВА ХОЛДИНГ»
Примечание: * – изобретение также относится и к пищевой промышленности		

Таким образом, наличие патентов, касающихся повышения биодоступности различных веществ, свидетельствует о присутствии интереса к данному направлению. При этом значительная часть изобретений относится к фармацевтической промышленности, что связано с особой актуальностью вопроса повышения эффективности лекарственных веществ. Однако перечень зарегистрированных в РФ патентов по повышению биодоступности полифенолов для их применения в производстве продуктов питания с целью повышения биологической ценности последних, недостаточен. В то время как биологическая роль широко представленных в растительных продуктах полифенолов доказана многократными и многолетними исследованиями.

Следует отметить, что А.А. Кролевец и др. (его соавторы) занимаются исследованиями в области пищевой промышленности и имеют

несколько действующих патентов, в которых зарегистрированы некоторые способы получения микрокапсул различных веществ, в том числе относящихся к полифенолам.

Так, в патенте RU 2 552 325 C2 описан способ получения микрокапсул антиоксидантов: витамина A, C, E, Q10, элеутерококка, экстракта зеленого чая или экстракта женьшеня. Способ заключается в том, что в качестве оболочки микрокапсул используют каррагинан, при этом определенное количество антиоксидантов растворяют в диметилсульфоксиде и диспергируют полученную смесь в суспензию каррагинана в бутаноле, содержащую каррагинан в присутствии E472c, затем перемешивают при определенных условиях, после приливают бензол и воду, после чего полученную суспензию отфильтровывают и сушат при комнатной температуре. Данный способ обеспечивает упрощение и ускорение процесса получения микрокапсул, уменьшение потерь при их получении, увеличение выхода по массе [2].

В патенте RU 2 560 664 C2 приведен способ получения микрокапсул антиоксиданта (кверцетина) с оболочкой из альгината натрия. Кверцетин растворяют в метилкарбиноле и диспергируют полученную смесь в раствор альгината натрия в ацетоне в присутствии препарата E472c при перемешивании, затем приливают карбинол и воду, полученную суспензию микрокапсул отфильтровывают и сушат. Изобретение обеспечивает упрощение и ускорение процесса получения микрокапсул кверцетина с увеличением выхода по массе [3].

В патенте RU 2 555 472 C2 описан способ инкапсуляции – получение микрокапсул витаминов A, C, E или Q10 в оболочке из высокоэтерифицированного или низкоэтерифицированного яблочного или цитрусового пектина: к суспензиям пектинов в этаноле прибавляют препарата E472c и перемешивают. Затем суспензию витамина в диметилсульфоксиде добавляют к суспензии пектина в этаноле, приливают бензол и дистиллированную воду. Полученную суспензию микрокапсул отфильтровывают и сушат. Процесс получения микрокапсул осуществляется при 25°C в течение 15 мин. Изобретение обеспечивает упрощение и ускорение процесса получения микрокапсул, уменьшение потерь при их получении (увеличение выхода по массе) [4].

Полученные в описанных патентах микрокапсулы предназначены для использования в качестве перспективного наноингредиента пищевых продуктов функционального назначения.

Таким образом, в результате изучения изобретений российских авторов нами выявлены такой способ повышения биодоступности полифенолов как микрокапсулирование с использованием в качестве оболочки микрокапсул следующих веществ: каррагинан, альгинат натрия и высокоэтерифицированный или низкоэтерифицированный яблочный или цитрусовый пектин.

Список использованных источников

1. Grgić J. Role of the Encapsulation in Bioavailability of Phenolic Compounds / J. Grgić, G. Šelo, M. Planinić, M. Tišma, A. Bucić-Kojić. – Direct text // Antioxidants. - 2020. - Vol. 9. - P. 923.

2. Патент 2552325 Российская Федерация, МПК A61K 36/185 A61K 47/36 A61K 9/50 A61J 3/07. 2.Способ получения микрокапсул антиоксидантов : № 2013131625/15 : заявл. 09.07.2013 : опубл. 10.06.2015 / Кролевец А. А.,Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л. ; патентообладатель Кролевец А. А., Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л.–Текст: непосредственный.

3. Патент 2560664 Российская Федерация, МПК A61K 31/352 A61K 9/50 A61K 47/36 A61J 3/07 B01J 13/02.3. Способ получения микрокапсул антиоксидантов с оболочкой из альгината натрия : № 2013131724/15 : заявл. 09.07.2013 : опубл. 20.08.2015 / Кролевец А. А., Быковская Е. Е., Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л. ; патентообладатель Кролевец А. А., Быковская Е. Е., Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л. – Текст: непосредственный.

4. Патент 2555472 Российская Федерация, МПК A61K 31/07 A61K 31/355 A61K 31/375 A61K 31/122 A61K 47/36 A61K 9/50 A61J 3/07 B01J 13/02. Способ получения микрокапсул антиоксидантов в пектине : № 2013141699/15 : заявл. 10.09.2013 : опубл. 10.07.2015 / Кролевец А. А., Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л. ; патентообладатель Кролевец А. А., Тырсин Ю. А., Воронцова М. Л. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Школьникова М.Н., доктор технических наук, профессор

УДК 641.11

РАЗРАБОТКА ПИЩЕВОГО ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ УРОЛОГИЧЕСКИХ ПАТОЛОГИЙ

Галиахметова А. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Тюменская область обладает континентальным климатом. Длинная холодная зима и весенние и осенние заморозки могут являться причиной переохлаждений, что может привести к заболеваниям мочеполовой системы, так как органы этой системы подвержены воздействию низких температур. Наблюдается тенденция роста заболеваний, представленная на рисунке 1 [1].

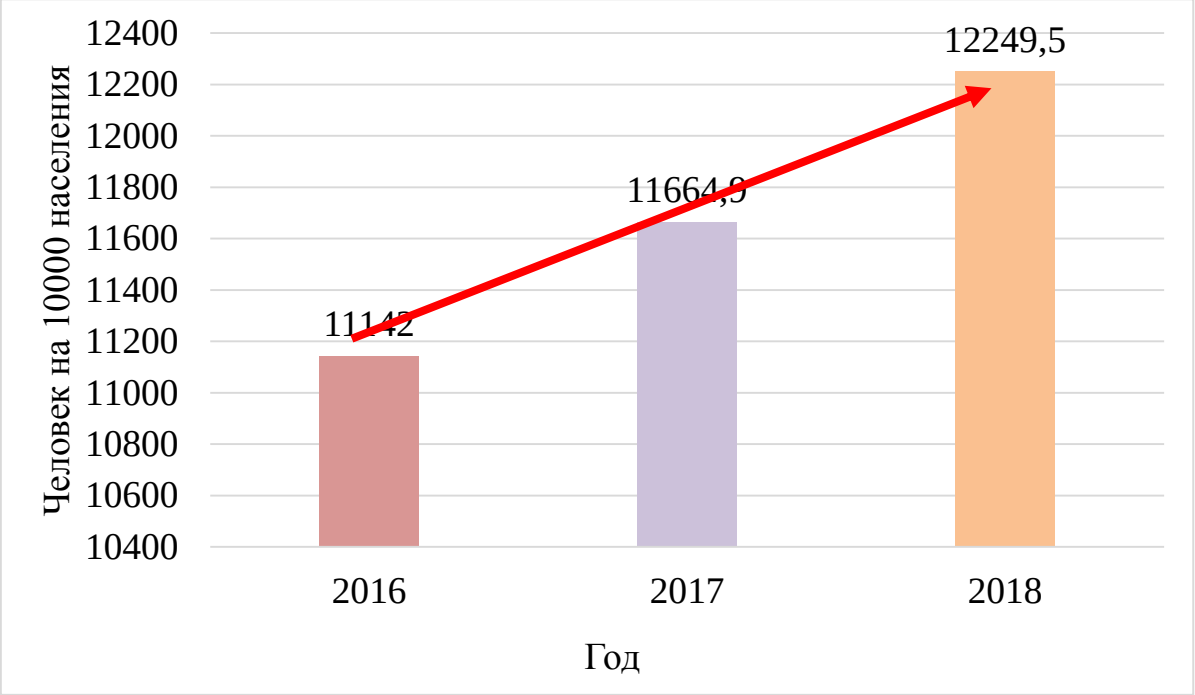


Рисунок 1 –
Тенденция роста заболеваний мочеполовой системы

Одним из решений проблемы является введение в рацион питания функционального продукта, направленного на профилактику заболеваний мочеполовой системы.

Для разработки функционального комплекса были взяты такие ингредиенты, как ягоды клюквы, ягоды брусники, лист брусники, лист толокнянки, шалфей, имбирь, лецитин. Они обладают противовоспалительными, мочегонными и дезинфицирующими свойствами, нормализуют работу мочеполовой системы.

Был разработан модельный ряд рецептур, из которого была выбрана рецептура 2, так как она обладает наилучшими органолептическими свойствами и консистенцией.

Технология приготовления функционального продукта осуществляется в 2 этапа.

1 этап – приготовление функционального комплекса. Листья толокнянки, шалфея и брусники экстрагируют с добавлением лецитина с дальнейшим высушиванием, соединяют с сублимированными ягодами клюквы и брусники и молотым имбирем, фасуют по 15 г.

2 этап – введение функционального комплекса в малиновую начинку. Сахар, пектин и функциональный комплекс смешивают и вводят в малину и сахар, предварительно доведенные до кипения.

Химический состав функциональной начинки представлен в таблице 1 [2, 3].

Таблица 1

Химический состав функциональной начинки

Нутриенты	Продукт	Функц. комплекс	Всего	Суточная норма	% от суточной нормы
Содержание, %	50,00	15,00	65,00	-	-
Витамины					
Бета-каротин	0,06	0,08	0,14	5,00	2,79
Витамин Е	0,18	1,03	1,21	15,00	8,07
Витамин С	7,50	17,77	25,27	90,00	28,08
Витамин В6	0,02	0,08	0,10	2,00	4,96
Минеральные вещества					
К	68,85	315,96	384,81	2500,00	17,39
Mg	6,74	16,10	22,84	400,00	5,71
Mn	0,06	0,24	0,31	2,00	15,38
Fe	0,44	0,81	1,24	18,00	6,91

Разработанная начинка будет являться функциональным, так как содержит в себе более 15 % суточной нормы потребления таких нутриентов, как витамин С, калий, марганец, и, соответственно, благоприятно влияет на организм человека.

Таким образом, нами была разработана функциональная начинка, которая оказывает профилактику заболеваний мочеполовой системы.

Список использованных источников

1. Итоговый отчет по мониторингу и прогнозированию кадровых потребностей Тюменской области (без автономных округов) за 2020 год и на перспективу 2021-2025 годов. – Текст : непосредственный // Департамент труда и занятости населения Тюменской области. – Тюмень, 2020. – 113 с.

2. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации: – Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с. – Текст : непосредственный.

3. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / РАМН ; редактор И. М. Скурихин. – Москва : ДеЛипринт, 2002. – 236 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Тригуб В. В., кандидат биологических наук, доцент

УДК 664.66

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Герасимова А. В.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

На современном этапе развития общества обеспечение продовольственной безопасности страны становится ключевой проблемой глобального характера. Правительством Российской Федерации в 2020 году была принята Доктрина, в рамках которой государство обязалось обеспечить население страны продуктами питания, соответствующими определенным требованиям, и довести удельные показатели потребления продуктов питания до уровня рациональных норм [3].

В Доктрине продовольственная безопасность определяется как продовольственная независимость РФ, гарантия экономической и физической доступности для каждого гражданина страны пищевой продукции, соответствующей обязательным требованиям. Данная продукция должна быть доступна в объемах не меньше рациональных норм потребления, необходимых для ведения здорового образа жизни.

Наряду с физической и экономической доступностью продовольствия важную роль играет безопасность питания. Качество сырья и готовых пищевых продуктов должно соответствовать установленным требованиям и гарантировать безвредность для человека.

Обеспечение безопасности пищевых продуктов – важнейшее направление исследований, которое имеет ключевое значение в сохранении здоровья нации.

Хлебобулочные изделия являются категорией товаров, играющей большую роль в обеспечении питания населения. Такие изделия являются незаменимой частью ежедневного рациона питания большинства людей в нашей стране, поэтому гарантия их безопасности является обязательной.

По физико-химическим показателям в хлебобулочных изделиях нормируются показатели влажности и кислотности, являющиеся наиболее важными определителями качества продукта.

По анализам определения влажности некоторых образцов хлебобулочных изделий, реализуемых в городе Тюмени, выяснилось, что она составляет от 31 до 42%. Показатели титруемой кислотности оказались равны 7-8 градусов [2].

Согласно нормативным документам, влажность хлебобулочных изделий из различных видов и сортов муки не должна превышать 51%, а кислотность не должна быть более 12 градусов [1].

По СанПиН 2.3.2-1078.01 к показателям безопасности хлебобулоч-

ных изделий относятся токсичные элементы, а для изделий с начинками дополнительно нормируются микробиологические показатели.

Микробиологическая порча хлеба может развиваться в случае несоблюдения условий хранения или транспортировки. Многие микроорганизмы быстро размножаются при повышенной влажности, повышенной температуре и низкой кислотности готовых изделий.

К токсическим элементам, содержание которых подлежит гигиеническому контролю в пищевых продуктах, относятся тяжелые металлы, а именно свинец, ртуть, кадмий и мышьяк. Они способны накапливаться в организме и обладают высокой токсичностью, оказывая негативное влияние на организм человека, приводя к нарушениям в нормальной его работе, а иногда и к тяжелым заболеваниям.

Согласно ТР ТС 021/2011 содержания их нормируются в зависимости от вида продукции.

Таблица 1

Содержание токсичных элементов в хлебе, булочных и сдобных изделиях

Показатели	**Допустимые уровни, мг/кг, не более**
Свинец	0,35
Мышьяк	0,15
Кадмий	0,07
Ртуть	0,015

По данным исследований Роспотребнадзора за 2020 год было обнаружено, что по содержанию загрязнителей химической природы, таких как токсичные элементы, пестициды, микотоксины, удельный вес проб хлебобулочных изделий, которые не соответствуют гигиеническим нормативам, составил 0,03%, что на 0,06% ниже, чем за 2019 год.

По физико-химическим показателям, характеризующим качество продукции, а именно влажности, консистенции и кислотности, заявленным требованиям не соответствовали 2,04% проб (2,56% в 2019 году) [6].

Это свидетельствует о том, что почти все хлебобулочные изделия, выпускаемые в реализацию, безопасны для употребления в пищу человеком, а качество их ежегодно улучшается.

В процессе выпечки хлебобулочных изделий образуется химическое вещество – акриламид. По анализам Всемирной Организации Здравоохранения допустимая доза поступления акриламида в организм человека в сутки составляет 1 мкг на 1 кг массы тела. При повышенных потреблениях этого вещества, а именно более 4 мкг, организм человека подвергается риску.

По данным последних исследований содержание акриламида в хлебобулочных изделиях находится в пределах от 70 до 430 мкг/кг в зависи-

мости от вида муки, способа и времени кулинарной обработки. В корке ржаного хлеба показатель может достигать 4640 мкг/кг [4].

Акриламид изначально не содержится в сырье, а синтезируется при кулинарной обработке. Он вырабатывается при термическом воздействии на пищу в результате реакции Майяра, которая происходит между аминокислотами и углеводами (сахарами) при повышенных температурах (120° С), впоследствии этого образуются темноокрашенные продукты [5].

Регулярное его потребление сверх установленных норм может оказать негативное влияние на нервную систему, а также вызывать развитие онкологических заболеваний [4].

Обеспечение населения безопасными продуктами питания играет большую роль в поддержании здоровья нации, так как оно на 52-55% зависит от социально-экономических условий, в числе которых находится и питание. По этой причине в политике продовольственной безопасности вопросу безопасности пищевых продуктов уделяется наибольшее внимание.

В целом, анализ материалов по безопасности хлебобулочных изделий на российском рынке выявил незначительный показатель нарушений в соблюдении основных гигиенических нормативов.

Список использованных источников

1. ГОСТ 2077-84. Хлеб ржаной, ржано-пшеничный и пшенично-ржаной. Технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.09.84 № 3439 : введен впервые : дата введения 1986-01-01 / разработан и внесен Министерством хлебопродуктов СССР. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 6 с. – Текст : непосредственный.

2. Бойко О. В. Оценка качества и безопасности состава зерномучных товаров в г. Тюмени / О. В. Бойко. – Текст : непосредственный // Продовольственная безопасность : материалы международного конкурса научно-исследовательских проектов молодежи. – Тюмень, 2019. – С. 36-38.

3. Воробьева В. В. Проблемы обеспечения продовольственной безопасности России в условиях пандемии / В. В. Воробьева, С. П. Воробьев, О. В. Титова. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайской академии экономики и права. - 2020. – № 9-1. – URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=1299 (дата обращения: 15.10.2021).

4. Нилова Л. П. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: акриламид / Л. П. Нилова, С. М. Малютенкова, А. А. Вытовтов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-bezopasnosti-hlebobulochnyh-izdeliy-akrilamid/viewer (дата обращения: 16.10.2021)

5. Правильное питание для похудения в домашних условиях и диеты : [сайт] – URL: https://onedieta.ru/health/akrilamid.html (дата обращения: 16.10.2021). – Текст : электронный.

6. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека : [сайт]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/ (дата обращения: 16.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Тригуб В. В., кандидат биологических наук, доцент

УДК 615.322

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦНС

Замиралова П. В.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Значение микроэлементов в питании населения доказана, некоторые из них участвуя в метаболизме выполняют важные физиологические функции в организме, например кобальт и железо. Эти элементы относятся к d-элементам VIII группы, к тяжелым металлам. В небольших концентрациях они оказывают положительное действие на организм, поддерживают нормальный рост, развитие и жизнедеятельность. В большом количестве тяжелые металлы увеличивают риск развития патологий и заболеваний.

Кобальт участвуют в обменных процессах, способствует синтезу углеводов, витаминов и белков, оказывает влияние на кроветворение [1]. В организме человека он связан с белками и аминокислотами. Этот элемент входит в состав витамина B_{12} (цианокобаламина), содержащего его в концентрации – 4,5%. В организме взрослого человека он присутствует в небольших количествах, концентрируется в печени, щитовидной железе, надпочечниках, почках, лимфатических узлах, поджелудочной железе. Дефицит этого микроэлемента приводит к таким заболеваниям как пернициозная анемия, мегалобластная анемия. Человек получает кобальт только из пищевых источников. Основными источниками кобальта в продуктах питания являются фасоль и зеленый горошек, печень трески, морепродукты и жирные сорта рыб, свекла, молоко, сыры.

Избыток кобальта вызывает нарушение работы органов опорно-двигательного аппарата, центральной нервной системы, ослабление сер-

дечной мышцы. Передозировка наступает, если суточная доза микроэлемента больше 250 – 350 мкг/кг. Причинами увеличения концентрации вещества в организме могут быть: неправильное применение лекарственных средств, содержащих кобальт в своем составе, плохие трудовые условия (химическая промышленность), увеличенное применение препаратов, содержащих витамин B_{12}. На избыток кобальта указывают такие симптомы как легочный отек, кровотечение, повышенное артериальное давление, сбой в работе щитовидной железы [2]. Выведению микроэлемента из организма способствуют ягоды, овощи, фрукты, содержащие пектин, чеснок, кинза, настой шиповника.

Железо относится к жизненно необходимым микроэлементом, оказывающим влияние на уровень жизненной энергии, концентрацию внимания, процессы в ЖКТ, участвует в иммунной регуляции температуры тела. Являясь важными компонентом гемоглобина, железо разносится по всему организму с помощью эритроцитов. Достаточное потребление железа особенно важно в период беременности, когда понижается гемоглобин, повышается объем крови и выработка эритроцитов. Дефицит микроэлемента может привести к ранним родам, низкому весу ребенка после рождения. Источниками железа среди продуктов питания являются говяжья печень, язык, мясо кролика, скумбрия, капуста, гречневая крупа.

Суточные нормы железа зависят от физиологических показателей – пол, возраст, наличие хронических заболеваний, беременность, грудное вскармливание. В норме в человеческом организме содержится 4,5-5 г железа. Отклонение в ту или иную сторону приводит к анемии, снижению работоспособности, ослаблению иммунитета [3]. Также, существует синдром перегрузки железом, при котором в организме происходит избыточное накопление ионов железа, которое приводит к повреждению внутренних органов. Клиническая диагностика проводится на фоне симптомов – артралгии, нарушения репродуктивной функции, пигментации кожных покровов. Для лечения назначаются кровопускания и хелатирующие препараты.

Загрязнение биосферы Земли тяжелыми металлами является опасным экологическим фактором. Это обусловлено тем, что данные вещества в высоких концентрациях оказывают прямое токсичное воздействие на организм, а также способны долго накапливаться в тканях (кумулятивный эффект), вызывая различные заболевания – болезни сердечно - сосудистой системы, рак, генетические мутации, дерматоз [4].

Проблема загрязнения, в наши дни, особенно актуальна из-за развития промышленности, разработки новых технологий и современному человеку следует тщательно следить за своим рационом, пить чистую воду, любыми способами сокращать количество токсичных выбросов в атмосферу планеты. От этого зависит благополучие настоящего и будущих поколений.

Список использованных источников

1. Тяжелые металлы и их влияние на организм : [сайт]. – URL : https://www.hotel-aleksander.eu/ru/heavy-metals (дата обращения: 19.10.2021). - Текст : электронный.

2. Влияние кобальта на организм человека : [сайт]. – URL: http://ekobalans.ru/harmful-substances/vliyanie-kobalta-na-organizm-cheloveka (дата обращения: 19.10.2021). - Текст : электронный.

3. Чем опасен избыток железа в организме : [сайт]. – URL : https://m.inter-pharma.ru/chem-opasen-izbytok-zheleza-v-organizme (дата обращения: 19.10.2021). - Текст : электронный.

4. Сердюкова А. Ф. Последствия загрязнения почвы тяжелыми металлами / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 51 (185). — С. 131-135.

Научный руководитель: Тригуб В. В., кандидат биологических наук, доцент

УДК 641.87

ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ МОЛОДЁЖИ

Замиралова П. В.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Напиток – это жидкость, основная цель которой – утоление жажды и восполнение потери воды в организме. Влияние напитка заключается в тонизирующем и очищающем действии. Однако не все приносят пользу здоровью и подходят для очищения. Так, в энергетических напитках содержатся высокоактивный кофеин и адаптогены растительного происхождения обладающие наивысшей фармокологической гиперактивностью. Адаптогены обладают общетонизирующими свойствами, усиливают действие кофеина и высвобождают накопленную организмом энергию. [1]

Гомологи кофеина, содержащиеся в энергетиках, также являются психостимуляторами. Еще один компонент – таурин увеличивает время действия кофеина. В больших количествах таурин приводит к перевозбуждению нервной системы и ее истощению. Глюкоронолактон участвует в клеточном энергообмене, стимулирует центральную нервную систему.

Исследование Грэхема Макгрегора из Queen Mary University of London показало, что содержание сахара в стандартной бутылке энергетического напитка (500 мл) сводится к 78 г, что приблизительно равно 20 чай-

ным ложкам. Это более чем в три раза превосходит суточную норму в 25 г для женщин и 38 г для мужчин.[2] Зафиксированное содержание кофеина варьируется от 218 мг/л до 321 мг/л при рекомендованной Министерством здравоохранения норме потребления – 400 мг в сутки.[3]

Энергетические напитки, в состав которых входят пищевые добавки влияют на расстройство центральной нервной системы, вызывая серьезные отклонения в ее деятельности. Проявляется это раздражительностью, длительной депрессией, бессонницей, повышенной утомляемостью сопровождающейся головной болью, страхами. тревожностью. Такие напитки не подходят для рядового утоления жажды, так как оказывают мощное воздействие на весь организм в целом, влияя на его нормальное функционирование.[4]

Отдельная группа энергетических напитков – энергетики с содержанием этилового спирта (7-7,5%), который, совместно с другими веществами, повышает их токсичность, видоизменяя их физиологическое действие. [5]

Вред сочетания алкоголя и кофеина заключается в том, что кофеин, обеспечивая возбуждающий эффект, маскирует действие спирта, тем самым ослабляя субъективное восприятие количества выпитого алкоголя, следствием чего становится передозировка, проблемы с сердечным ритмом. Кроме того, возможны серьезные психические нарушения, неправильная оценка ситуации, что может привести к рискованному поведению. Алкоголь-кофеиновая смесь крайне негативно сказывается на работе всех органов. Вещества способны проникать через гематоэнцефалический барьер, повышая токсичность друг друга, ускоряя гибель нейронов головного мозга. [5]

Задача энергетических напитков – взбодрить человека, повысить работоспособность. Кроме повышения активности, напиток больше не обладает никаким положительным действием. Это же объясняется и наличием в продукте большого количества пищевых добавок приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Содержание пищевых добавок в энергетических напитках
и их физиологическое влияние на организм

Пищевые добавки в напитке «Бёрн» и их влияние на организм	
Е202 (сорбат калия)	Уничтожение полезной микрофлоры кишечника, синтетическое происхождение
Е331 (цитрат натрия)	Потеря аппетита, невралгия, отек слизистой оболочки верхних дыхательных путей
Е221 (бензоат натрия)	Не выводится из организма, а постепенно откладывается. Ускоряет процесс старения
Экстракт гуараны	Вызывает сильное привыкание

Окончание таблицы 1

Пищевые добавки в напитке «Адреналин Раш» и их влияние на организм	
Е412 (гуаровая камедь)	При передозировке вызывает тошноту, повышенное газообразование, боли и спазмы ЖКТ
Е340 (фосфат калия)	Образование атеросклеротических бляшек, за счет повышения уровня холестерина в крови
Е414 (гуммиарабик)	Продукты, содержащие гуммиарабик не являются натуральными
Е290 (двуокись углерода)	При употреблении алкоголя с двуокисью, опьянение наступает в несколько раз быстрее

Пищевые добавки, добавляемые в энергетические напитки, регламентированы санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.3.2.2795-10 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». Несмотря на нормативы, энергетики наносят непоправимый вред здоровью человека.

Пить или не пить энергетические напитки, отвечая на данный вопрос следует делать выбор в пользу здорового образа жизни.

Список использованных источников

1. Вред энергетических напитков. - Текст: электронный // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области : официальный сайт. 2020. – URL : http://42.rospotrebnadzor.ru/ob-upravlenii (дата обращения : 23.10.2021).

2. Сахар в энергетических напитках. - Текст: электронный // Рамблер : женский.– URL : http://woman.rambler.ru/cooking/38702407-v-odnoy-banke-energetika-obnaruzhili-20-chaynyh-lozhek-sahara/ (дата обращения : 23.10.2021).

3. Неотложные состояния: диагностика, тактика, лечение: справочник для врачей / А. А. Баешко ; сост. Г. А. Шершень. – Минск : Беларусь, 2013. - 518 с. – Текст : непосредственный.

4. Энергетический напиток. - Текст: электронный // Википедия. – URL : http://ru.wikipedia.org/wiki5. (дата обращения: 23.10.2021).

5. Отравления энергетическими напитками - Текст: электронный. – URL : http://medsestrajournal.ru/sites/default/files/ (дата обращения: 23.10.2021).

Научный руководитель: Мозжерина И. В. кандидат технических наук, доцент

УДК 628.31

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЦЕХА ПРОИЗВОДСТВА МАРМЕЛАДА

Зайцева А. Д., Азопков С. В., Рублева С. А., Гурченкова Л. А.,
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,
г. Москва

Рост и развитие пищевой промышленности диктует необходимость в поиске новых методов производства пищевых продуктов. В связи с эти происходит увеличение не только потребностей и объемов производства, но увеличение негативного воздействия на окружающую природную среду.

Сточные воды пищевой промышленности являются сложными многокомпонентными смесями, которые включают в себя растворенные вещества (сахара, соли), эмульгированные жиры и масла, дисперсные частицы (мука, крахмал, и пр.) и характеризующиеся ярко выраженной неравномерностью поступления на очистные сооружения.

Основным методом предочистки сточных вод, образующихся на различных производствах, является физико-химическая обработка и как частный случай реагентная обработка воды (коагуляция/флокуляция в сочетании с флотацией/отстаиванием).

Обычно для интенсификации процессов осаждения дисперсных частиц применяют коагулянты на основе соединений алюминия или железа [1-3], однако каждый отдельный случай применения подобных реагентов требует обязательной лабораторной оценки с целью оптимизации расхода реагентов.

Основной целью данной работы является оценка возможности очистки сточных вод мармеладного производства с использованием оксихлорида алюминия.

В качестве объекта исследования выбрана сточная вода цеха производства мармеладных шариков одного из предприятий Московской области. Лабораторную коагуляцию проводили на портативном флокуляторе VELP 4. Время быстрого перемешивания – 2 минуты, хлопьеобразование – 8 минут, осаждение – 30 минут. Определение содержания взвешенных веществ проводили гравиметрическим методом, а показатель химического потребления кислорода (далее ХПК) определяли арбитражным методом с бихроматом калия.

На первом этапе экспериментов был исследован состав сточных вод, а также приведены данные по нормативным показателям, допускающим сброс сточных вод в городскую канализационную сеть. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходный состав сточной воды

Показатель	Ед. измерения	Значение показателя	Норматив сброса в канализацию
Взвешенные вещества	мг/л	3160,0	300
Водородный показатель (pH)	-	6,3	6,0-9,0
ХПК	Мл(О)/л	21200,0	500

Из данных таблицы 1 видно, что показатель ХПК превышает установленный норматив более чем в 40 раз, а содержание взвешенных веществ превышено в 10,5 раз.

На графиках (рисунок 1) представлены данные по влиянию дозы коагулянта на эффективность удаления взвешенных веществ (слева) и снижение показателя ХПК (справа).

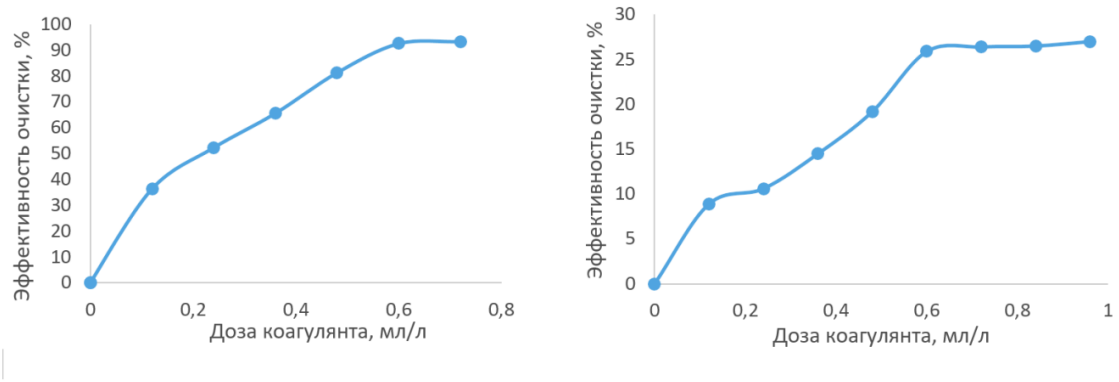


Рисунок 1 - Эффективность очистки сточных вод производства мармелада

Из данных графиков на рис. 1 видно, что оптимальной дозой оксихлорида является 0,7 мл/л очищаемого стока, что эквивалентно 210 мг (Al_2O_3)/л. Эффективность снижения показателя ХПК составила порядка 26 %, а снижение содержания взвешенных веществ превысило 90 %.

Данные по остаточному содержанию загрязняющих веществ в воде, прошедшей стадию коагуляционной очистки (в сочетании с применение катионного флокулянта) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры воды после коагуляционной обработки

Показатель	**Ед. измерения**	**Значение показателя**		**Эффективность очистки, %**	**Норматив сброса в канализацию**
		До очистки	После очистки		
Взвешенные вещества	мг/л	3160,0	210	93,4	300
Водородный показатель (pH)	-	6,3	6,49	-	6,0 – 9,0
ХПК	мг(О)/л	21200,0	15600	26,4	500

Из данных таблицы 2 видно, что несмотря на высокую эффективность очистки от взвешенных веществ, значение показателя ХПК снизилось незначительно, что в первую очередь говорит о том, что большая часть органических соединений находится в хорошо растворимой форме и, вероятно, представлена углеводами и пектинами.

На основании полученных данных был сделан вывод о высокой перспективности применения коагулянта на основе оксихлорида алюминия для удаления из воды взвешенных веществ. Помимо этого, отмечено, что для достижения нормативов к качеству сбрасываемых сточных вод (в первую очередь по показателю ХПК и связанного с ним показателя БПК) необходима дальнейшая доочистка стоков на городских сооружения глубокой биологической очистки.

Список использованных источников

1. Кузин Е. Н. Оценка эффективности использования комплексных титансодержащих коагулянтов в процессах очистки сточных вод машиностроительного производства / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина. – Текст: непосредственный // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2019. - Т. 62, № 10 - С. 140 – 146.

2. Кузин Е. Н. Титансодержащие коагулянты в процессах очистки хозяйственно-бытовых сточных вод / Е. Н. Кузин - Текст: непосредственный // Вода и экология: проблемы и решения. - 2020.- № 4 (84). - С. 16-23.

3. Coagulants in the Processes of Waste Water Treatment in Dairy Complex Industry / E. N. Kuzin [at al]. - Direct text // Chemistry for sustainable development. - 2020. - Vol. 28. - P. 388-393.

УДК 641.053.2

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ДЕТСКОМ ПИТАНИИ

Зеленская Е. Э., Робканова Ю. С., Рослякова А. О.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

На формирование физиологических функций организма, роста, снабжение его энергией, выработку иммунитета влияет характер питания. Именно поэтому важно в первые годы жизни ребёнка обеспечить его достаточным количеством необходимых для его онтогенеза питательных макро- и микронутриентов, поступающих из пищи. Сбалансированный, здоровый рацион приема пищи положительно влияет на развитие систем организма: нервно-психическую, кровеносную, опорно-двигательную, выделительную, дыхательную, пищеварительную, сердечно-сосудистую и иммунитет.

Питательные вещества, содержащиеся в готовых к употреблению продуктах питания, не всегда усваиваются организмом, либо поступают в небольших количествах, что приводит к их дефициту в организме. Так, в промышленном производстве появились полуфабрикаты, напитки, предназначенные для детей, содержащие пищевые добавки, легкоусвояемые организмом, и имеющие необходимую дозировку. Они обладают высокой биологической ценностью, имеют доказанную эффективность, влияющую на обменные процессы.

Для производства и выпуска такой продукции нужно наличие сертификата о безопасности к их употреблению, качества, соответствия нормативной и технической документации, технологического обоснования действия на организм, государственной регистрации, а также санитарно-эпидемиологического заключения. [1]

Пищевые добавки применяются в рецептурах для изменения технологических свойств и функций продуктов питания, и ограничиваются минимальной концентрацией, обеспечивающей достижение желаемого результата.

Для производства продуктов детского питания разрешено использовать некоторые антиокислители, загустители, ароматизаторы, стабилизаторы и красители.

К разрешённым загустителям, которые при систематическом употреблении в пищу не вызывают изменений в физиологических процессах растущего организма, относят: гуаровая камедь (Е4120); камедь рожкового дерева (Е410); ацетилированный дикрахмаладипат (Е1422); дикрахмал-глицерин (Е1411); ацетилированный дикрахмал-глицерин.

Стабилизаторы в пищевой промышленности применяют для придания продуктам и изделиям нужной формы, текстуры, а также для сохранения полученной консистенции при хранении и транспортировке.

Согласно СанПиН и нормативно-технической документации, регулирующей выработку, перевозку, хранение детских пищевых продуктов, в качестве стабилизаторов разрешено использовать натуральные, с минимальной концентрацией следующие ингредиенты: натрий, калий и кальций гидроксид (Е524, Е526, Е255); уксусная кислота; лецитин (эмульгатор) (Е322); моно и диглицириды (Е471, Е472); антиокислители: а-токоферол (Е307); каррагинан; ванилин, экстракт этилванилин. [2]

Некоторые антиокислители также разрешены в производстве продуктов детского питания, но только в качестве природных соединений. Антиокислители защищают продукт от окисления, например, овощи и фрукты от потемнения. Для детского питания следует использовать обычные природные соединения, такие как витамин С, фосфаты, лактаты, аскорбаты некоторых металлов (калий, натрий, кальций. Так же допустимы альфа-токоферол (Е307), гамма-токоферол (Е308). Нарушают безопасность детского питания фенольные антиокислители. [3]

Так же к пищевым добавкам относятся красители. Существуют натуральные и синтетические красители с целью придания вкуса и цвета. Для детского питания допустимо применение только натуральных красителей, например, бета-каротин (Е160а), рибофлавин (Е101). Они безвредны, но сроки хранения продуктов с данными добавками снижаются. Синтетически красители приводят к аллергической реакции у ребёнка и ряду других проблем, в следствие чего запрещены в качестве пищевой добавки.

Исходя из статьи 17 ТРТС - «Требования к безопасности пищевых добавок, разрешённых для использования при производстве продуктов для детского питания»: для детского питания возможно добавление натуральных пищевых добавок, ароматизаторов, и красителей растительного происхождения.

Список использованных источников

1. Туниева Е. К. К вопросу безопасности пищевых добавок / Е. К. Туниева. – Текст : непосредственный // Все о мясе. - 2015. - № 4. - С. 10-13.

2. Туватова В. Е. Разработка и обоснование технологии пресервов : специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств» : диссертация на соискание степени кандидата технических наук / В. Е. Туватова ; Дальневосточный государственный технический университет. - Владивосток, 2002. - 140 с. – Текст : непосредственный.

3. Фридеманн Н. Органические консерванты нового поколения / Н. Фридеманн. – Текст : непосредственный // Мясная индустрия. - 2011. - № 9. - С. 46-47.

Научный руководитель: Мозжерина И. В., кандидат технических наук, доцент

УДК 631.427.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ВЫСАДКЕ БОБОВЫХ КУЛЬТУР КАК СПОСОБ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Зимнухова А. Е., Зимнухов М. А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время остро стоит вопрос разработки малоотходных и безотходных технологий бурения нефтегазовых скважин, но также остро стоит вопрос ликвидации шламовых амбаров и рекультивации территорий, занятых ими.

Рекультивацию можно разделить на два этапа: технический (инженерно-техническая часть проекта) и биологический. Биологический этап подразделяется на два направления: рекультивация посредством высадки растений и рекультивация с использованием микроорганизмов. Поскольку основные запасы нефти и газа расположены в суровых климатических условиях, а буровые шламы содержат широкий диапазон загрязняющих веществ, рекультивация посредством высадки травосмесей малоэффективна, возможна гибель растений [3]. В связи с этим существует необходимость ввода микроорганизмов в рекультивируемый объект.

Такими микроорганизмами могут выступать солеустойчивые штаммы клубеньковых бактерий. Данный вид бактерий имеет способность связывать неорганический атмосферный азот, который заменяет минеральные удобрения. Это ведёт к повышению ценности почвы, устойчивости растений к неблагоприятным условиям [1].

Целью работы является изучение влияния солей, входящих в состав бурового шлама, на жизнедеятельность штаммов клубеньковых бактерий.

В процессе выполнения работы были подобраны соли в соответствии с химическим составом бурового шлама [2]. Нами было выбрано сульфатно-хлоридное засоление $NaHCO_3$: NaCl: Na_2SO_4 с концентрацией 0,4%, 0,8%, 1,4%. Опыт проводился на двух бобовых культурах: клевере (штаммы 340б, 348а, 1360) и люпине (штаммы 367а, 363а, 375а). Фотография клубеньковых бактерий под микроскопом представлена на рисунке 1.

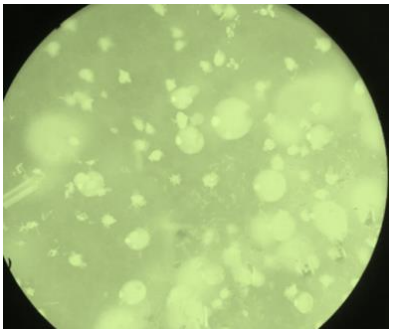


Рисунок 1 – Штамм 1360 под микроскопом

По результатам подсчёта колониеобразующих единиц (КОЕ) были построены графики зависимости выживаемости бактерий от концентрации солей для клевера (рисунок 2) и люпина (рисунок 3).

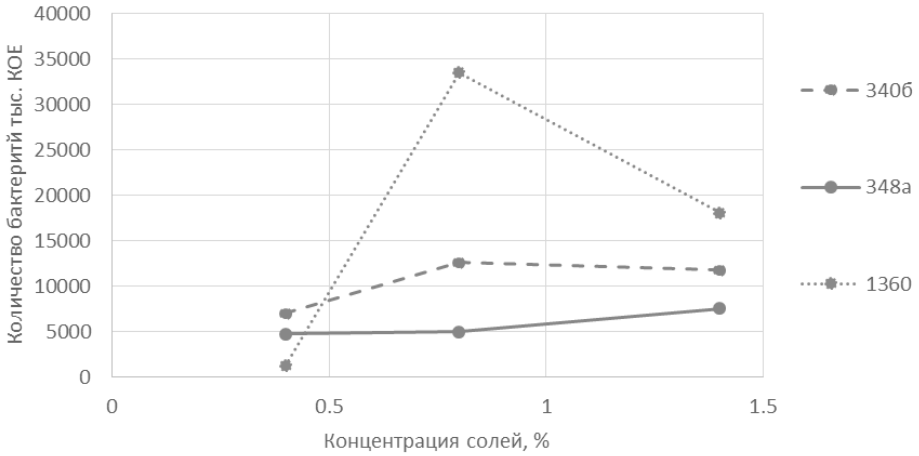


Рисунок 2 – Зависимость КОЕ от концентрации соли (клевер)

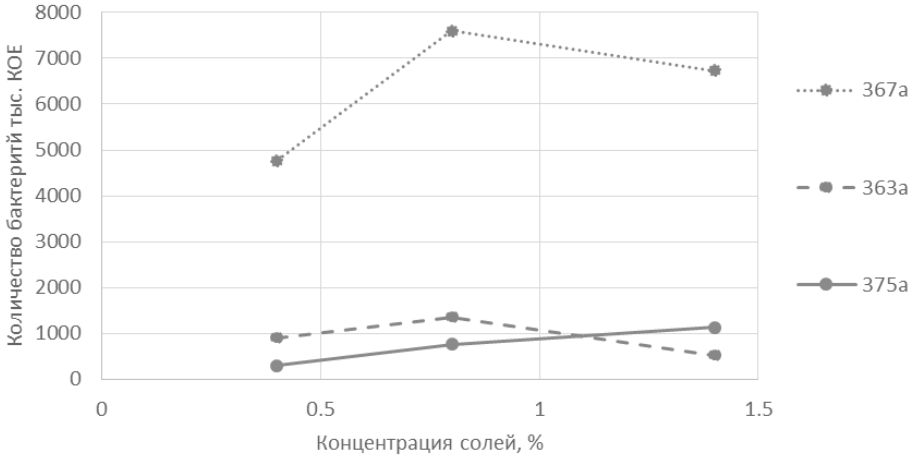


Рисунок 3 – Зависимость КОЕ от концентрации соли (люпин)

В результате проведения опытов установлена наилучшая выживаемость в целом у штаммов для клевера, за исключением штамма 367а для люпина. При меньших концентрациях наилучшая выживаемость у штамма 340б, при более высоких концентрациях – у 1360.

Список использованных источников

1. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев. – Москва : Издательство Московского университета, 1991. – 304 с. – Текст : непосредственный.

2. Плотникова А. Е. Влияние магнитного поля на растворы солей в составе сточных вод буровых шламов севера Тюменской области / А. Е. Плотникова, М. А. Зимнухов, О. Ш. Белявская. – Текст : электронный // Вестник молодёжной науки. – 2019. - № 2 (19). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-magnitnogo-polya-na-rastvory-soley-v-sostave-stochnyh-vod-burovyh-shlamov-severa-tyumenskoy-oblasti/viewer (дата обращения 20.10.2021).

3. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И. М. Гаджиев, В. М. Курачев, Ф. К. Рагим-заде [и др.] – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1992. – 305 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Белявская О. Ш., старший преподаватель

УДК 641.05

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА, ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

Иноятова Л. И.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Создание новых видов продукции, содержащих в физиологически значимых количествах незаменимые минорные нутриенты, является актуальным в комплексе мероприятий по формированию пищевых рационов, обеспечивающих коррекцию микронутриентного дефицита с целью улучшения состояния здоровья потребителя и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний [1].

В повседневном питании человека лидирующее место занимают кондитерские и мучные изделия, богатые углеводами и содержащие незначительное количество витаминов и минеральных веществ.

Исходя из вышеперечисленных проблем, было решено разработать функциональный продукт питания «Медовая икра с клюквой и пергой», способствующий укреплению сердечно-сосудистой системы, имеющий неординарный внешний вид, вкусовые качества и удобный способ употребления меда.

Основным сырьем при изготовлении медовой икры, является мёд. Мёд имеет потенциальную терапевтическую роль в лечении болезней благодаря фитохимическим, противовоспалительным, антимикробным и антиоксидантным свойствам. Флавоноиды и полифенолы, которые действуют как антиоксиданты, являются двумя основными биологически активными молекулами, присутствующими в мёде. [2].

При разработке функционального продукта использованы сублимированная клюква, отвар боярышника, перга, альгинат натрия, лактат кальция и вода.

В ходе исследования обнаружили, что соединения клюквы обладают потенциалом для улучшения микробиоты кишечника, и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Клюква и продукты из нее могут улучшить кровяное давление, кровообращение и уровень липидов в крови.

Эффективность боярышника в успокоительных сборах объясняется его мягким седативным действием, избирательным сосудорасширяющим эффектом, усиливающим снабжение мозга и сердца кислородом, способностью снижать возбудимость нервной системы, улучшать обмен веществ и нормализовать сон. Флавоноиды, входящие в группу фенольных веществ, предохраняют аскорбиновую кислоту от окисления, что говорит о совместимости с сублимированной клюквой, содержащий в себе большое количество витамина С. Комплекс аскорбиновая кислота – биофлавоноиды (витамин Р) положительно влияет на состояние капилляров, повышает выносливость и улучшает работоспособность сердечной мышцы, а также усиливает действие аскорбиновой кислоты. [3]

Перга применяются при лечении сердечно-сосудистых, нервных и психических заболеваний, а также для профилактики атеросклероза, при воспалении мозговых оболочек и расстройствах эндокринной системы. Такие компоненты пчелиной перги, как магний, калий, железо и витамины С, Е, А, Р положительно влияют на работу сердца.

В качестве структурообразователя был использован альгинат натрия (пищевая добавка Е401), который представляет собой соль альгиновой кислоты. В России она разрешена для включения в состав джемов, желе, мармеладов, пудингов, десертов, сливок, диетических продуктов для детей до 3-х лет.

Вспомогательным веществом является раствор из лактат кальция и воды в соотношении 1:10. Лактат кальция Molecularmeal (текстура Calcic - Кальцик) - это кальциевая соль молочной кислоты (кальций молочнокислый). Используется в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки Е327 как регулятор кислотности, влагоудерживающий агент, эмульгирующая соль, синергист антиоксидантов. [4]

Благодаря тому, что функциональный продукт питания «Медовая икра с клюквой и пергой» обогащена клюквой и пергой, растворенной в отваре боярышника, данный продукт можно отнести к функциональным продуктам, так полученный продукт содержит более 15% калия и натрия, восстановленный уровень функционального ингредиента (витамина С) обеспечивает не менее 15 % его средней суточной потребности. Химический состав функционального продукта представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав функционального продукта

Компоненты	**Масса, г**	**Белки, г**	**Жиры, г**	**Углеводы, г**	**К, мг**	**Mg, мг**	**Ca , мг**	**C, мг**
Клюква сублимированная	10	0,3	0,2	3	100,52	9,14	17,03	23,79
Мед	47,8	0,4	0	38,4	25,21	1,43	6,69	0,96
Отвар боярышника	40,0	0	0	2	76,16	5,70	5,27	4,51
Перга	10	2,5	0,7	4,5	216	58	75	14
Альгинат натрия	0,7	0	0	0	0	0	0	0
Масса всего:	100	2,7	0,9	47,9	417,89	74,2	104	43,26
Нормы потребления	x	x	x	x	2500	400	1000	90
% от нормы потребления	x	x	x	x	16,8	18,5	10,4	48

В результате органолептического исследования было выявлено, что функциональный продукт обладает хорошими органолептическими показателями, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Органолептические показатели качества функционального продукта питания «Медовая икра с клюквой и пергой»

Наименование	**Коэффициент весомости**	**Характеристика**	**Оценка качества икры по 5 балльной системе**	**Оценка в баллах с учетом коэффициента весомости**
Внешний вид	0,4	Сферы прозрачные, однородного цвета	5	2
Цвет	0,3	Коричневатый цвет	4	1,2
Запах	0,7	Наблюдается запах клюквы	4	2,8
Вкус	0,8	Ощущается вкус меда и клюквы	5	4
Консистенция	0,6	Икринки упругие. Внутри жидкие	4	2
Всего				12,0

В результате исследования разработан продукт питания «Медовая икра с клюквой и пергой», способствующий профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, имеющий неординарный внешний вид, вкусовые ощущения и удобный способ употребления мёда. При создании функционального продукта питания важная роль отводилась основным составным компонентам разрабатываемого продукта, придающим им функциональную направленность, сочетаемости компонентов, условиям приема продуктов.

Список использованных источников

1. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский, Г. А. Романенко, В. А. Княжев [и др.]. – Новосибирск : Сибирское книжное издательство, 2002. - 344 с. - Текст : непосредственный.

2. Самарганян С. Мед и здоровье: обзор последних клинических исследований / С. Самарганян, Ф. Самини. - Текст : непосредственный // Вестник Мешхедского университет медицинских наук. - 2017. - № 3. – С. 25-29.

3. Некрасова К. Л. Боярышник – перспективный сырьевой источник в производстве комплексных пищевых функциональных систем / К. Л. Некрасова, Л. И. Иноятова – Тюмень: ТИУ. – 2019. - Текст : непосредственный.

4. Пищевые добавки. – Текст : электронный // Добавкам. Нет (все о Е - добавках и составе продуктов). – URL : http://www.dobavkam.net/additives/e401 (дата обращения : 15.09.2020).

Научный руководитель: Неверов В. Ю., кандидат биологических наук, доцент.

УДК 664.1(043.2)

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛАНИНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кадрицкая Е. В.,
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург

На сегодняшний день природные меланины находят все большее применение в пищевой промышленности, благодаря таким свойствам, как: защита от света, хелатирование ионов металлов, антибактериальная и антиоксидантная активность (АОА).

В работе [1] приведены экспериментальные данные по выделению и изучению меланина из грамотрицательной морской бактерии Vibrio alginolyticus. Доказано отсутствие цитотоксичности у образца меланина. Приведены результаты, убедительно доказывающие фотозащитную способность меланина. В эксперименте установлено, что образец меланина менее цитотоксичен, чем образцы продуцируемые *Escherichia coli* или выделенные из растительного сырья. По мнению авторов, это может быть связано с его цитопротекторными свойствами, например, очистка от радикалов и хелатный потенциал. Также выделенный пигмент обладает высокой биоактив-

ностью в отношении пищевых патогенов и может быть использован в пищевой промышленности.

В патенте 2215761 описан способ получения пигмента-красителя из гречневой лузги с выходом красителя 10,0–10, 6%. Авторами показано, что предварительная обработка значительно повышает выход меланина. По мнению авторов, пигмент можно использовать как пищевой краситель, а также как лекарственный препарат в медицине, фармакологии и других отраслях [2].

Ранее авторы доказали возможность использования лузги гречихи посевной для получения функционального пищевого красителя меланина [3]. Экспериментально установлена способность образца меланина связывать ионы меди: один грамм 0,5%-го раствора экстракта меланина гречневой лузги связал 966,6 мг/мл меди, а АОА одного грамма экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина. Таким образом, выделенные из лузги гречихи водорастворимые образцы меланина могут использоваться как пищевые красители, а также как антиоксиданты и биосорбенты, что позволяет рекомендовать их в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе продуктов питания. Высокую АОА продемонстрировал меланина, выделенный из лузги подсолнечника [4].

Известно использование меланина в кондитерских изделиях. Так, пищевой пигмент-краситель был использован в креме из ягод жимолости в количестве 1,5 г на порцию готового десерта, что обеспечивает функциональность продукта и высокие органолептические характеристики. Также крем с испытуемым пищевым пигментом-красителем по сравнению с контрольным образцом (кремом без добавления пищевого пигмента-красителя) имел повышенную АОА (0,15±0,01 против 0,13±0,01 мг кверцетина/г образца) и большее содержание клетчатки (0,565±0,01 против 0,025±0,01 мг%). По утверждению авторов, добавление пищевого пигмента-красителя не только повышает АОА в десерте, но и обогащает его состав клетчаткой [5].

В патенте РФ 2545349 раскрыт способ получения гидролизата из шелухи гречихи, а именно – природного красителя на основе пигмента меланина в качестве замены какао-порошка для кондитерских изделий. По мнению авторов, полученный гидролизат может быть использован в производстве сухих сахаристых и белковых пищевых добавок для замены какао-порошка в отделочных полуфабрикатах для мучных кондитерских изделий [6].

Меланин использован в качестве красителя безалкогольных напитков. Так, в изобретении [7] описан способ получения безалкогольного напитка «Мелиссовый», содержащий выделенный из лузги гречихи водорастворимый пигмент меланин, в том числе специального назначения: чайный напиток для диабетиков с меланином из гречневой

крупы, протекторного действия [8]. В работе Т.Н. Алексеевой и соавторов изучены технологические свойства пищевого красителя – растительного меланинового пигмента: определены его свето- и термостабильность, кислотоустойчивость и другие свойства в процессе хранения безалкогольных напитков [9].

Известно использование в качестве пищевой кремнийсодержащей добавки в виде порошка (размер частиц менее 80 мкм составляет 85 %), полученного из растительного сырья – шелухи гречихи [10].

Таким образом, меланины различного происхождения широко используются в различных областях, благодаря своим физиологическим и функциональным свойствам, таким как светочувствительность, свойство светового барьера, способность улавливать свободные радикалы, антиоксидантная активность и т. д., примеры которых приведены в данном разделе диссертации. Однако, несмотря на полифункциональность, применение меланинов ограничивается сложностью их выделения из биологических объектов, очистки от белковых и химических примесей, а также дороговизной получения синтетических аналогов. Поэтому появление любого вещества, сходного по своим свойствам с меланинами, сразу привлекает интерес ученых и практиков с точки зрения получения безопасной продукции, в частности, пищевого ингредиента многофункционального назначения.

Список использованных источников

1. Kurian N. K. Food, cosmetic and biological applications of characterized DOPA-melanin from Vibrio alginolyticus strain BTKKS3 /N. K. Kurian, S. G. Bhat. – Direct text // Applied Biological Chmistry. – 2018. – № 61. – P. 163-171.

2. Патент 2215761 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. (2000.01). Способ получения пигмента-красителя из растительного сырья : № 2000116048/13 : заявл. 19.06.2000 : опубл. 10.06.2002 / Огарков Б. Н., Самусенок Л. В. ; патентообладатели Огарков Б. Н., Самусенок Л. В. – Текст: непосредственный.

3. Школьникова М. Н. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей / М. Н. Школьникова, Е. А. Кадрицкая. – Текст : непосредственный // Научный журнал НИУ ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2020. – № 4. – С. 22-28.

4. Грачева Н. В. Способ получения меланина из лузги подсолнечника и исследование его антиоксидантной активности / Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, № 15. – С. 154-157.

5. Патент 2747688 Российская Федерация, МПК C09B 61/00 (2006.01) / C09B 67/04 (2006.01). Пищевой пигмент-краситель из лузги гречихи и способ его получения : № 2020124806 : заявл. 27.07.2020 : опубл. 12.05.2021 / Абрамов С. Ю., Ломовский И. О., Ломовский О. И. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии твердого и механохимии СО РАН». – Текст : непосредственный.

6. Патент 2545349 Российская Федерация, МПК A23J 1/12 (2006.01)/A23J 3/14 (2006.01)/A23J 3/32 (2006.01)/A23J 3/34 (2006.01). Способ получения гидролизата из шелухи гречихи в качестве замены какао-порошка для пряничных и кондитерских изделий : № 2013154812/10 : заявл. 10.12.2013 : опубл. 27.03.2015 / Кушнаренко Л. В., Лёвочкина Л. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное автономное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет». – Текст : непосредственный.

7. Патент 2210952 Российская Федерация, МПК A23L2/00, A23L2/38, A23L2/52, A23L2/58. Безалкогольный напиток «Мелиссовый» : № 2000122469/13 : заявл. 25.08.2000 : опубл. 27.08.2003 / Огарков Б. Н., Огаркова Г. Р., Самусенок Л. В., Алексеева Т. Н., Орещенко А В. ; патентообладатели Огарков Б. Н., Огаркова Г. Р., Самусенок Л. В., Алексеева Т. Н., Орещенко А. В. – Текст : непосредственный.

8. Гордеева Л. Н. Использование меланинового красителя из гречихи для производства безалкогольных напитков протекторного действия / Л. Н. Гордеева. – Текст : непосредственный // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2002. – № 2. – С 662.

9. Алексеева Т. Н. Исследование растительного меланина как пищевого красителя для безалкогольных напитков / Т. Н. Алексеева, Л. А. Оганесянц, Е. В. Красникова, Н. В. Рудометова. – Текст : непосредственный // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 40-43.

10. Патент 2528837 Российская Федерация, МПК A23L 1/304 (2006.01). Добавка из растительного сырья и способ ее получения : № 2013122490/13 : заявл. 15.05.2013 : опубл. 20.09.2014 / Полубояров Д. В., Макаров А. В., Киреева Н. М. ; патентообладатель Полубояров Д. В. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Школьникова М. Н., доктор технических наук, профессор

УДК 663.98

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕКУРИТЕЛЬНОЙ ТАБАЧНОЙ И НИКОТИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ

Калашников С. В, Гнучих Е. В., Гвоздецкая С. В.,
Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, г. Краснодар

На сегодняшний день структура табачного рынка претерпела серьезные изменения: снизилось потребление сигарет, появились и заняли определенную нишу инновационные виды изделий, не имеющие прежде распространения на российском рынке. Все большее место в объеме потребления занимают некурительные табачные и нетабачные изделия, содержащие в своем составе никотин.

Некурительная продукция орального потребления – популярный вид табачной и никотинсодержащей продукции. Современные модификации некурительных табачных/нетабачных никотинсодержащих изделий орального потребления производятся по инновационным технологиям, имеют различный внешний вид, потребительские показатели. С одной стороны, для них характерно отсутствие горения и, соответственно, отсутствие вредного воздействия продуктов пиролиза на организм человека. С другой стороны – подобно сигаретам, действие данных продуктов основано на введении никотина в организм.

Некурительная продукция орального потребления поступает в продажу в виде порционных пакетиков из крупнопористого нетканого материала, разной массы и размеров. Пакетики упакованы в потребительскую упаковку, представляющую собой герметично закрытую пластиковую банку с откидной крышкой сверху, предусмотренной для помещения под нее использованных пакетиков. Основой при изготовлении некурительной табачной продукции является табачное сырье, а для нетабачной никотинсодержащей продукции – целлюлоза или другое растительное сырье, которое служит носителем для никотина и ингредиентов (ароматизаторов).

В Российской Федерации законодательно установлено ограничение для отдельных видов некурительных табачных изделий орального потребления (насвай и снюс), запрещена их оптовая и розничная продажа. Требования к такому виду некурительных табачных изделий орального потребления как табак жевательный установлены Федеральным Законом от 22.12.2008г. № 268-ФЗ «Технический регламент на табачную продукцию». При этом для некурительной продукции орального потребления не установлено ограничений по содержанию токсичных веществ, в частности, никотина. Физиологическое воздействие некурительной продукции основано на действии никотина, экстрагируемого из табака, через слизистую поло-

сти рта [1]. Причиной широкого потребления никотинсодержащих изделий является содержание никотина, обуславливающего стимулирующий эффект [2]. Действие никотина основано на стимуляции холинрецепторов, индуцирующих увеличение количество катехоламинов, таких как адреналин и допамин. Выброс адреналина приводит к ускорению сердцебиения, увеличению кровяного давления и учащению дыхания, а также повышению уровня глюкозы в крови [3]. Содержание никотина определяет физиологическую крепость продукта, оказывающую воздействие на организм человека, следовательно, необходим контроль уровня содержания никотина в продукции.

При оральном потреблении биодоступность никотина составляет до 20%, при этом, чем быстрее никотин высвобождается из табачного продукта, всасывается и достигает пикового значения, тем выше вероятность привыкания [2]. Скорость усвоения никотина из некурительного табачного продукта зависит от типа табака, используемого в производстве и присутствия щелочных компонентов в продукте [4]. Скорость экстракции при потреблении, в значительной мере зависит от влажности и pH некурительного продукта [5].

Технологические показатели (влажность, pH) и токсические показатели (содержание никотина) некурительной продукции варьируются в широком интервале и являются важными потребительскими характеристиками. Влажность оказывает влияние на скорость начала экстракции и содержание никотина, pH оказывает влияние на его высвобождение и содержание в экстракте.

В ФГБНУ ВНИИТТИ проведены исследования образцов некурительной табачной и никотинсодержащей продукции орального потребления. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Потребительские показатели и содержание никотина некурительной табачной и никотинсодержащей продукции орального потребления

Наименование образца	**Влажность, %**	**Содержание никотина, %**	**pH водного экстракта**	**Время экстракции, сек**
Captain Black Original	22,7	2,07	8,6	58
Taboca	48,6	1,09	8,8	50
Ettan	32,1	1,09	8,7	48
Camel	47,9	1,45	7,2	33
Chesterfild	34,7	1,40	7,2	42
Skrim	42,3	0,90	8,7	47
Frost	25,7	0,11	6,0	40
Jakobsson´s	48,4	0,91	6,1	32
Lift mint slim	38,1	0,60	7,0	22

Наименование образца	Влажность, %	Содержание никотина, %	pH водного экстракта	Время экстракции, сек
Lift ice cool	32,5	1,00	7,0	20
FAVE	36,5	0,83	6,5	37
Кинг	29,5	1,62	6,4	36
Corvus Crush	30,4	0,36	7,0	28
Corvus strong	36,4	3,03	7,6	32

Как видно из таблицы 1, влажность исследуемых образцов некурительной продукции колеблется от 22,7 до 48,4 %, pH от 6,4 до 8,8, содержание никотина составляет от 0,11 до 3,03 %.

В результате исследования установлены потребительские характеристики (влажность, pH, время экстракции) и широкий диапазон по содержанию никотина в некурительной табачной и никотинсодержащей продукции орального потребления. Необходимо контролировать уровень никотина в некурительной табачной и никотинсодержащей продукции и установить требования по максимальному его содержанию, так как никотин является веществом, обуславливающим токсикологический риск при потреблении данной продукции.

Список использованных источников

1. Калашников С. В Идентификационные признаки некурительной табачной продукции / С. В. Калашников, М. В. Шкидюк. – Текст : непосредственный // Новые технологии. – 2021. – Т.17, № 2. - С. 25-32.

2. Дон Т. А. Исследование инновационный видов нетабачной никотинсодержащей продукции орального потребления / Т. А. Дон, С. В. Калашников, А. Г. Миргородская, М. В. Шкидюк. – Текст : непосредственный // Состояние и перспективы мировых научных исследований по табаку, табачным изделиям и инновационной никотинсодержащей продукции : первая международная научная конференция 17 ноября 2020 г. - Краснодар, 2020. - С. 92-100.

3. The Transfer of Nicotine from Nicotine Salts to Mainstream Smoke / T. A. Perfetti, A. B. Norman, B. M. Gordon [at al.]. – Direct text. // Beitrage zur Tabakforschung International. – 2000. – Vol. 19/3. - P. 141-158.

4. Foulds J. Effect of smokeless tobacco (snus) on smoking and public health in Sweden / J. Foulds, L. Ramstrom, M. Burke, K. Fagerström. - Direct text. // Tob. Control. - 2003. - Vol. 12 (4).- P. 349-359.

5. Rickert W. S. Chemical and toxicological characterization of commercial smokeless tobacco products available on the Canadian market / W. S. Rickert, P. J. Joza, A. H. Trivedi [at al.]. - Direct text. // Regut. Toxicol. Pharmacol. - 2009. - V. 53. - P.121-133.

УДК 615.03

ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АЦЕТОНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ PODOPHYLLUM PELTATUM В ОТНОШЕНИИ КЛЕТОК HELA

Китаева М. П.,
Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, г. Москва

Рак шейки матки – самое распространенное злокачественное новообразование женской половой системы. Терапия рака шейки матки предполагает хирургическое и химиотерапевтическое вмешательство [1]. В качестве вспомогательных лекарственных средств для лечения опухолей часто используются растительные препараты, в том числе и полученные из *Podopyllum peltatum*. Причем в научной литературе обычно отмечается, что биологически активные вещества, отвечающие за проявляемые противоопухолевые свойства *P. peltatum*, - это фенольные соединения, прежде всего, лигнаны [2, 3, 4, 5].

Цель исследования - изучить цитотоксическую активность экстрактов, полученных из суспензионных клеточных культур *Podophyllum peltatum*.

Нормализованные данные по жизнеспособности опухолевых клеток рака шейки матки приведены в Таблице 1. Экстракты из биомассы проявили выраженный цитотоксический эффект и при 48, и при 72 часах инкубирования. Наиболее стабильный и дозозависимый эффект проявили экстракты 14- и 28-суточных суспензионных клеточных культур, полученные из корня растения. Причем наибольший цитотоксический эффект проявился при 48 часах. Экстракты суспензионных культур, полученные из почки растения, проявили цитотоксический эффект при отдельных разведениях, меньший, чем экстракты суспензионных культур, полученных из корня растения. Экстракты 14-суточной суспензионной клеточной культуры, полученной из плода растения, проявили цитотоксический эффект только при двух максимальных концентрациях при 72 часах инкубирования. Экстракты 28-суточной клеточной культуры, полученной из плода растения, не проявили цитотоксического эффекта.

Экстракты из культуральной жидкости не проявили выраженного цитотоксического эффекта ни при 48, ни при 72 часах инкубирования. На основе этих данных мы можем предположить, что соединения, отвечающие за противоопухолевую активность, сосредоточены в клетках суспензионной культуры, не выделяются в значимом количестве в культуральную жидкость.

Таблица 1

Нормализованные значения жизнеспособности клеток *HeLa*

Суспензионная клеточная культура	**Разведение экстракта**	**Биомасса**		**Культуральная жидкость**	
		48 часов	72 часа	48 часов	72 часа
14 суток, полученная из корня	1	21±11[1]	41±2[1]	101±3	87±8[1]
	1:10	53±5[1]	75±11[1]	103±8	100±13
	1:100	75±10	69±3[1]	101±3	103±4
	1:1000	94±20	77±1[1]	97±7	104±10
14 суток, полученная из почки	1	31±21[1]	56±1[1]	102±14	93±14
	1:10	54±17[1]	107±7	93±18	98±5
	1:100	83±18	109±9	98±8	100±1
	1:1000	103±2	110±3[1]	97±8	107±9
14 суток, полученная из плода	1	80±13	12±2[1]	100±9	106±5
	1:10	89±3	46±2[1]	99±14	93±1[1]
	1:100	94±4	116±3[1]	96±7	111±26
	1:1000	105±15	116±2[1]	100±8	99±4
28 суток, полученная из корня	1	45±9[1]	50±3[1]	100±7	111±6[1]
	1:10	31±8[1]	72±1[1]	99±13	104±7
	1:100	69±44	71±2[1]	101±3	103±10
	1:1000	82±2[1]	81±1[1]	97±6	100±3
28 суток, полученная из почки	1	55±23[1]	56±2[1]	106±7	114±10[1]
	1:10	91±9	88±1[1]	102±1	107±1[1]
	1:100	86±18	80±2[1]	100±13	107±3[1]
	1:1000	89±15	102±2	90±16	109±4[1]
28 суток, полученная из плода	1	69±8	77±1[1]	102±4	100±9
	1:10	84±2	119±3[1]	93±7	100±4
	1:100	91±5	118±4[1]	99±7	104±8
	1:1000	105±7	106±4	107±5	116±6[1]

[1]Есть отличия от отрицательного контроля на уровне значимости $p \leq 0,05$. У остальных образцов значимых отличий не обнаружено при указанном уровне значимости.

Все исследованные экстракты клеточных культур, кроме экстракта 28-суточной суспензионной клеточной культуры, полученной из плода растения, проявили выраженный цитотоксический эффект на клетки *HeLa*.

Наиболее стабильный и дозозависимый цитотоксический эффект проявили экстракты суспензионной клеточной культуры из корня растения.

Экстракты культуральной жидкости не проявили цитотоксического эффекта, что может свидетельствовать о том, что биологически активные вещества, отвечающие за цитотоксическую активность, не выделяются в культуральную жидкость, остаются внутри клеток.

Список использованных источников

1. Incidence of cervix uteri cancer per 100 000 (WHO). – URL : https://gateway.euro.who.int/en/indicators/hfa_377-2360-incidence-of-cervix-uteri-cancer-per-100-000/ (date of the application 04.10.2021). – Text : electronic.

2. Chen H. The Effect of p53-R249S on the Suppression of Hepatocellular Carcinoma Cells Survival Induced by Podophyllum Derivatives / H. Chen, M. Zhang, Z. Wang, L. Li, Q. Li, H Wang. – Direct text. // Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry. – 2020. - № 20(7). – P. 865-874.

3. Ardalani H. Podophyllotoxin: a novel potential natural anticancer agent / H. Ardalani, A. Avan, M. Ghayour-Mobarhan. - Direct text. // Avicenna Journal of Phytomedicine. – 2017. - № 7(4). – P. 285-294.

4. Kluska M. Natural Polyphenols as Modulators of Etoposide Anti-Cancer Activity / M. Kluska, K. Wozniak. – Direct text. // *International Journal of Molecular Sciences. – 2021. - № 22(12). – P. 6602.*

5. Hu S. Anticancer effect of deoxypodophyllotoxin induces apoptosis of human prostate cancer cells / S. Hu, Q. Zhou, W.R. Wu [at al.]. – Direct text. // Oncology Letters. – 2016. - № 12(4). – P. 2918-2923.

6. Engström M. T. Rapid Fingerprint Analysis of Plant Extracts for Ellagitannins, Gallic Acid, and Quinic Acid Derivatives and Quercetin, Kaempferol- and Myricetin-Based Flavonol Glycosides by UPLC-QqQ-MS/MS / M. T. Engström, M. Pälijärvi, J.-P. Salminen. – Direct text. // Journal of agricultural and food chemistry. - 2015. - № 63(16). – P. 4068-4079.

УДК 581.192

ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛИРОВАННОГО БИОПРОДУКТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА

Король С.,
Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград

К продуктам антистрессовой направленности относятся такие продукты, которые в своём составе содержат компоненты с доказанным положительным влиянием на работоспособность и функциональность всех систем организма человека [1]. К растительным источникам с названными свойствами относится мята перечная. Основным функциональным компонентом мяты перечной приходится ментол. Механизм развития антистрессового эффекта ментола заключается в стимулировании холодовых рецепторов кожи и слизистых, проявлении антисептических и анестезирующих свойств [2].

В состав биопродукта антистрессовой направленности были включены в качестве вкусового агента тонкоизмельченная стевия, как натуральный подсластитель, не имеющий калорий. Ценными биологически активными веществами, содержащимися в стевии, являются функциональные ингредиенты, важные в антистрессовом питании. Это - флавоноиды, витамины А, С и Е, которые обладают иммуномодулирующим и антиоксидантным действием. Также является источником всех незаменимых аминокислот [3].

Основным протеиновым нейромедиатором в проектируемом биопродукте являются пептидные гидролизаты коллагенсодержащего сырья, обладающие биологической активностью. На кафедре пищевой биотехнологии КГТУ из рыбной чешуи получена пищевая добавка «Ихтиоколлагеновый гидролизат», представляющая собой олигопептиды, полученные ферментолизом чешуи сардины и сардинеллы [4]. Установлено, что в данной добавке содержится более 85% пептидов, молекулярная масса которых в 95%-х случаев менее 10 кДа, что означает наличие у них физиологической активности, обусловленной аминокислотным составом. В наибольшем количестве в добавке содержится глицин, пролин, аланин, аргинин.

Желатин был выбран в состав биопродукта в качестве загустителя животного происхождения, который способствует синтезу собственных коллагеновых тканей, укреплению опорно-двигательного аппарата, связок и сухожилий. Желатин является главным источником редкой аминокислоты – глицина.

Для повышения прочности структуры желированного продукта рекомендуется использовать комплексный структурообразователь, включающий желатин белковой природы, несущий положительный заряд, и агар - полисахарид углеводной природы с преобладающим отрицательным зарядом. Их взаимодействие в пищевой системе основано на образовании ионных, ковалентных и водородных связей, в результате чего формируется устойчивая полимерная сетка, внутри которой располагаются биологически активные вещества (олигопептиды, компоненты стевии и мяты).

Для предотвращения усушки желированного биопродукта предлагается покрыть его тонкой пленкой биополимера хитозана в растворе лимонной кислоты в качестве глазирователя. В ряду природных пищевых полимеров хитозан является уникальным компонентом, обладающим биосовместимостью, нетоксичностью, биодеградируемостью. В связи с растворением его в пищевых кислотах последние привносят дополнительный вкусовой и антисептический эффекты в проектируемый биопродукт [5].

В результате проведенного анализа по подбору компонентов с нейромедиаторными, вкусовыми и структурообразующими свойствами и выбора формы биопродукта в виде жевательного мармелада была предложена принципиальная технологическая схема его изготовления (рисунок 1). Также были исследованы химические показатели (таблица 1).

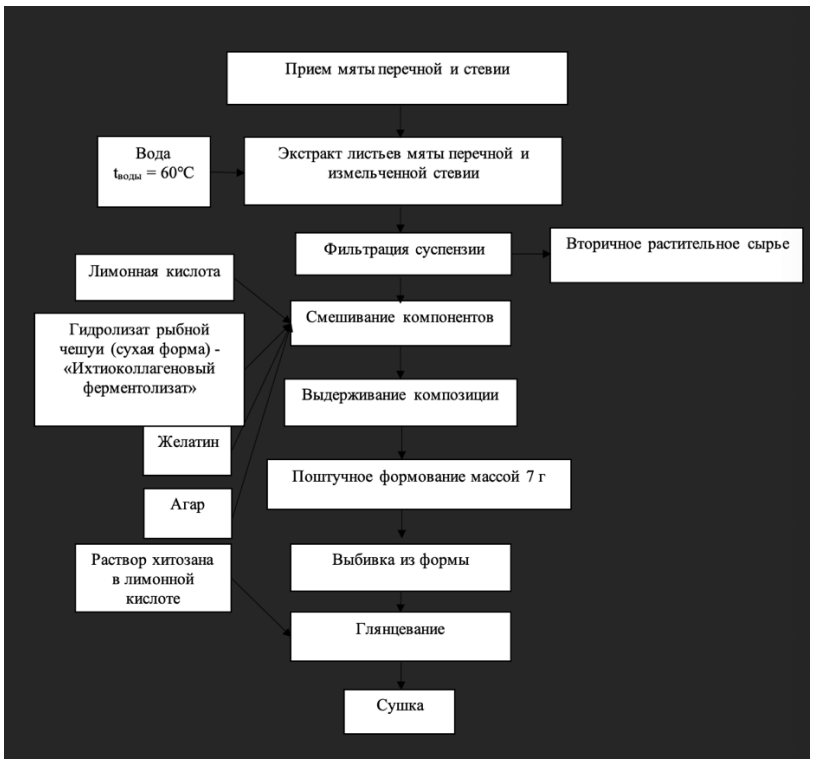


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления биопродукта
по типу жевательного мармелада с нейромедиаторными свойствами

Сущность технологии получения биопродукта заключается в получении водного экстракта листьев мяты перечной и суспендированной измельченной стевии, введение в него заданного количества желатина и агара, с одновременным обогащением низкомолекулярными пептидами рыбной чешуи. После формования пищевой системы и застывания биопродукта в виде заданных форм массой 7 г проводят штучное глазирование раствором хитозана.

После фильтрации экстракта остается вторичное растительное сырье. Данное вторичное сырье может быть использовано как: получение компостов. получение кормовой муки, эфирное масло.

Таблица 1

Химические показатели желированного биопродукта антистрессовой направленности

Наименование показателя	**Результат эксперимента**	**Пересчет на 7 г готового продукта**	**Суточная потребность ***	**% от суточной потребности при употреблении 100 г**
витамин С, мг /%	40,14	16,11	70-7000 мг	54,37
биофлавоноиды, мг /%	34,3	2,4	85-120 мг	40
глицин, %	5,12	0,36	3,5-5,6 г	91,43

* С учетом требований МЗ 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ».

Исходя из данных таблицы 1, можно сделать вывод, что данный биопродукт является функциональным по содержанию нейромедиаторов – глицина, витамина С, биофлавоноидов, если его употреблять систематически по 14 изделий массой 7 г в сутки. В данном случае будет удовлетворяться физиологическая норма в употреблении веществ-нейромедиаторов: глицина – на 91,43%, витамина С – на 54,37%, биофлавоноидов – на 40%.

Принимать новые биопродукты следует как обычный жевательный мармелад.

Список использованных источников

1. Новиков В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях / Н. С. Новиков, В. Н. Каркищенко, Е. Б. Шустов– Санкт Петербург : Политехника-принт, 2017. – 346 с. – Текст : непосредственный.

2. Лекарственные свойства сельскохозяйственных растений / Б. М. Коршиков, Г. В. Макарова, Н. Л. Налетько [и др.]. - Минск : Ураджай, 1985. - 273 с.

3. Jorgacheva E. G. The potential of medicinal, aromatic plants in improving the quality of wheat bread / E. G. Jorgacheva. - Direct text. // European Journal of Advanced Technology. - 2014. - №2/12(68). – P. 101-107.

4. Мезенова О. Я. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О. Я. Мезенова, В. В. Волков, Т. Мерзель [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2018. - Т. 8, № 4. - С. 83–94.

5. Варламов В. П. Хитин и Хитозан: природа, получение и применение / В. П. Варламов, С. В. Немцев, В. Е. Тихонов. – Москва : Российское хитиновое общество, 2010. - 292 с. - Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Мезенова О. Я., доктор технических наук, профессор.

УДК 62-403/-405

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОАКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ КАЛЬЦИЙ-ЗАМЕЩЁННОГО ГЕРМАНАТА ЛАНТАНА СО СТРУКТУРОЙ АПАТИТА

Кузнецова П. Д.,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Для синтеза серии германатов лантана с разным процентом замещения кальцием (0%, 3.92%, 8.76%, 14.88%) был опробован твердофазный

синтез, дающий в качестве основной фазы гидроксид лантана, и подходящий для получения целевого продукта метод сжигания.[1]

Биоактивность – это способствование образованию собственного минерала в организме – т.е. гидроксиапатита – на поверхности имплантата. Исследование биоактивности проводилось в модельных средах согласно ISO 23317. В качестве модельной среды использован HBSS (Hank's Balanced Salt Solution). Исходя из данных комплексонометрического титрования доказано в явной форме, что наиболее устойчивым во времени и хорошо адсорбирующим кальций следует считать образец с самым высоким процентом кальция в структуре – 14.88%. Лантан не переходит в раствор во всех случаях, что говорит о малой резорбции веществ в модельной среде и потенциально в организме.

Токсичность исследовали на дрожжах, поскольку они относятся к эукариотам, их биологическая организация обнаруживает большое сходство с клетками высших организмов из-за наличия дифференцированного ядра с ядрышком.[2]. Первичная оценка токсичности с помощью цветовой модели RGB показывает большой процент живых дрожжей около 90%, то есть образцы являются малотоксичными и перспективны в качестве медицинских материалов. По данным адсорбции аминокислот, определённым методом импедансной спектроскопии, адсорбируется практически 100% глицина, что говорит о потенциальной высокой биосовместимости изделий из синтезированных материалов со средой организма.

Список использованных источников

1. Changan T. Auto-combustion synthesis of apatite-type La9.33Ge6O26 ultrafine powder and its characterization / T. Changan [at al.]. – Direct text. // J. Alloys Compd. - 2008. - T. 460, № 1–2. - P. 646–650.

2. Käosaar S. Profiling of the toxicity mechanisms of coated and uncoated silver nanoparticles to yeast Saccharomyces cerevisiae BY4741 using a set of its 9 single-gene deletion mutants defective in oxidative stress response, cell wall or membrane integrity and endocyt / S. Käosaar [at al.]. – Direct text. // Toxicol. Vitr. Elsevier Ltd. - 2016. - № 35. - P. 149–162.

Научный руководитель: Муханова Е. А., кандидат химических наук, старший научный сотрудник

УДК 637.344.8

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЛИЗАТА СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ В ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАПИТКА

Мельникова Е. И.,
Воронежский государственный университет инженерных технологий,
г. Воронеж

Необходимость в альтернативных и экономически выгодных источниках животного белка в связи с ростом численности населения в мире – это один из факторов, который является движущей силой развития новых видов продукции, в том числе в молочной отрасли, в настоящее время. Молочная сыворотка – один из ценных источников животного белка [1]. Ингредиенты на основе ее белков характеризуются комплексом различных функциональных свойств и высокой пищевой ценностью.

Наиболее популярными среди спортсменов добавками являются высокобелковые продукты, а именно протеины [2]. Белки – важный материал для роста мышечной ткани. Они расщепляются в ЖКТ человека до аминокислот, которые, попадая в кровь, разносятся по организму и формируют мускулатуру. В основном, в качестве сырья при производстве протеинов используют молочную сыворотку. Белки сыворотки легко усваиваются организмом и являются источником незаменимых аминокислот, таких как триптофан, метионин, лизин, треонин [3]. Однако основной недостаток применения сыворотки – это аллергенность сывороточных белков. Проведение их гидролиза позволяет улучшить функциональные свойства белковой составляющей.

Нами предложено применение гидролизата сывороточных белков, полученного с применением протеолитических ферментных препаратов Flavorpro 766MDP и Promod 439L [4] и характеризующегося сниженной аллергенностью, в качестве основного компонента напитка для спортивного питания. Высокое содержание в его составе пептидов, аминокислот, минеральных веществ и витаминов позволило рекомендовать его к применению в производстве углеводно-электролитного напитка. Для повышения массовой доли углеводов в гидролизат была добавлена фруктоза, характеризующая низким гликемическим индексом (20 – 30 % относительно сахарозы и 50 % относительно лактозы) [5], благодаря чему смесь углеводов должна всасываться в кровь постепенно и медленно. Изучен химический состав готового продукта (таблица), а также осмолярность, характеризующая способность напитка всасываться в желудочно-кишечном тракте, не вызывая осмотическую диарею. Поскольку в результате гидролиза сывороточных белков образу-

ются, в основном, низкомолекулярные пептиды и аминокислоты, возможно повышение осмолярности раствора. Однако, для изотонических и углеводно-электролитных напитков она не должна превышать 330 мОсм/дм^3. Такие напитки способны быстро восполнять потерю жидкости и энергии в организме, не вызывая дисбаланса в желудочно-кишечном тракте [6].

Научный руководитель: Богданова Е. В., кандидат технических наук, доцент

УДК 665.1.09:664.33

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЖИРОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ КОНДИТЕРСКИХ ГЛАЗУРЕЙ

Онипченко К. И.,
Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

В продолжение исследования оценки потенциала нетрадиционных жировых ингредиентов для кондитерских глазурей проведен анализ физико-химических характеристик (жирнокислотного и триглицеридного состава) нетрадиционных тропических масел и жиров и их фракций (ши, иллипе).

Какао-масло очень дорого ценится на мировом рынке, так как является высококачественным и уникальным натуральным продуктом [1]. Было бы закономерно заменить часть какао-масла по экономическим соображениям другими жировыми ингредиентами, в роли которых могут выступать жировые ингредиенты на основе модифицированных тропических масел и жиров. Но совместимостью с маслом какао могут обладать жиры только с высокой концентрацией 2-олеотринасыщенных триглицеридов (POP – 15,0%, POS – 40,0%, SOS – 27,0%).

Менее традиционные тропические масла, которые представляют интерес при создании триглицеридных композиций для жировых ингредиентов для кондитерских глазурей, это масла ши и иллипе.

Масло ши является источником глицеридов SOS и POS, которые в смеси с пальмовой фракцией дают похожий на масло какао продукт. Путем фракционирования может быть получен стеарин ши, состоящий главным образом из 2-олеоилдистеарина и используемый в качестве эквивалента какао-масла. Типичный жирнокислотный состав масла ши, а также его фракций приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели тропических масел

Наименование показателя	**Масло ши**	**Стеарин ши**	**Олеин ши**	**Масло иллипе**
Массовая доля основных жирных кислот, %				
$C_{16:0}$	3,7	2,4	4,6	16,0
$C_{16:1}$	-	0,1	0,1	0,2
$C_{18:0}$	42,7	59,3	28,2	46,7
$C_{18:1}$	45,3	33,9	56,6	33,2
$C_{18:2}$	6,2	2,5	8,3	0,9
$C_{18:3}$	0,36	0,1	0,2	0,2
$C_{20:0}$	1,5	1,5	1,2	0,2
$C_{22:0}$	0,4	0,1	0,5	-
Массовая доля основных триглицеридов**, %**				
POL	0,9	0,1	1,8	0,4
OOO	5,5	0,6	8,1	0,3
POO	2,5	0,6	4,1	1,7
POP	0,3	7,0	1,4	0,5
SOO	24,9	5,1	36,8	3,0
POS	4,7	5,6	2,7	33,3
PPS	1,3	0,2	-	0,8
SOS	32,2	71,2	5,4	44,5

Масло иллипе, как и масло какао, относится к группе твердых жиров, сохраняющих твердую консистенцию при комнатной температуре и обладающих способностью кристаллизоваться в нескольких полиморфных формах [2-3]. Термодинамически наиболее стабильна форма VI, но только форма V показывает в готовом изделии высокую твердость и глянцевую поверхность, что особенно ценится потребителем.

Точки плавления масел иллипе и какао находятся между 30°C и 40°C. Этот относительно узкий диапазон плавления, составляющий для какао-масла 28,0-36,0°C, а для масла иллипе – 24,5-28,5°C (для вида дерева Madhuca logifolia) и 28,0-37,0°C (для вида дерева Shorea stenoptera), формирует охлаждающее ощущение плавления во рту. Это характерно для нескольких триацилглицеринов, содержащих пальмитиновую, олеиновую и стеариновую кислоты, которые придают жиру способность сопротивления автоокислению и микробиологическому ухудшению [4].

При использовании приведенных выше масел в качестве компонентов для создания альтернатив масла-какао, следует учитывать, что они требуют проведения одного или нескольких этапов модификации. Свойства определенного жирового ингредиента, достигается за счет комбини-

рования компонента POP (пальмовое масло или его фракции) с более высоким содержанием POS и SOS.

Основываясь на проведенном исследовании, можно сделать вывод, что источником SOS и POS в жировых ингредиентах – альтернативах масла какао могут быть масла ши или его твердая фракция и иллипе. Поэтому комплексное изучение свойств данных масел, а также возможных технологий их модификации, с целью получения жировых ингредиентов для производства кондитерских глазурей, являются перспективными направлениями исследования.

Список использованных источников

1. Тарасенко Н. А. Мониторинг активности защиты патентных прав в ЮФО как фактор развития инновационной деятельности / Н. А. Тарасенко, Н. Р. Третьякова, З. А. Баранова. - Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 7-1. - С. 180-184.

2. Баранова З. А. Инновационные технологии производства жиров на страже здоровья человека / З. А. Баранова, Н. А. Тарасенко, Е. И. Баранова. - Текст : непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 134. - С. 478-490.

3. Баранова З. А. Новые виды жиров в производстве кондитерских глазурей / З. А. Баранова, И. Б. Красина, П. С. Красин. - Текст : непосредственный // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». - 2016. - № 14. - С. 322-328.

4. Тарасенко Н. А. Использование пищевых волокон в функциональных кондитерских изделиях / Н. А. Тарасенко, З. А. Баранова, Н. С. Быкова, Н. Р. Третьякова. - Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. - 2016. - № 11. - С. 86-90.

Научный руководитель: Баранова Е.И., кандидат химических наук, доцент.

УДК 664.64.016:664.641.14:664.641.12:664.641.19

ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ И ФТС МУКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Попова М. Ю.,
Российская Таможенная Академия, г. Люберцы

В последние десятилетия в России в питании людей наблюдается острый дефицит белка (до 25-30 %), что заставляет ученых и техноло-

гов искать новые альтернативные источники полноценного аналога. В связи с этим, для увеличения объемов выработки мясопродуктов и снижения их себестоимости первостепенное значение имеет широкое применение различных препаратов растительного происхождения. Экономически целесообразным является применение нефракционированной муки, полученной на основе таких культур, как соя, пшеница, рожь и т.д. – она имеет приемлемые функциональные и органолептические свойства, низкую стоимость и относительно высокую пищевую ценность [1, 2].

При использовании в рецептурах мясопродуктов (вареных колбас, полуфабрикатов типа котлет, фрикаделек, пельменей и т.п.) такой муки, в готовых изделиях происходит ряд изменений, связанных, очевидно, с развитием в ней ферментативных процессов. Это может вызывать изменения в качественных показателях готовой продукции (брожение, изменение цвета и т.д.). Исходя из вышесказанного, было проведено исследование по определению зависимости ферментативной активности (протеолитической и амилолитической) и основных качественных показателей препаратов муки от их температурной обработки (температура от 30 до 90 °С).

В качестве объектов исследования были выбраны препараты муки наиболее часто применяемые в рецептурах мясных продуктов: соевая дезодорированная, пшеничная I сорта, ржаная обдирная. Было высказано предположение, что ферменты, содержащиеся в этих препаратах, могут вызывать ряд негативных изменений при получении и дальнейшем хранении готовой продукции (например, вздутие колбасных изделий вследствие «брожения» муки, входящей в состав рецептуры) [2, 3].

При определении протеолитической активности муки было выявлено, что продолжительность полного гидролиза белков составляет 1 час. При определении амилолитической активности количество используемого субстрата было снижено, т.к. активность амилаз в препаратах муки очень мала.

При установлении зависимости активности протеолитических и амилолитических ферментов препаратов муки от режимов термообработки (таблица 1) выявили, что выбранные препараты муки существенно не отличались по уровню протеолитической активности. Оптимальная температура, при которой наблюдается максимальная активность протеолитических ферментов: для соевой муки – 60 ºС; для пшеничной муки – 50 ºС; для ржаной муки – 40 ºС. При температуре 90 ºС во всех образцах муки происходит полная инактивация протеаз.

Таблица 1

Зависимость активности протеолитических и амилолитических ферментов от температуры

Препарат муки	**Активность ферментов, ед/г**	**Температура, ºС**						
		30	40	50	60	70	80	90
Пшеничная мука	ПА	0,007	0,013	0,015	0,011	0,009	0,005	0
	АА	0,001	0,0017	0,0025	0,0021	0	-	-
Ржаная мука	ПА	0,012	0,023	0,016	0,012	0,008	0,004	0
	АА	0,001	0,0024	0,0036	0,0027	0	-	-
Соевая мука	ПА	0,016	0,017	0,023	0,025	0,023	0,014	0
	АА	0,008	0,0012	0,002	0,0012	0	-	-

ПА – протеолитическая активность; АА – амилолитическая активность

При температуре 70-80 °С активность протеолитических ферментов, хотя и заметно снижается, но полностью они не инактивируются. Можно предположить, что если температура обработки пищевых продуктов составляет 70-80 °С, то ферменты, находящиеся в составе их компонентов, не инактивированы и могут провоцировать процессы порчи (например, ферментативное брожение).

Полученные данные показывают, что активность протеолитических и амилолитических ферментов муки невысока. Наибольшей амилолитической активностью обладает ржаная мука, наименьшей – соевая мука. В отличие от протеолитических, амилолитические ферменты полностью инактивируются при температуре 70 °С. Также исследовалось влияние режимов термообработки на функционально-технологические свойства (ФТС) различных видов муки. Уровень pH пшеничной, ржаной и соевой муки позволяет использовать эти препараты в технологиях мясных продуктов (уровень pH препаратов муки составил: 6,4 – для ржаной муки, 6,5 – для пшеничной и 6,8 – для соевой).

Как видно из анализа полученных данных, растворимость всех препаратов муки при температуре от 30 до 50 °С практически не изменяется; ее увеличение происходит по достижении 50 °С (табл. 2). Однако, в интервале 80-90 °С растворимость незначительно понижается вследствие денатурационных изменений белка.

Термообработка белковых суспензий муки в течение 15 мин. при температуре 70-72 °С (характерной для производства ряда мясных продуктов) позволяет значительно увеличить растворимость белка.

Таблица 2

Зависимость растворимости препаратов муки от температуры

Препарат муки	Растворимость, S, %						
	30 ºС	40 ºС	50 ºС	60 ºС	70 ºС	80 ºС	90 ºС
Пшеничная мука	20	20,5	22	50,3	74	85	82
Ржаная мука	14	15	20	53	64	71	66
Соевая мука	16	16,2	21	57	72	80	76

Измерение вязкости препарата позволяет охарактеризовать его реологические свойства. Само свойство вязкости обусловлено наличием в составе препарата высокомолекулярных соединений: белков и крахмалов Нагревание оказывает сильное влияние на вязкость растворов муки (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость вязкости препаратов муки от температуры

Препарат муки	Вязкость, сантистокс						
	30 ºС	40 ºС	50 ºС	60 ºС	70 ºС	80 ºС	90 ºС
Пшеничная мука	1700	1700	1710	1750	1850	1920	1935
Ржаная мука	1990	2000	2015	2070	2120	2300	2320
Соевая мука	1900	1900	1920	2010	2080	2280	2310

При температуре 30-50 °С вязкость практически не изменяется, но в температурном интервале 50-90 °С наблюдается постепенное возрастание вязкости у всех препаратов муки. Вязкость системы «ржаная мука-вода» несколько выше, чем в других препаратах.

При оценке показателя ККГ (критической концентрации гелеобразования) начало процесса гелеобразования для всех препаратов отмечается при 60 °С. Это объясняется тем, что набухание крахмала стимулируется повышением температуры, а при 62,5 °С начинается процесс клейстеризации набухшего крахмала. При дальнейшем нагревании (70-90 °С) показатели ККГ для всех типов муки улучшаются. Это вполне согласуется с данными по вязкости и растворимости. В концентрированных белковых растворах при денатурации белков образуется прочная структурная сетка геля, удерживающий всю воду, содержащуюся в коллоидной системе.

В результате агрегации денатурированных молекул белка образуется структурированная белковая система. При определении устойчивости эмульсий на основе препаратов муки соотношение компонентов белок:жир:вода составило: для соевой муки 1:2:3, для пшеничной и ржаной –

1:3:3 и 1:4:4 соответственно. Процесс образования устойчивых эмульсий отмечался при температуре порядка 60-70 °С. В интервале температур 80-90 °С устойчивость эмульсий не изменилась.

Список использованных источников

1. Антипова Л. В. Биотехнологические основы получения и применения препаратов протеолитических ферментов для обработки сырья молочной и мясной промышленности : специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств» : автореферат диссертации доктора технических наук / Л. В. Антипова ; МГУПП. – Москва, 1992. – 36 с. – Текст : непосредственный.

2. Милорадова Е. В. Продукты ферментативной модификации соевой муки: научные и практические аспекты получения и применения в пищевых технологиях : специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» : автореферат диссертации доктора технических наук / Е. В. Милорадова, МГУПП. - Москва, 2010. – 38 с. – Текст : непосредственный.

3. Ферментативный гидролиз как инструмент для повышения пищевой ценности продуктов растениеводства / С. Е. Траубенберг, Е. В. Милорадова, Е. В. Алексеенко, Е. А Бадичко. - Текст : непосредственный // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 5. – С. 62-65.

УДК 663.932:663.933

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОФЕ ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ

Попова М. Ю.,
Российская Таможенная Академия, г. Люберцы

Объем импорта кофе в России ежегодно увеличивается в среднем на 2,2-2,8 %, а объемы его потребления на 12-15 % (на период 2017-2020 гг.) [1]. Устойчивый спрос на зерновой и молотый кофе является основной тенденцией отечественного кофейного рынка. Значительный интерес представляют исследования, направленные на создание новых технологических режимов и методов контроля, способствующих оптимизации технологического цикла производства кофе. В связи с этим, были проведены исследования, направленные на установление закономерностей изменения в основных качественных показателях кофе натурального жареного в процессе хранения при варьировании относитель-

ной влажности воздуха. Все исследования проводили на зеленом кофе «Арабика» высшего сорта торгового наименования Колумбийский (данная марка лидирует на рынке натурального кофе). В результате обследования ряда предприятий было выявлено, что наиболее часто кофе натуральный обжаренный хранится в помещениях (цехах, складах, т.п.) относительная влажность которых составляет порядка 70 %, но зачастую, кофе хранится на улице. Исходя из этого экспериментальные условия хранения были максимально приближены к производственным: относительная влажность воздуха (φ) 70 и 90 %, температура хранения (20±2) °С, период хранения – 6 месяцев.

Образцы зелёного кофе снимались с хранения через определённые сроки (30 сут.) и после взвешивания подвергались анализу качества на органолептические и физико-химические показатели [1].

Оценка органолептических характеристик в процессе пролонгированного хранения показала, что при φ = 70 % в течение 4-4,5 месяцев негативных изменений не отмечено. Ослабление аромата и менее выраженный вкус был выявлен на 5 месяце хранения. На третьем месяце хранения зелёного кофе при φ = 90 % наблюдались изменения цвета, запаха, вкуса. Также произошли изменения во внешнем виде зерен зелёного кофе. Однако, при обжаривании кофе этот недостаток исчезает.

Установлено, что на протяжении всего срока хранения в зависимости от относительной влажности воздуха окружающей среды, изменения уровня pH готового напитка не наблюдалось. Исследования по влиянию относительной влажности воздуха на массовую долю влаги в зеленом кофе показали, что при влажности 70 % уровень показатель не превышает допустимое значение в течение всего периода хранения. Снижение массовой доли влаги после 5 мес. хранения можно объяснить процессами десорбции, описанными в ряде отечественных и зарубежных публикаций, а также отнести к погрешности метода (0,05 %). При хранении высушенных зерен зеленого кофе при относительной влажности воздуха 90 % было отмечено быстрое увеличение массовой доли влаги, что не могло не сказаться на внешнем виде кофе и на величине данного показателя: в период со второго по третий месяц хранения массовая доля влаги зелёного кофе превысила установленный ГОСТом предел в 13%. Данные условия благоприятны для развития микрофлоры и поэтому, с точки зрения безопасности, нежелательны.

Проведённые исследования показали, что содержание водорастворимых экстрактивных веществ зависит от условий и продолжительности хранения. Как видно из данных, представленных в табл. 1, экстрактивность обжаренного кофе, хранившегося при относительной влажности воздуха 90 %, превышает соответствующие значения для кофе, хранившегося при влажности воздуха 70 %. С увеличением продолжительности хранения экстрактивность увеличивается.

Таблица 1

Экстрактивность кофе в зависимости от условий хранения

Относительная влажность воздуха, %	**Экстрактивность, %**						
	Период хранения, сут.						
	0	30	60	90	120	150	180
70 %	24,2	24,3	24,6	24,8	24,8	24,9	25,0
90 %	24,2	25,3	25,7	26,2	25,8	25,6	26,4

Как известно, повышение экстрактивности положительно сказывается на вкусе напитка, поэтому она может служить оценочным критерием для разработки рациональных режимов его переработки, составления различных блендов. В ходе работы было зафиксировано увеличение массы зеленого кофе. Анализ полученных данных показал, что с повышением относительной влажности воздуха при хранении происходит увеличение абсолютных потерь сухих веществ. Причем, зелёный кофе, хранившийся при 90 % влажностном режиме, гораздо интенсивнее набирает влагу и по мере насыщения водяными парами темпы роста абсолютных потерь массы сухих веществ замедляются; начиная с 140 суток, превалируют процессы десорбции.

Увеличение относительной влажности воздуха приводит к повышению потерь массы сырья (угар) при обжаривании (рис. 1). Угар кофе, хранившегося при φ = 70 %, к 6-му месяцу составил 11 %, при φ = 90 % – повысился до 14,08 %. Таким образом, с увеличением сроков хранения и влажности воздуха происходит возрастание потерь массы сырья при обжаривании и, следовательно, увеличивается расход сырья. Скорее всего, интенсивность сгорания органических веществ сырья зависит от таких факторов, как содержание влаги, плотность тканей, формы связи влаги в зелёном кофе. Проследив динамику изменения общих и редуцирующих сахаров (табл. 2), установлено, что содержание общих сахаров уменьшается с 18,4 до 12 % для кофе, хранившегося при φ = 70 %, и до 9,7 % – для кофе, хранившегося при φ = 90 %. В тоже время, отмечено нарастание количества редуцирующих сахаров по мере увеличения влажности воздуха и продолжительности хранения. В ходе работы наблюдалось снижение массовой доли кофеина в зависимости от влажности воздуха и периода хранения (рис. 3). Оценка вкуса на 6 месяце хранения подтверждает тот факт, что напиток с меньшим содержанием кофеина обладает менее выраженной горечью.

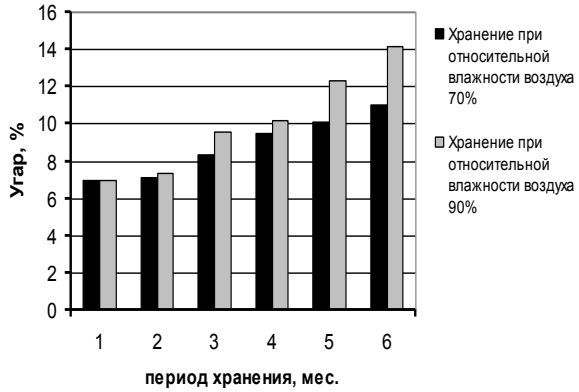


Рисунок 2 – Изменения в потере массы сырья при хранении

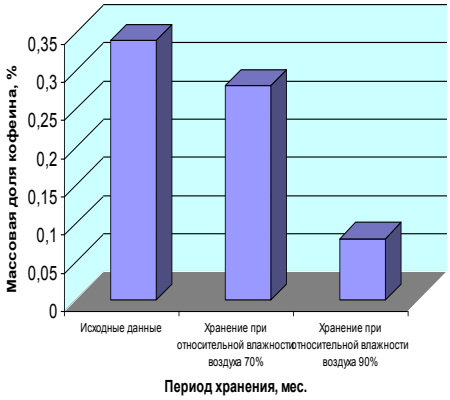


Рисунок 3 – Изменение массовой доли кофеина при хранении

Таблица 2

Изменение состава и количества сахаров в процессе хранения

Период хранения, мес.	**Содержание сахаров, %**			
	Масс. доля общих сахаров, %		Масс. доля водорастворимых моно- и дисахаров, %	
Исх. данные	φ = 70 %	φ = 90 %	φ = 70 %	φ = 90 %
1	18.4±0,1	18.4±0,1	4,8±0,1	4,8±0,2
2	17.6±0,2	16.0±0,12	4.82±0,1	4.85±0,2
3	16.9±0,2	12.1±0,2	4.87±0,2	4.9±0,25
4	16.2±0,15	11.3±0,25	4.95±0,15	5.1±0,1
5	13.5±0,2	10.0±02	4.99±0,2	5.2±0,15
6	12.8±0,1	9.8±0,1	5.0±0,1	5.7±0,2

По результатам проведенного исследования был выбран оптимальный режим хранения зелёного кофе: для кофе с исходным значением массовой доли влаги 11-13 % он составит 5 месяцев при φ = 70-75 %. Однако, ввиду нехватки складских помещений, возможно хранение зелёного кофе на открытом воздухе в условиях повышенной влажности сроком не более 3 месяцев. Кофе, хранившийся в подобных условиях, целесообразно использовать при производстве натурального молотого кофе в связи с хорошей экстрактивностью, а также для составления блендов.

Список использованных источников

1. Татарченко И. И. Технология субтропических и пищевкусовых продуктов: учеб. пособие для вузов / И. И.Татарченко, И. Г.Мохначев, Г. И. Касьянов. – Москва : Издательский центр Академия, 2004. – 256 с. – Текст : непосредственный.

УДК 624.131.37

ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Прилепа Д. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Современный мир таков, что за положительной динамикой развития всех отраслей деятельности человека следует «плата» в виде ухудшения экологии, т.е. загрязнение биосферы. Вещества, выбрасываемые в области экосферы, прямо или косвенно влияют на человеческое здоровье. Существуют различные пути поступления опасных и вредных химических соединений, один из которых- желудочно- кишечный тракт. Только по данным ВОЗ (Всемирной Организации Здравоохранения) ежегодно в результате потребления некачественной еды и контаминированных (зараженных) продуктов во всем мире заболевает 600 млн. человек, 420 000 тысяч из которых- умирают.

Одним из самых угрожающих факторов химических отравлений являются тяжелые металлы. К тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. По классификации Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см3. Опасность их воздействия на организм обусловлена способностью скрыто передаваться и внезапно возникать на различных уровнях трофических связей, ввиду их кумулятивных способностей и длительного периода полураспада. Увеличение влияния промышленных источников загрязнения на территории РФ прямо пропорционально ускоренному повышению концентрации тяжелых металлов в продуктах питания. Данная группа металлов вызывает множество функциональных отклонений организма [1]: наследственные заболевания, сердечно- сосудистые и умственные расстройства, засорение ионами ТМ (тяжелые металлы) каналов почек, печени и др.

Основными источниками данных поллютантов являются:

- Металлургические предприятия;
- Тепловые электростанции;
- Карьеры и шахты по добыче руд;
- Транспорт;
- Сельскохозяйственные предприятия;
- Сжигание нефти и отходов

и пр.

Если рассматривать вышеперечисленные источники загрязнений во взаимосвязанной системе, то становится очевидным факт того, что тяжелые металлы, мигрирующие за счет аэрального и водного путей распространения, рано или поздно концентрируются на сельскохозяйственных

угодьях. Существуют и внутренние источники ТМ для сельскохозяйственных территорий: гербициды, пестициды, мелиоранты, минеральные и органические удобрения, инсектициды.

Изучив множество научных работ, в результате которых были получены эмпирические данные о влиянии продолжительности миграции ТМ навстречу к конечному акцептору, автором выдвигается промежуточный вывод о том, что, чем длиннее миграционный путь, тем меньшую опасность для организма человека представляет экотоксикант. Все дело в деструкции и трансформации ТМ. Согласно Протасову и Молчанову [2], для агропромышленного комплекса существует несколько наиболее вероятных экологических цепей опосредования ТМ: ксенобиотики- почва- вода- человек; ксенобиотики- пищевые продукты- человек; ксенобиотики- почва- растение- человек; ксенобиотики- почва- растение- животное- человек.

Немаловажным фактором распространения ТМ в растительные организмы является распределение скоростей и направлений ветра. Вблизи химических предприятий высокое содержание ТМ наблюдается на расстоянии от 0 до 5 километров. Растительный покров подвержен загрязнению ксенобиотиками по направлению преобладающего ветра: от 20 до 25 километров; на участках со слабовыраженным ветром: от 10 до 15 километров; по долине от 25 до 30 километров. [3]

При разработке методов для борьбы с распространением ионов тяжелых металлов стоит учесть еще и то, что:

- Впитывание растениями тяжелых металлов зависит от поглотительной способности почв [4];
- Лучше всего органическое вещество (гуминовые кислоты) удерживает элементы с большими ионными радиусами (кадмий, свинец). Эти ТМ хуже поглощаются глинами [5];
- pH почвы также определяет доступность ТМ. Подвижность тяжелых металлов тем выше, чем ниже pH;
- Доступность ионов тяжелых металлов отличается в зависимости от вида растения, условий климата и почв.
- Согласно научным исследованиям концентрация тяжелых металлов максимальна в корнях. Концентрация токсических веществ уменьшается при движении к репродуктивным органам- семенам.

С учетом вышеуказанных факторов распространения тяжелых металлов, путей попадания в организм человека и проанализированной научно- публицистической литературы, предоставляется возможность сформулировать некоторые дополнения к существующим способам предотвращения распространения ТМ, их попадания в организм человека и полного избавления от данных экотоксикантов.

Автором предлагается:

1. При выборе места под возведение производств с опасными и вредными выбросами, включающими ТМ учитывать синергизм и антаго-

низм данных химических соединений. Все дело в том, что токсичность металлов имеет зависимость от их совместного воздействия. Пример: при попадании кадмия в среду, заведомо имеющую цинк и медь, происходит резкое усиление общего токсического действия (проявление синергизма). Антагонизм являет собой ситуацию, когда токсичность группы металлов ниже, чем каждого по отдельности. Составление подробной карты синергизма и антагонизма тяжелых металлов поможет ослаблять действие ТМ в уже загрязненных почвах.

2. Увеличение количества посредников в миграционном пути тяжелых металлов. Пример: использование насаждений в роли «барьера» для почвы от ТМ.

3. Применение фитомелиорации.

4. Ввиду того, что растения, помогающие выносить ТМ из почвы накапливают в своих частях разное количество ионов ТМ, необходимо раздельно перерабатывать стебли, корни, листья, соцветия, зараженные данными экотоксикантами.

5. Ужесточить законодательство об использовании химических реагентов в сельском хозяйстве, содержащих тяжелые металлы.

В последние годы проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами проявляется особо остро. Употребление человеком в пищу растительных и животных продуктов несет непоправимый вред здоровью. На основе научных и статистических данных были определены локальные и общие источники тяжелых металлов, поступающих в человеческий рацион. Снижение выбросов ТМ со стороны крупных производств неизбежно приведет к снижению данных поллютантов во всех сферах человеческой жизни.

Список использованных источников

1. Гаевая Е. В. Тяжелые металлы в продуктах питания юга Тюменской области: монография / Е. В. Гаевая, Е. В. Захарова, Л. Н. Скипин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 146 с. – Текст : непосредственный.

2. Протасов В. Ф. Экология здоровья и природопользование в России / В. Ф. Протасов, А. В. Молчанов. – Москва : Финансы и статистика, 1995. – 524 с. – Текст : непосредственный.

3. Дончева А. В. Прогнозирование изменения природы горно- металлургическим производством в зоне тайги (на примере медноникелевых комплексов в Мончегорске и Садбери) / А. В. Дончева, В. Н. Калуцков. – Текст : непосредственный // Вестник МГУ. - 1976. - №5. - С. 65-72.

4. Ильин В. Б. Распределение свинца и кадмия в растениях пшеницы, произрастающей на загрязненных этими металлами почвах / В. Б. Ильин, М. Д. Степанова. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 1980. - №5. – С. 114-119.

5. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. - Москва : Агропромиздат, 1987. – 142 с. - Текст: непосредственный.

УДК 338.439

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Проничева К. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

К 2050 году планируется рост населения, численность которого должна превысить по некоторым оценкам 9 миллиардов человек, в связи с чем связан будущий глобальный спрос на продовольствие. Все это приводит к проблемам, стоящим перед продовольственными и сельскохозяйственными системами в условиях изменения климата и глобальных мега тенденций, которые формируют будущий мир.

Устойчивое обеспечение мира продовольствием – одна из главных задач нашего общества. Экспоненциальный рост численности населения в период 1961-2000 годов увеличил спрос на продовольствие. Спрос был удовлетворен за счет сочетания научно-технических достижений, государственной политики, институционального вмешательства и инвестиций в бизнес, инноваций и поставок. Однако увеличение затрат и объемов производства на фермах частично произошло за счет пагубного воздействия на окружающую среду. По оценкам, в 2050 году население составит 9,7 миллиарда человек, и нам потребуется примерно на 70 % больше продовольствия, доступного для потребления человеком, чем потребляется сегодня [1].

Потеря продуктов питания – это уменьшение массы съедобных продуктов питания, которое происходит на этапах производства, послеуборочной обработки и переработки в цепочке поставок продуктов питания, в то время как пищевые отходы относятся к тому, что теряется в розничной торговле и потребителями. Восстановление потерь и отходов продуктов питания – это огромная возможность снизить производственный спрос, учитывая, что по цепочке тратится около 1,6 миллиарда тонн продуктов питания, из которых 1,3 миллиарда являются съедобными. Относительные объемы потерь продовольствия и пищевых отходов в различных регионах различаются [1].

Наука и технологии в области продовольствия призваны сыграть важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и безопасности питания. Технологии сохранения и стабилизации пищевых продуктов для продления срока годности продуктов (например, такие методы обра-

ботки, как сушка, термическая обработка или обработка под высоким давлением для снижения микробной нагрузки или ферментация для снижения pH) обеспечивают доступность и безопасность пищевых продуктов и являются неотъемлемой частью устойчивости продовольственного снабжения и сокращения пищевых отходов. Эффективные методы обработки после сбора урожая от фермы до розничной торговли, включая поддержку логистики и инфраструктуры, могут снизить потери свежих продуктов. Это становится все более актуальным, поскольку продовольствие, производимое в сельской местности, должно охватывать растущее население городских районов и мегаполисов. Это приводит к усилению давления в целях оптимизации распределения потоков продовольствия, улучшения доступа к соответствующим видам транспорта, инфраструктуре и более эффективному управлению логистикой холодильных цепочек для обеспечения устойчивого снабжения продовольствием [2].

С точки зрения переработки, новые технологии экстракции, такие как ультразвук, могут улучшить извлечение масла из биомассы. Естественное сохранение путем ферментации и технологии разделения, такие как прямой осмос, открывают потенциал для создания новых пищевых ингредиентов с добавленной стоимостью и биоактивных веществ из пищевых потерь и пищевых отходов. Предпочтительным вариантом повышения продовольственной безопасности является восстановление и спасение потерь продовольствия и пищевых отходов для потребления человеком.

В различных странах были созданы продовольственные банки для спасения и распределения полезных продуктов питания среди уязвимых групп населения. Эти инициативы сокращают количество пищевых отходов [2].

Продовольственная безопасность в области питания осложняется тем фактом, что нам необходимо увеличить количество доступных продуктов питания; но в то же время более 2 миллиардов человек страдают ожирением или избыточным весом. Сокращение чрезмерного потребления среди этой группы населения представляет собой значительную возможность повысить продовольственную безопасность, не оказывая негативного воздействия на окружающую среду, и в то же время уменьшить последствия глобального бремени для здоровья из-за плохого питания.

Устойчивые диеты должны защищать биоразнообразие и окружающую среду, оптимизировать природные ресурсы, быть приемлемыми с культурной точки зрения, доступными и доступными для различных групп населения, будучи при этом безопасными и питательными. Изменение рациона питания увеличило спрос на продукты животного происхождения.

С ростом численности населения необходимо разрабатывать новые устойчивые источники белка из неживотных источников. Зерновые

культуры были и, как ожидается, будут оставаться основным источником растительного белка. Зернобобовые являются новым источником и становятся все более заметными с улучшением методов производства. Бобовые являются привлекательной альтернативой с точки зрения здоровья, поскольку они богаты белками, клетчаткой и микроэлементами. Биомасса водорослей является перспективным возобновляемым источником белка, но экономика производства в настоящее время ограничивает рост отрасли. Усовершенствованные системы производства морских продуктов могут обеспечить будущий рост растительных продуктов питания [3].

Переход от биотоплива первого поколения, в котором используются высокопахотные земли (т. е. сырье, такое, как кукуруза, сахарный тростник), к биотопливу второго поколения из маргинальных земель или отходов (т. е. целлюлозный материал) может несколько смягчить напряженность между использованием продуктов питания.

Учитывая, что возможности для открытия новых пахотных участков ограничены, крайне важно, чтобы при открытии новых земель была сопутствующая инфраструктура (например, для сбора и хранения осадков), чтобы избежать их потери в результате транспирации из почвы. Также необходимо учитывать значительное падение уровня грунтовых вод с годами, что приводит к деградации производственной среды [3].

Аквакультура является самым быстрорастущим сектором производства продуктов животного происхождения в мире. Ожидается, что глобальный рост аквакультуры продолжит удовлетворять предполагаемый спрос на дополнительные 40 миллионов тонн водных продуктов питания к 2030 году для поддержания текущего потребления на душу населения. Необходимы устойчивые методы производства, включая переход от кормов на основе рыбы к кормам на основе растительных продуктов, и экологически чувствительное развитие, которое сводит к минимуму воздействие на прибрежные экосистемы. Интенсивная аквакультура нуждается в технологиях, снижающих риск массовой смертности от болезней. К ним относятся быстрый и высокопроизводительный скрининг на болезни, улучшенный отбор на устойчивость к болезням, производство и распространение улучшенных рационов питания с использованием более устойчивых ингредиентов и улучшенное экологическое управление производственными прудами и прилегающими средами [4].

Таким образом, сокращение потерь продовольствия и увеличение объема продовольствия, производимого для потребления человеком, является очевидной возможностью повысить продовольственную безопасность без увеличения нагрузки производства на окружающую среду, а также развитие науки и технологий в области продовольствия.

Список использованных источников

1. Silva J. G. The state of food Insecurity in the world 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress / J. G. Silva. - Rome : FAO publication, 2015. – 62 p. – Direct text.
2. Keating B. A. Food wedges: framing the global food demand and supply towards 2050 / B. A. Keating, M. Herrero, P. S Carberry. – Direct text. // Glob. Food Sec. – 2014. - № 3. – P. 125–132.
3. Silva J. G. The State of World Fisheries and Aquaculture : Opportunities and Challenges / J. G. Silva. – Rome : FAO, 2014. – 243 p. – Direct text.
4. Hajkowicz S. Rural Industry Futures Megatrends impacting Australian agriculture over the coming twenty years / S. Hajkowicz, S. Eady. - Australia : CSIRO and RIRDC, 2015. – 108 p. – Direct text.

УДК 338.439.6:332.1

ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Проничева К. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Современное производство и потребление продовольствия не может рассматриваться как устойчивое и создает проблемы в связи с его широким охватом с участием различных субъектов. Более того, в условиях демографических изменений и растущего населения планеты проблемы устойчивости, возникающие в связи с продовольственными системами, вероятно, станут более серьезными в будущем. Неустойчивость нынешних механизмов обусловлена индустриализацией и глобализацией сельского хозяйства и пищевой промышленности, смещением моделей потребления в сторону более диетического животного белка, появлением современных стилей питания, которые влекут за собой продукты с высокой степенью переработки, растущим разрывом в глобальном масштабе между богатыми и бедными и парадоксальным отсутствием продовольственной безопасности в условиях изобилия продовольствия [1].

Изменение климата ставит под угрозу уникальные экосистемы, приводит к более экстремальным погодным явлениям, сокращает биоразнообразие и во многих отношениях угрожает нашему нынешнему образу жизни. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах приводит к более чем 60% глобальных выбросов парниковых газов и составляет от 50 до 80% от общего объема использования ресурсов. Таким образом, повышение экологической устойчивости моделей питания людей становится все более важным. Особенно в странах с высоким уровнем дохода преобразование по-

требления продуктов питания считается необходимым условием для достижения глобальных целей в области устойчивого развития [2].

Экологически устойчивое потребление продуктов питания (ЭУПП) можно определить как использование продуктов питания, которые отвечают основным потребностям и обеспечивают лучшее качество жизни при минимальном использовании природных ресурсов, токсичных материалов и выбросов отходов и загрязняющих веществ в течение жизненного цикла, чтобы не ставить под угрозу потребности будущих поколений. Основные примеры ЭУПП включают увеличение потребления продуктов растительного происхождения и выборе сезонных продуктов. В некоторых, но не во всех случаях покупка продуктов местного производства и/или продуктов органического производства также может быть более экологически устойчивой [3].

Предпочтения в еде, выбор и привычки занимают центральное место в человеческих культурах, и потребление пищи выходит далеко за рамки ее функциональной роли как средства выживания. Пищевые привычки, как известно, трудно изменить, поскольку они являются центральным аспектом образа жизни людей и их социокультурной среды. Выбор продуктов питания также зависит от маркетинговых усилий продовольственных компаний, которые привели к изменениям в нормах питания, предпочтениях в категориях продуктов, напитков и в культурных ценностях, лежащих в основе пищевого поведения [3].

Люди могут покупать экологически устойчивые продукты по функциональным, социальным, этическим или эмоциональным причинам, таким, как цена и восприятие здоровья, например, питательная ценность, безопасность пищевых продуктов, сенсорная привлекательность, например, вкус, благополучие животных и поддержка местной экономики [1].

Индустрия органических продуктов питания имеет большую финансовую заинтересованность в том, чтобы убедить потребителей в том, что органические продукты питания не просто органические (что означает, что они сертифицированы на соответствие заданному набору критериев, связанных с производством продуктов питания), но также здоровее, вкуснее и лучше для окружающей среды. Органические продукты питания могут помочь решить множество социальных, экономических и этических проблем, но это сопряжено с более высокими финансовыми затратами и сокращает другие отрасли, такие как генная инженерия или производство искусственных добавок, которые сами по себе могут принести экологические выгоды в некоторых обстоятельствах.

Список использованных источников

1. Epstein L. The influence of taxes and subsidies on energy purchased in an experimental purchasing study / L. Epstein, K. Dearing, L. Rob, E. Finkelstein. – Direct text // Psychological Science. – 2010. - № 21 (3). – P. 406-414.

2. Halberg N. Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms / N. Halberg, G. Verschuur, G. Goodlass. – Direct text // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2005. - № 105 (1-2). – P. 195-212.

3. Larceneux F. Why might organic labels fail to influence consumer choices? Marginal labelling and brand equity effects / F. Larceneux, F. Benoit-Moreau, V. Renaudin. – Direct text // Journal of Consumer Policy. – 2012. - № 35 (1). – P. 85-104.

УДК 57.021

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОГО ПРЕМИКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА К ВОЗДЕЙСТВИЮ СТРЕССА

Сбродов И. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Переработки (увеличение трудовой нагрузки более разрешенных законом 40 часов в неделю или сверхурочная работа) и стресс на рабочем месте, влияние негативной информации, ухудшение эпидемиологической ситуации становятся нормой для современного человека, что приводит к динамичному росту психических заболеваний (расстройств), что в целом снижает качества жизни. Многие россияне решают данную проблему обращаясь к психотерапевтам или приёмом антидепрессантов.

Целью научной работы является разработка пищевого премикса, способного купировать повышенную психологическую нагрузку на организм в составе мучного кондитерского изделия функционального назначения, предназначенного для системного употребления.

Развитие стрессовой активности в организме человека связано с повышенной продукцией центральных и периферических (кортизол) стрессорных гормонов. Накопительный износ организма является результатом излишней реакции на стресс, ведущий к раннему старению и перегрузке организма. Данное состояние наступает при воздействии сильного стресса, или при снижении способности организма преодолевать стресс. [1]

Система синтеза серотонина играет важнейшую роль в ослаблении пагубных последствий воздействия стресса и выполняет защитную роль, являясь химическим посредником в синапсах лимбической системы человеческого мозга.

Серотонин увеличивает синтез окситоцина в нейронах центральной нервной системы. Его малоактивный синтез или его отсутствие приводят к формированию депрессий и тревожности. [2]

Гормон серотонин образуется, в основном, из незаменимой аминокислоты триптофана, в энтерохромаффинных клетках, являясь результатом протекания двух реакций: 5-гидроксилирования 5-триптофангидроксилазой и декарбоксилирования 5-гидрокси-L-триптофана триптофандекарбоксилазой. [3]

Повышенная восприимчивость к стрессу может быть следствием малого поступления магния в организм с пищей. Ионы магния – это универсальные природные стабилизаторы всех подтипов N-метил-О-аспартата (NMDA)-рецепторов, возбуждающихся при любом стрессе. [4]

В синергии с магнием находится пиридоксин (витамин В6), он способствует усвоению магния и проникновению его внутрь клетки.

По данным мета-анализа, проведённого в 2011 году, адекватное потребление Омега-3 (10-45% от суточной нормы) повышает резистентность организма к стрессовому воздействию и снижает активность симптоматики при биполярной депрессии. [6]

Премикс будет представлять собой смесь БАД (чистый пиридоксин, цитрат магния) и растительного сырья: жмых подсолнечника (триптофан) и льняное семя (Омега-3). Магний в виде соли лимонной кислоты является биоусвояемым. [5] Общая масса премикса рассчитана при помощи программы Excel и составляет 20 г.

В таблице 1 представлена рецептура премикса «Антистресс», предназначенная для включения в традиционную рецептуру мучных кондитерских изделий с заменой до 20% малоценных ингредиентов (мука, жир, сахар).

Таблица 1

Количество и соотношение компонентов в премиксе

Наименование компонента	**Масса, г**	**Массовая доля, %**
Пиридоксина г/хл	0,003	0,2
Цитрат магния	0,26	1,3
Подсолнечный жмых	9,7	48,5
Семена льна	10	50

Форма реализации премикса – вакуумной упаковке (1 упаковка на 0.5 кг полуфабриката). Способ употребления – добавление в основное сырьё на стадии смешивания эмульсии и сухой части.

Таблица 2

Содержание нутриентов в одной упаковке

Наименование нутриента / ед. измерения	**Содержание в одной упаковке**	**% от суточной нормы потребления**
Пиридоксин, мг	0,6	30
Магний, мг	125	35
Триптофан, мг	94,8	45
Омега-3, г	2,8	59

Разработанная рецептура премикса является актуальной в сегодняшней обстановке для населения, испытывающих повышенную стрессовую нагрузку и может применяться при производстве мучных кондитерских изделий.

Список использованных источников

1. Луцкий И. С. Влияние хронического психоэмоционального стресса на формирование эндотелиальной дисфункции, процессы ремоделирования сосудов и снижение мозгового кровотока / И. С. Луцкий. – Текст : непосредственный // Кубанский научный медицинский вестник. - 2015. - № 3. – С. 54-60.

2. Чернышева М П. Нонапептид окситоцин : соматические и висцеральные функции при некоторых психопатологиях / М. П. Чернышева, А. Д. Ноздрачев. – Текст : непосредственный // Психофармакология и биологическая наркология. - 2009. - Т. 9, № 3-4. – С. 2574-2590.

3. Воздействие экзогенного серотонина на системные реакции живого организма / А. А. Горячева, В. Н. Морозов, Е. М. Пальцева[и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник новых медицинских технологий. - 2007. - Т. 14, № 3. – С. 28-30 .

4. Основы терапии и профилактики стресса и его последствий у детей и подростков / Е. С. Акарачкова, С. В. Вершинина, О. В. Котова, И. В. Рябоконь. – Текст : непосредственный // Вопросы современной педиатрии. - 2013. - Т. 12, № 3. – С. 38-44.

5. Спиричев В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2005. – 548 с. – Текст : непосредственный.

6. Sarris J. Omega-3 for bipolar disorder: meta-analyses of use in mania and bipolar depression / J. Sarris, D. Mischoulon, I. Schweitzer. – Direct text. // J Clin Psychiatry. – 2012. - № 6. – P. 59-72.

Научный руководитель: Попов В. Г., доктор технических наук, профессор

УДК 661.842

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОВМЕСТИМОСТИ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА В ПРИСУТСТВИИ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Серых Т. А., Бадретдинова В. Т.,
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

В настоящее время для замены костной ткани активно используются материалы на основе гидроксиапатита (ГА). ГА является неорганической

составляющей костной ткани. Органическую часть составляют клетки (остеобласты, остокласты и остеоциты) и межклеточное вещество(коллаген и неколлагеновые белки).

Материалы на основе фосфата кальция (ФК) являются аналогами костной ткани и обладают необходимыми свойствами: биосовместимостью, биоразлагаемостью, высокой прочностью, инертностью и имеют развитую структуру. Кроме того, биоматериалы на основе ФК не токсичны и не вызывают воспалительную реакцию. В связи с этим, такие биоматериалы после попадания в организм рассасываются и в последствии заменяются новой костной тканью [1].

Вследствие этого была создана модельная система ГА с добавлением оптически активных веществ в различных концентрация (от 10 нмоль до 10 ммоль): L-глутаминовая и L-аскорбиновая кислоты, которые способствуют разрастанию костной ткани.

Целью работы являлось изучение биосовместимости материала на основе ГА в присутсвии оптически активных веществ по отношению к клеточной линии MC3T3-E1.

В ходе работы изучали биологический отклик клеточной линии MC3T3-E1 на полученных образцах на основе ГА. Наиболее интенсивный рост клеток наблюдали на образцах с инкорпорированной L-глутаминовой кислотой, особенно при концентрации 10 ммоль. Начало резорбции образцов отмечается через 4 дня. Было выялено, что полученный материал является биосовместимым по отношению к клеточной линии MC3T3-E1.

Таким образом, была создана технология образования биоматериала на основе ГА в присутсвии оптически активных веществ и исследована его биосовместимость.

Список использованных источников

1. Advancing frontiers in bone bioprinting / N. Ashammakhi, A. Hasan, O. Kaarela[et all]. – Direct text // Advanced healthcare materials. – 2019. - № 8. – P. 180- 204.

Научный руководитель: Уласевич С. А., кандидат химических наук, доцент-исследователь

УДК 641.05

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНАЦИЙ СМУЗИ ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

Скрипник А. С.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Одним из путей улучшения состояния здоровья населения является формирование здорового образа жизни. За последние годы значи-

тельно возросла в России популярность мероприятий по сохранению и укреплению собственного здоровья. Для достижения максимального результата необходимо придерживаться нескольких принципов, к основному, по мнению учёных, относят соблюдение здорового и сбалансированного питания. Людям, активно занимающимся физкультурой, необходимо потреблять в пищу большее количество белковых продуктов для поддержания высокой скорости метаболизма, а также формирования мышечной массы [1].

Занятие физкультурой связаны со значительными затратами организма энергией. Белки (протеины, полипептиды) являются высокомолекулярными органическими гетерополимерами (нерегулярные биополимеры), состоящие из цепочек остатков L-альфа-аминокислот, последовательно соединённых друг с другом пептидными связями. Для населения, занимающегося регулярно физкультурой важны белки, содержащие незаменимые аминокислоты, которые поступая в кровь способствуют повышению концентрации инсулина и соматотропного гормона, который стимулирует рост костного скелета.

Они являются строительным материалом для мышц и органов тела, укрепляют иммунитет, а также способствуют лучшему усвоению витаминов и минералов. Проблемой для спортсменов является поиск индивидуальных для употребления аминокислот, витаминов-антиоксидантов и минеральных веществ. При резкой интенсификации метаболизма потребность организма в этих нутриентах возрастает, в то время как при недостатке витаминов развивается состояние гиповитаминоза, которое характеризуется ухудшением самочувствия, быстрой утомляемостью, снижением работоспособности и защитных реакций организма [2].

Начинающие спортсмены не уделяют должного внимания спортивному питанию, а предпочитают фармакологические препараты. По мнению специалистов, спортивное питание необходимо сочетать с основным рационом. Основной задачей технологов является научное обоснование и разработка новых продуктов питания для населения, активно занимающегося физкультурой с целью купирования отрицательного влияния на организм.

Целью научных исследований является напиток смузи - коктейль. Основой для его производства является смесь фруктов с добавлением излята белка. Важным критерием, характеризующим качество поступающего белка, являются способность усваиваться организмом [3].

Чем больше пищевой белок по аминокислотному скору приближен к белку организма человека, тем выше его биологическая ценность.

На первоначальном этапе был рассчитан аминокислотный скор (АС) смеси казеина и сывороточного белка (таблица 1).

Таблица-1

Аминокислотный скор

Название НАК	Содержание НА в белке	Содержание НА в белке молока
Изолейцин	0,33	6
Лейцин	0,46	9
Лизин	0,37	8,2
Метионил	0,21	2,8
Валин	0,35	7,2
Фенилаланин+тирозин	5,7	5
Треонин	0,24	4,9
Триптофан	0,8	1,7

По мнению автора, наиболее оптимальной основой для смузи-коктейля, могут быть листья мяты, ягоды клубники, банан с добавлением изолята белка. Полученный напиток отличаются высокой биологической ценностью и приятным ароматом.

Изолят – это одна из разновидностей сывороточного протеина, которая является белково-содержащей добавкой. Отличительной ее особенностью является то, что она проходит серьезную и тщательную очистку от примесей и лактозы.

При проведении научных исследований проанализированы дополнительные источники по разработке рецептур напитков с компонентом изолят белка. В Патенте «Газированный протеиновый напиток» предложен белок молочной сыворотки примерно от 2% по массе до 15% по массе при использовании. Источником белка молочной сыворотки является изолят белка молочной сыворотки, по существу свободной от казеина и лактозы. [4]

В Патенте «Белково восстановительный напиток» приводится рецептура напитка, способ приготовления. Композиция белкового регидратирующего и восстанавливающего напитка содержит гидролизованный белок молочной сыворотки. При этом напиток имеет определённую горечь, кислотность и терпкость. [5]

В процессе исследования был проведен патентно-информационный обзор рынка спортивного питания. Предложена рецептура и технология получения смузи - коктейля для населения, активно занимающегося физкультурой. Изучены и подобраны дополнительные ингредиенты, которые позволят улучшить качество готового коктейля. В дальнейшем планируется проведение медико-биологических исследований, доказывающие максимальную усвояемость ингредиентов и способствующие быстрому росту мышечных клеток.

В таблице 2 показана рецептура и химический состав напитка для населения, активно занимающегося физкультурой.

Таблица 2

Химический состав ингредиентов на 230 мл. напитка

Нутриенты, ед. измерения	**Банан**	**Клубника**	**Молоко**	**Излят белка**	**Итого**	**Норма потребления**	**% от нормы потребления**
Масса нетто. г	50	50	100	24			
Белки, г	0,8	0,4	17	12,7	30,9	75	41,2
Жиры, г	0,3	0,2	2	-	2,5	83	3,01
Углеводы, г	10,5	3,8	0	-	14,3	365	3,91
Витамины							
A	10	2,5	8	-	20,5	900	2,27
B1	0,02	0,015	0,24	-	0,275	1,5	18,3
B2	0,025	0,025	0,13	-	0,18	1,8	10
B6	0,19	0,03	0,01	-	0,23	2	0,23
B4	9,8	5,7	384	-	399,5	500	79,9
C	5	30	2	-	37	90	41,1
Минеральные вещества							
Ca	10	20	6	-	36	1000	3,6
Mg	21	9	23	-	54	400	13,5
Si	38.5	49,5	0	-	88	30	293,3
E	0.2	0,25	1,7	-	2,15	15	14,3

Список использованных источников

1. Шатнюк Л. Н. Обогащение напитков / Л. Н. Шатнюк, А. В. Юдина. - Текст : непосредственный // Пищевая индустрия. - 2011. - № 4 (9). – С. 28-30.

2. Дурнев А. Д. Функциональные продукты питания / А. Д. Дурнев, О. А. Оганесянц, А. Б. Лисицин. - Текст : непосредственный // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. - 2007. - № 9 – С. 15-22.

3. Актуальные разработки функциональных продуктов питания. – Текст : электронный. – URL : http://yandex.ru.doc/RU2351143C2_20090410 (дата обращения : 19.03.2021).

4. Газированный протеиновый напиток и способ его изготовления. - Текст : электронный. – URL : https://yandex.ru.doc/ RU2351143C2_20090410 (дата обращения : 19.03.2021).

5. Белковый восстанавливающий напиток. - Текст : электронный. – URL : https://findpatent.ru/250/2500301.html (дата обращения : 19.03.2021)

Научный руководитель: Попов В.Г., доктор технических наук, профессор

УДК 641.56

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНДИТЕРСКОГО ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ

Соловьев В. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Железодефицитная анемия (ЖДА) является самым распространенным анемическим синдромом, составляющим около 80% всех анемий. По данным ВОЗ, число людей с дефицитом железа во всем мире достигает 200 млн. человек. К наиболее уязвимым в отношении развития ЖДА группам относятся женщины детородного возраста, беременные, дети младших возрастных групп, что представлено на рисунке 1. [3]

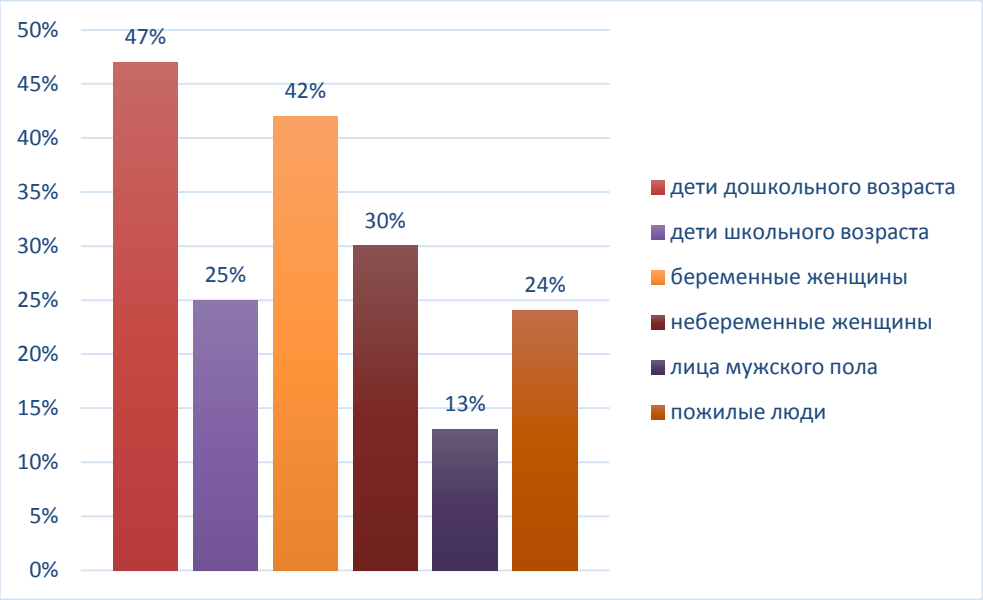


Рисунок 1 - Распространение ЖДА среди населения в зависимости от возраста

Таблица 1

Влияние железодефицита на развитие различных возрастных групп

Возраст	**Факторы, влияющие на развитие**
до 9 лет	Задержка психомоторного развития, нарушения когнитивных функций, что ведет к сложностям в обучении и проблемам с поведением
9 - 16 лет	Задержка полового развития, синдром хронической усталости, ослабление иммунного статуса, увеличение риска возникновения инфекционных заболеваний, нарушение работы желез внутренней секреции, нервной системы, увеличение абсорбции тяжелых металлов
старше 16 лет	Существенное ухудшение памяти, сдвиги в психике, повышенная замкнутость, неоправданная бескомпромиссность, наращивание нервозности и раздражительности.

Данная таблица наглядно показывает необходимость потребления физиологических норм железа. Однако железо является одним из плохо усвояемых микроэлементов, поскольку лишь 20-30% железа, содержащегося в продуктах животного происхождения усваиваются организмом, а из продуктов растительного происхождения – 10%. Поэтому необходимо, чтобы в организм вместе с железом поступали такие элементы, как витамин С, витамин А или витамины группы В, а также стоит избегать излишков кальция, поскольку тот препятствует усвоению железа.

Также рынок растительных продуктов по данной тематике гораздо меньше, нежели рынок продуктов животного происхождения для профилактики железодефицита, что делает вход в него проще.

Было разработано функциональное кондитерское изделие, способствующее профилактике железодефицита.

Основой данного изделия будет являться сдобное печенье с частичной заменой пшеничной муки на чечевичную муку. Таким образом будет повышено содержание железа в самом печенье, а также витаминов группы В необходимых для его усвоения.

Для улучшения усвоения поступающего растительного железа будет использоваться густая начинка на основе сладкой бобовой пасты адзуки с добавлением измельченных сублимированных ягод клубники и черной смородины и бананов сладкая.

Ягоды черной смородины и клубники помимо высокого содержания витамина С (в 100г 222% и 67% от суточной нормы соответственно), также являются источниками небольшого количества железа и витаминов группы В.

Сублимированные бананы выступают как источник, главным образом, витамина В6 (в 100г 19% от суточной нормы).

Сладкая бобовая паста в свою очередь будет являться очередным источником железа, также в меньших количествах витаминов группы В.

Таблица 2

Химический состав 100г функционального продукта

Наименование сырья	**Масса, г**	**B1, мг**	**B2, мг**	**B6, мг**	**C, мг**	**PP, мг**	**Fe, мг**
Печенье "Fercup"	64,33	0,10	0,07	0,12	0,00	0,66	2,07
Мука чечевичная	14,01	0,07	0,03	0,08	0,00	0,25	1,65
Мука пшеничная	14,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,17	0,17
Сливочное масло	8,41	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Яйцо куриное	6,75	0,00	0,03	0,01	0,00	0,24	0,17
Сахар	21,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Начинка	35,67	0,05	0,02	0,05	13,87	0,34	0,84
Бобовая паста	22,29	0,05	0,02	0,03	0,62	0,28	0,69
Смородина черная	5,10	0,00	0,00	0,01	10,19	0,02	0,07
Клубника	4,46	0,00	0,00	0,00	2,68	0,02	0,05

Окончание таблицы 2

Бананы	3,82	0,00	0,00	0,01	0,38	0,02	0,02
Итого:	100,00	0,15	0,10	0,17	13,87	1,01	2,91
Норма потребления		1,50	1,80	2,00	90,00	20,00	12,00
% от нормы		0,10	0,05	0,08	0,15	0,05	0,24

Приведенная выше таблица доказывает функциональность разрабатываемого продукта по содержанию витамина С и железа (Fe) в мг на 100г продукта. Разрабатываемая порция печенья составит 157г, что включает две пары печений вместе с начинкой.

Высокое содержание витамина С, также увеличит срок хранения начинки и, с правильной упаковкой, позволит добиться более приемлемого срока хранения.

Список использованных источников

1. Grantham-McGregor S. A review of studies on the effect on iron deficiency on cognitive development in children / S. Grantham-McGregor, C. Ani. — Текст : непосредственный // Journal of Nutrition. - 2001. — № 131. - С. 649-668.

2. Poorer behavioral and developmental outcome more than 10 years after treatment for iron deficiency in infancy / B. Lozoff, E. Jimenez, J. Hagen [et al.]. – Direct text. // Pediatrics. - 2000. - № 105. - С. 51.

3. Дворецкий Л. И. Железодефицитные анемии / Л. И. Дворецкий. - Текст : непосредственный // Русский медицинский журнал. - 1997. - № 19. - С. 1234-1242.

4. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / редактор И. М. Скурихин. – Москва : ДеЛИпринт, 2002. – 126 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Буракова Л. Н., кандидат технических наук, доцент

УДК 641.1

ПРЕИМУЩЕСТВА ХУМУСА В ПОВСЕДНЕВНОМ ПИТАНИИ

Филатова А. Я.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Для придания блюду дополнительных вкусовых качеств и повышения пищевой и энергетической ценности используются соусы.

Традиционно приготовленный хумус может выступать в качестве более здоровой и вкусной альтернативы многочисленным соусам, которые подаются к блюдам.

Традиционный хумус содержит уникальное сочетание нута, тахини, оливкового масла, лимонного сока и специй, которое помимо удовлетворения потребностей в питательных веществах, оказывает благоприятное воздействия на многие системы организма. Исследования NHANES доказали положительное влияние потребления хумуса в повседневном питании в отношении контроля веса, глюкозы и инсулинового отклика, сердечно-сосудистых заболеваний, рака и заболеваний органов ЖКТ. [1]

Химический состав хумуса представлен в таблице 1. [2]

Таблица 1

Химический состав на 100 г хумуса

Нутриент	**Кол-во**	**Суточная потребность**	**% от суточной потребности**
Калорийность (ккал)	237	1531	16%
Белки (г)	7.8	92	8.5%
Жиры (г)	17.8	67	27%
Полиненасыщенные жирные кислоты (г)	8.8	13.4-24.6	66%
Углеводы (г)	9.5	140	6.8%
Пищевые волокна (г)	5.5	20	28%
Витамин К, филлохинон (мкг)	22.8	120	19%
Магний, Mg (мг)	75	400	19%
Натрий, Na (мг)	426	1300	33%
Фосфор, P (мг)	181	800	23%
Марганец, Mn (мг)	1.2	2	58%
Медь, Cu (мкг)	377	1000	38%

В 100 г хумуса содержится 7,8 г белка, что составляет 8,5% от суточной физиологической потребности взрослого человека. Если рассматривать жиры, то содержание полиненасыщенных жирных кислот покрывают суточную потребность человека на 66%. Еще одна важная особенность состава хумуса – это большое содержание пищевых волокон. Одна порция этого соуса покрывает суточную потребность в пищевых волокнах на 27,5%. Хумус богат такими витаминами и минералами, как витамин К, магний, натрий, фосфор, марганец, медь. По содержанию этих нутриентов хумус можно считать функциональным продуктом питания, так как их ко-

личество восполняет физиологическую потребность человека более чем на 15% от суточной нормы потребления.

Витамин К необходим для синтеза в печени функционально активных форм белков, участвующих в свертывании крови. Содержащий в 100 г хумуса витамин К покрывает суточную потребность на 19%, что говорит о возможности использования хумуса как профилактического продукта.

Высокое содержание белков, пищевых волокон и полиненасыщенных кислот являются важными для контроля веса.

Нут, являющийся основным ингредиентом хумуса, имеет низкий гликемический индекс. [3]

Гликемический индекс – это показатель того, с какой скоростью тот или иной продукт расщепляется нашим организмом и трансформируется в глюкозу, являющуюся главным источником энергии. [2]

В доказательство профилактического эффекта хумуса при длительном употреблении было также проведено исследование, длящееся 20 недель, в котором приняли участие 45 респондентов с повышенными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. Аналогичные исследования показывают, что потребление хумуса приводит к снижению риска развития диабета 2 типа. Высокое содержание жира в хумусе замедляет всасывание углеводов.

Высокое содержание пищевых волокон, белка и наличие ингибиторов ферментов и «антинутриентов», таких как танины, присутствующих в нуте, оказывают положительное воздействие на работу сердечно-сосудистой системы. [1]

Таким образом, повседневное употребление хумуса окажет положительное влияние на организм и снизит риски множества заболеваний. Это не только полезный, но и вкусный продукт с большим разнообразием применения в повседневном рационе питания человека.

Список использованных источников

1. Augustin L.S. Post-prandial glucose and insulin responses of hummus alone or combined with a carbohydrate food: A dose-response study / L. S. Augustin, L. Chiavaroli, J. Campbell [et al.]. - Direct text. // Nutrition Journal. - 2016. – № 1. – С. 2-8.

2. Health diet : [сайт]. – URL : http://health-diet.ru (дата обращения : 24.10.2021). – Текст : электронный.

3. TEA.ru. TRENDS : [сайт]. – URL : http://tea.ru/blog/khumus/ (дата обращения : 24.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Тригуб В.В., кандидат биологических наук, доцент

УДК 60. 7

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО ИЛА НА ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД

Чернякова К. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Часто перед предприятием стоит вопрос очистки сточных вод. Наиболее распространённый и эффективный метод очистки сточных вод является биологический метод очистки стоков. Очистка сточной воды происходит за счет жизнедеятельности микроорганизмов (активного ила). Из этого можно сделать вывод, что активный ил является важным звеном в ходе биологического очищения.

Активный ил – важный комплекс бактерий для биологической очистки стоков в очистных сооружениях. Представляет собой различные по размеру хлопья, в воде.

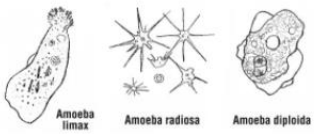
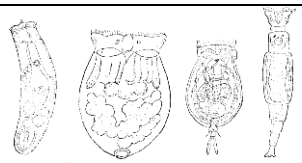
Очистка сточных вод происходит за счет всасывания органической составляющей простейшими микроорганизмами, биологическое окисление и биосорбция.

Образование активного ила происходит за счет различных химических веществ и процессов. К ним можно отнести коллоидные, взвешенными и растворенные веществами, а также скоростью и качеством процессов окисления. На процесс окисления влияет множество факторов, такие как концентрация микроорганизмов, температура условий, насыщения стоков кислородом и т.д.

В состав активного ила входят микроорганизмы, количество которых зависит от концентрации и качества сточной воды. Компонентный состав активного ила (таблица 1).

Таблица 1

Компонентный состав активного ила

№	Наименование	Изображение
1	Амебы	
2	Инфузории	
3	Коловратки	
4	Черви	

Бактерии способны превращать загрязнение сточных вод в питательную среду, тем самым и происходит процесс очищения сточных вод с помощью активного ила.

Сейчас пользуется спросом очищение сточных вод с помощью аэробного способа (с участием кислорода). Менее активным спросом пользуется анаэробный способ очистки сточных вод (в условиях дефицита кислорода). Каждый способ очистки состоит из стадий (таблица 2). Анаэробный способ очистки сточных вод превращает органические загрязнители в метан. Что в дальнейшем может использоваться в технологических процессах производства.

Таблица 2

Стадии при аэробной и анаэробной очистки сточных вод

№	**Стадии при аэробном способе очистки сточных вод**	**Стадии при анаэробном способе очистки сточных вод**
1	Массопередачи кислорода и загрязнений к поверхности активного ила	Трансформация органики в мономерные соединения
2	Сорбции загрязнений активным илом	Переход мономеров в форму коротко-цепочных кислот
3	Ферментативного гидролиза большинства исходных загрязнений	Окисление кислот до состояния уксусной кислоты
4	Переноса веществ внутрь клетки	Образование метана и углекислого газа
5	Внутриклеточного биохимического окисления загрязнений	-

Чтобы убедиться в правильности теории, мы взяли активный ил на очистных сооружениях Ново-Уренгойского ЛПУ МГ. Исследование проводилось на микроскопе МБР-1, при увеличении х100. В ходе изучения активного ила, были обнаружены микроорганизмы (инфузории, амебы, коловратки), которые и влияют на качественную очистку сточной воды. По полученным данным, были сделаны выводы о качестве воды на очистных сооружениях. Данный эксперимент позволил подтвердить теорию о том, что активный ил позволяет качественно очищать сточные воды.

Список использованных источников

1. Юровская Е. М. Микробиологическая очистка промышленных сточных вод / Е. М. Юровская. – Казань : Здоровье, 1984. – 160 с. – Текст : непосредственный.

2. Шеломков А. С. Активный ил как управляемая экологическая система / Н. В. Захватаева, А. С. Шеломков. - Москва : Экспо-Медиа-Пресс, 2013. – 285 с. – Текст : непосредственный.

3. Исследование закономерностей поглощения тяжелых металлов микроорганизмами активного ила / В. П. Панов, И. В. Зыкова, Т. Г. Макашова, А. К. Байгельдинов. – Текст : непосредственный // Журнал прикладной химии. - 2002. - Т. 75, вып. 10. - С. 1684- 1686.

4. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками : ПНД Ф СБ 14.1.77-96 : утв. Заместитель Министра В.Ф. Костин 20.03.96. - Москва : Акварос, 2009 – 54 с. –Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Казанцева Е. Ю., ассистент кафедры Общей и специальной химии

УДК 664.85

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФРУКТОВО-ЯГОДНОГО СОРБЕТА, ОБЛАДАЮЩЕГО ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИМ ДЕЙСТВИЕМ

Шахмурадова А. С.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В современных условиях при распространении короновирусной инфекции и развитии сезонных простудных заболеваниях особое значение приобретает укрепление иммунитета. Для этого можно использовать природные и обогащенные биологически активными добавками, премиксами, комплексной пищевой физиологически-функциональной системой продукты, прием которых обеспечивает как укрепление иммунитета, так и оказание профилактического действия на организм человека при увеличении риска заболеваемости.

Прогнозы по развитию рынка биологически-активных добавок с началом распространения эпидемии COVID-19 сильно увеличились: спрос на витамины и минеральные добавки, направленные на укрепление здоровья, вырос. Это связано со стремлением людей увеличить иммунитет для предотвращения негативных последствий. Учитывая тяжесть поствирусных симптомов на фоне перенесенной инфекции, в вопросах восстановления роль БАД также усилилась [1].

В связи с этим исследование иммуномодулирующих продуктов питания является актуальным направлением исследования.

Разработка замороженных десертов, основным компонентом которых является растительное сырье, является одним из решений проблем в питании современного человека. К таким десертам можно отнести сорбеты.

Сорбет или взбитый замороженный фруктовый десерт представляет собой пищевой сладкий продукт с массовой долей сухих веществ

от 2,0 до 4,0% с добавлением или без добавления натуральных ароматизаторов и красителей, и потребляемый в замороженном виде [2].

Сырье на основе плодов способно повысить биологическую ценность десерта, обогащая его биологически активными компонентами. При разработке десерта является значимой биологическая ценность используемого сырья, а следовательно и продукта.

В предложенную нами рецептуру фруктово-ягодного сорбета на основе киви и манго входит премикс с иммуномодулирующим действием на основе сублимированной клюквы.

Плоды – фрукты являются незаменимыми продуктами, без которых невозможно организовать рациональное питание. Они служат хорошим источником легкоусвояемых сахаров, органических кислот, минеральных солей, пектиновых, дубильных, ароматических и других полезных для организма веществ; многие из них ценятся как богатые источники витамина С, каротина (провитамина А), витаминов группы В, витамина Р и других.

Особое значение при профилактике инфекционных заболеваний имеет термолабильный витамин С (аскорбиновая кислота). Обогащение замороженных десертов сырьем богатым данным витамином является наиболее целесообразным именно из-за отсутствия тепловой обработки на этапе приготовления.

Аскорбиновая кислота – нестойкое вещество, при технологической обработке пищевых продуктов ее содержание снижается, в водных растворах она легко разрушается, воздух и свет ускоряют ее окисление. Она выполняет роль регулятора окислительно-восстановительных процессов и обмена веществ. Ее присутствие в тканях необходимо для нормального обмена и дыхания.

Витамин С повышает сопротивляемость организма к инфекциям. Его суточная потребность витамина от 70 до 150 г.

Значительное количество витамина С содержится в клюкве. Наличие антиоксидантов флавоноидной и полифенольной природы в естественных продуктах питания способствует сохранению в них витамина С. Содержание витамина в сублимационном порошке клюквы выше, чем в свежих ягодах. Процентное содержание аскорбиновой кислоты 0,42 %, а сублимационном порошке ± в пересчете на сырье составляет: в свежих ягодах 7,92 0,3 % ± 10,56. Следовательно целесообразно введение ягод именно в сублимированной форме [3].

Разработка рецептуры замороженного десерта «Иммунка» на основе плодово-ягодного сырья позволит не только расширить ассортимент продукции в сфере производства десертов, но при этом повысить биологическую ценность и придать иммуномодулирующую направленность путем обогащения премиксом на основе измельченной сублимированной клюквы.

Список использованных источников

1. Сергеева Н. М. Тенденции развития рынка биологически активных добавок РФ в период пандемии коронавируса / Н. М. Сергеева. – Текст : непосредственный // Азимут научных исследований : Экономика и управление. – 2021. –Т. 10, № 2. – С. 285–288.
2. ГОСТ Р 55624-2013. Десерты взбитые замороженные фруктовые, овощные и фруктово-овощные. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 684-ст: введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан ГОУ ВПО "МГУПП". – Москва : Стандартинформ, 2014. – 47 с. – Текст : непосредственный.
3. Бутенко Л. И. Сублимационный порошок клюквы - источник витамина С и аминокислот / Л. И. Бутенко, Л. В. Лигай. – Текст: непосредственный // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 6. – С. 82-84.

Научный руководитель: Тригуб В. В., кандидат биологических наук, доцент

УДК 658.62.018

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА НА КОНДИТЕРСКИЕ ИЗДЕЛИЯ С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Южакова А. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Пандемия коронавируса дала серьезный толчок к развитию интернет-торговли. В 2020 году онлайн-продажи кондитерских изделий выросли в 1,6 раз относительно 2019 года. В результате их удельный вес в структуре розничных продаж увеличился в 1,8% в 2019 году до 2,9% в 2020 году.

С 2021 года по 2025 год продажи кондитерских изделий в российской рознице будут увеличиваться на 0,6-2,2% в год. В 2025 году они составят 2,93 млн т, что на 8,7% превысит уровень 2020 года [5].

Кондитерское изделие — это многокомпонентный пищевой продукт, готовый к употреблению, имеющий определенную заданную форму, полученный в результате технологической обработки основных видов сырья: сахара и/или муки, и/или жиров, и/или какао-продуктов, с добавлением или без добавления пищевых ингредиентов, пищевых добавок и ароматизаторов [1].

Среди населения Тюменской области был проведен опрос на платформе Google Формы. В опросе участвовали 109 человек: 84,6% - в возрасте 18-24 года, 15,4% - до 18 лет. Опрошенных женщин и мужчин составило 59% и 41% соответственно.

Вопросы, которые были представлены в опросе:

1. Что больше предпочитаете из кондитерских изделий?

На основании нормативного документа ГОСТ Р 53041-2008 Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения, кондитерские изделия классифицируются на три группы, представленные на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 - Классификация кондитерских изделий

Результаты ответов на данный вопрос представлены рисунком 2.



Рисунок 2 - Предпочтения в кондитерских изделиях

Из диаграммы, можно сделать вывод, что 61% опрошенных отдают предпочтение мучным кондитерским изделиям.

2. Как часто употребляете кондитерские изделия?

Потребление в России кондитерских изделий находится на высоком уровне. В настоящее время сладкие изделия считаются повседневным продуктом, как молоко или хлеб [2].

Существует категория населения, которой противопоказано употребление кондитерских изделий по состоянию здоровью, например, аллергия, сахарный диабет, диатез, болезни зубов и ротовой полости и т.д. [4].

На основании изучения вопроса были предоставлены варианты ответа для каждого, результаты изображены на рисунке 3.



Рисунок 3 - Частота употребления кондитерских изделий

Среди опрошенных 59 % употребляют кондитерские изделия 1-3 раза в неделю.

3. В каком количестве?

При частом употреблении и в большом количестве кондитерских изделий организм вырабатывает повышенное количество инсулина. При высоком уровне гормона жиры не расщепляются, а уровень сахара в крови не понижается. Нутрициолог, клинический психолог-диетолог, член Национальной ассоциации клинического питания Анна Ивашкевич рекомендует норму кондитерских изделий рассчитывать на 40 грамм сахара в день. Согласно нормам, для взрослого человека допустимо употребление 50-75 грамм сахара, а для ребенка – в два раза меньше [3].

Результаты ответов представлены на рисунке 4.

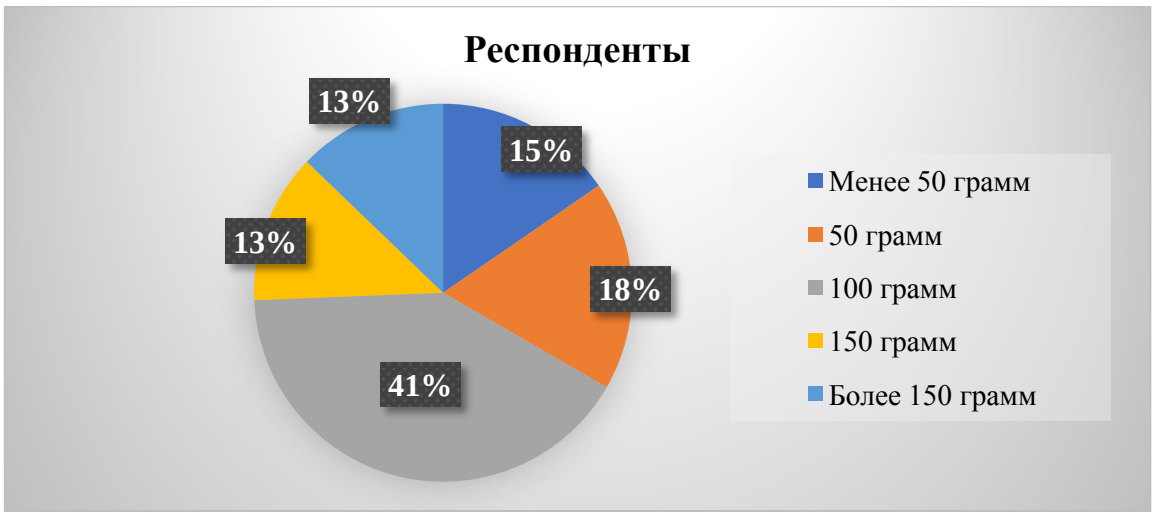


Рисунок 4 - Употребляемое количество кондитерских изделий

Из полученных ответов сделан вывод, что большинство предпочитают мучные кондитерские изделия, употребление 1-3 раза в неделю в количестве 100 грамм.

Чрезмерное употребление мучных кондитерских может привезти к увеличению веса (ожирение), развитию диабета, нарушению сердечно-сосудистой системы и другим последствиям. Решением данной проблемы служит изменение рецептур, замена ингредиентов на более полезные продукты, например, сахар заменить на другие подсластители, замена пшеничной муки на муку других злаковых культур и т.д.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 53041 – 2008. Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агенства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2008 г. № 405-ст. : введен впервые : дата введения 2010-01-01 / разработан ГНУ НИИ КП Россельхозакадемии. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с. – Текст : непосредственный.

2. Анкетолог : информационный сайт : [сайт]. - URL : http://iom.anketolog.ru/2017/03/14/sladkaya-zhizn-rossiyan (дата обращения : 14.09.2021). – Текст : электронный.

3. Здоровье Алтая : научно-медицинский сайт : [сайт]. - URL : http://altailife.ru/company/news/skolko_sladkogo_mozhno_sest_v_den_bez_vreda_dlya_zdorovya_i_figury/ (дата обращения : 15.09.2021). – Текст : электронный.

4. Dietologypro : научно-медицинский сайт : [сайт]. - URL : http://dietology.pro/blog/poleznie-statiy/pochemu-vredno-sladkoe/ (дата обращения : 15.09.2021). – Текст : электронный.

5. RBC : информационный сайт : [сайт]. - URL : http://marketing.rbc.ru/research/27414/ (дата обращения: 14.09.2021). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Буракова Л. Н., кандидат технических наук, доцент

УДК 663.052

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Южакова А. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Пищевые продукты несут для организма не только биологическую и энергетическую ценность, но и оказывают положительное и отрицательное влияние на функционирование организма. Для исследования были выбраны мучные кондитерские изделия, так как они пользуются большим спросом среди потребителей. Среди данной категории лидирующее место занимает торт. Спрос на изготовление тортов и предложение услуг по их изготовлению отображено на рисунке 1.

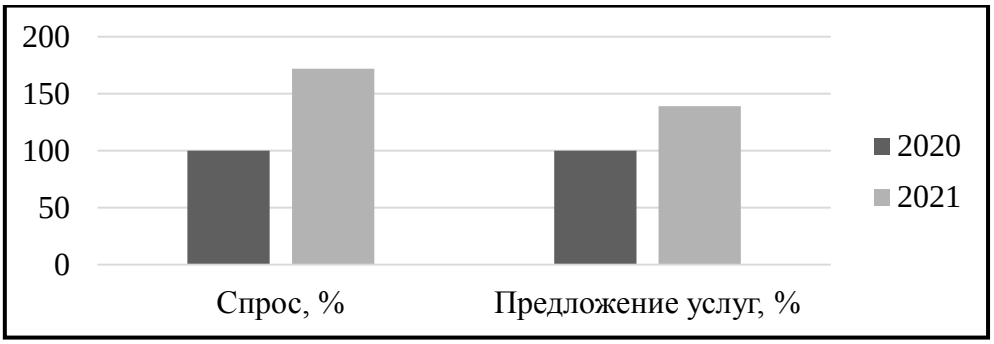


Рисунок 1 – Спрос на торты и предложение услуг по их изготовлению [2]

Пищевая добавка – вещество, используемое в производстве пищевой продукции с технологической целью для обеспечения процессов производства, транспортирования и хранения.

Классифицируются пищевые добавки по кодам от Е100 до Е1520 в следующем порядке: красители, консерванты, антиокислители, стабилизаторы, эмульгаторы, ароматизаторы (усилители вкуса), резерв, антифламинги и некоторые подсластители, биологические катализаторы, модифицированные крахмалы и растворители [1].

Для изучения состава кондитерских изделий был выбран торт «Прага», пользующий наибольшей популярностью среди тортов, от трех разных производителей:

1) АО «Кондитерско-булочного комбината «Черемушки» из серии «День торта», город Москва.

2) «Mirel» от ОАО «Хлебпром», город Челябинск.

3) ООО «Хлебпром», город Челябинск.

В таблице 1 представлены пищевые добавки, входящие в составы трех образцов, а также их срок годности.

Таблица 1

Пищевые добавки тортов «Прага» и срок годности

Пищевые добавки	**«День торта»**	**«Mirel»**	**«Белая башня»**
Эмульгаторы	Е322, Е492, Е471, Е477, Е475	Е322, Е471	Е471, Е433, Е491, Е322, Е475, Е477, Е470
Ароматизаторы	+	+	-
Антиокислители	Е306, Е304	Е300, Е307	-
Стабилизаторы	Е440, Е1442	Е440	Е415, Е460, Е331, Е466, Е339, Е412
Консерванты	Е202, Е281, Е200	Е200	Е202, Е211, Е200, Е281, Е263
Красители	Е160a, Е160c, Е150d, Е150a	Е160a	Е160a
Антислеживающие агенты	Е536, Е551	-	-
Регуляторы кислотности	Е330, Е331, Е296	Е330, Е334	Е260
Влагоудерживающие агенты	Е422, Е1520	-	Е420, Е1520, Е422
Разрыхлители	Е450, Е500	Е500	Е500
Срок годности	2 месяца. Условия хранения: от +2 до +25^{0}С, после вскрытия хранить в холодильнике	В замороженном состоянии – 12 месяцев при t=-18^{0}С. После размораживания 120 часов при температуре от +2 до +4^{0}С	10 суток

Из полученных результатов, можно сделать вывод, что в составе торта от АО «Кондитерско-булочного комбината «Черемушки» больше пищевых добавок, в отличие от остальных представителей, поэтому срок годности превышает норму, соответствующую для тортов. Пищевые добавки могут быть полезными, нейтральными и опасными для здоровья человека. Наибольшее содержание опасных пищевых добавок содержится в торте от АО «Кондитерско-булочного комбината «Черемушки», поэтому был проведен подробный анализ состава данного торта.

Пищевые добавки, которые оказывают положительное влияние и не вызывают побочных действий у организма: Е322, Е306, Е440, Е160а, Е160с.

К нейтральным относятся такие добавки, которые выводятся из организма, не усваиваясь в нем. В торте присутствуют следующие нейтральные пищевые добавки: Е471, Е475, Е202, Е200, Е150d, Е150а, Е536, Е551, Е330, Е296, Е422, Е500, Е477, Е304.

В торте из серии «День торта» от «Черемушки» содержится шесть опасных пищевых добавок: Е492, Е1442, Е281, Е331, Е1520, Е450.

Е492 или сорбитан тристеарат тяжело переваривается в желудочно-кишечном тракте, способствует нарушению обмена веществ, что может привести к ожирению и заболеваниям желудочно-кишечного тракта. Задержка роста, увеличение печени и фиброз [6].

Е1442 это модифицированный крахмал. Негативные последствия – диарея, вздутие, тошнота и рвота. Отрицательное влияние на поджелудочную железу, вызывает развитие панкреатита [3].

Е281 (пропионат натрия) вызывает мигрень при чрезмерном потреблении. Неправильная дозировка может оказывать канцерогенное влияние на организм человека, вызывать аллергические кожные заболевания, раздражения желудочно-кишечного тракта, а также ухудшение памяти [5].

Цитрат натрия – Е331. Чрезмерное потребление приводит к повышению кровяного давления, расстройству желудочно-кишечного тракта и нервной системы, а также к аллергическим реакциям [3].

Е1520 (пропиленгликоль) получают из нефтепродуктов. В организме Е1520 распадается на молочную и пировиноградную кислоту. Потребление пропиленгликоля в пищу приводит к нарушениям функций всех органов до полного разрушения тканей – мышц, костей и других. Также приводит к заболеваниям кровеносной системы, за счет снижения уровня pH крови [6].

Е450 – пирофосфаты. При чрезмерном употреблении провоцирует нарушения желудочно-кишечного тракта, болезни суставов, нарушение баланса минеральных веществ, повышение уровня холестерина, вызывающий образование сосудистых бляшек, нарушение кровоснабжение, провоцирование инсульта [4].

Подводя анализ по работе следует потребителю большое внимание уделять информации о составе продуктов питания и приобретать продукцию с наименьшим количеством пищевых добавок, исключая опасные.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 52499-2005. Добавки пищевые. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2005 г. № 539-ст : введен впервые : дата введения 2007-01-01 / разработан ГУ ВНИИПАКК. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 43 с. – Текст : непосредственный.

2. Известия : информационный сайт : [сайт]. – URL : http://iz.ru/1135176/2021-03-11/v-rossii-spros-na-torty-za-god-vyros-na-72 (дата обращения : 20.10.2021). – Текст : электронный.
3. Coolhealth.ru : [сайт]. – URL : http://coolhealth.ru/dobavki/ vliyanie-e331-na-organizm.html (дата обращение : 20.10.2021). – Текст : электронный.
4. MEDUM : информационный сайт : [сайт]. – URL : http://medum.ru/e450 (дата обращения : 21.10.2021). – Текст : электронный.
5. Muvrasil : информационный сайт : [сайт]. – URL : http://muvrasil.ru/konservanty-e/konservant-e281-propionat-natriya (дата обращения: 21.10.2021). – Текст : электронный.
6. OUM.RU : информационный сайт : [сайт]. – URL : http://www.oum.ru/literature/zdorovje/pishchevaya-dobavka/ (дата обращения: 20.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Мозжерина И.В., кандидат технических наук, доцент

УДК 637.146.34

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЙОГУРТА

Яковлева С. Ю.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Одним из важных факторов здоровья и продолжительности жизни населения являются качественные продукты, здоровое питание, поэтому необходимо проводить контроль качества и безопасности выпускаемой продукции в соответствии с нормативной документацией. В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза, молочные продукты, молоко, кисломолочные продукты, реализуемые на территории Таможенного союза, подлежат обязательной сертификации.

По данным Роспотребнадзора Тюменской области в 2020 году вес неудовлетворительных проб молока и молочных продуктов по физико-химическим показателям составляет 3,6%, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям- 3,5% [1].

Йогурт – это кисломолочный продукт, получаемый путем сквашивания молока термофильными микроорганизмами. Оценку качества йогурта проводят по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. В качестве закваски для получения йогурта можно использовать штаммы молочнокислых организмов, таких как streptococcus thermophillus, lactobacillus bulgaricus [2].

В связи с тем, что йогурт относится к скоропортящимся продуктам, очень важным условием его безопасного употребления является правильное хранение. Подходящий температурный режим для каждого вида продукта помогает сохранить все полезные бифидо- и лактобактерии. Но, количество полезных бактерий в йогурте к концу срока годности может значительно снижаться. Меньше всего хранятся биойогурты, в которых содержатся живые кисломолочные бактерии в высокой концентрации. Их максимальное время пребывания в холодильнике — 7 суток от даты выпуска при температуре +2…+4◦С [2].

Идентификация йогурта проводится по ее наименованию и признакам, изложенным в нормативной документации визуальным, органолептическим и аналитическими методами. С помощью органолептических показателей можно определить внешний вид, консистенцию, цвет, вкус запах [3].

В результате проведенной нами оценки было отмечено, что в образцах йогуртов функционального назначения, к 3-м суткам цвет не изменяется, консистенция осталась изначальной, все органолептические показатели советуют требованиям. К окончанию срока годности органолептические характеристики так же сохранились.

Молочные продукты могут быть фактором передачи кишечных инфекций. Определение дрожжей и плесневых грибов проводится в соответствии с ГОСТ 33566-2015. Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов. Метод основан на способности дрожжей и плесневых грибов, содержащихся в молоке и молочной продукции, независимо от их видовой и групповой принадлежности, при посеве продукта либо его разведений на плотную питательную среду может образовывать видимые характерные колонии через 3-5 сут. при температуре (24±1)°С или (30±1)°С [4].

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков и радионуклидов, а также остаточных количеств пестицидов, в продукте не должно превышать допустимых уровней, установленных техническим регламентом Таможенного союза о безопасности пищевой продукции ТР ТС 029/2012, ТР ТС 033/2013 и ТР ТС 021/2011 [2].

В результате исследований на конец срока годности йогурта были определены микробиологические показатели йогурта и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Микробиологические показатели йогурта

Наименование показателя	**Требования**	**Результаты исследований**
КМАФАнМ, КОЕ/см3 (г)	не менее $1x10^7$ молочнокислых микроорганизмов	$3,2x10^8$ молочнокислых микроорганизмов
БГКП (колиформы)	0,01	Не обнаружены
патогенные, в т. ч. сальмонеллы и L.monocytogenes	25	Не обнаружены
стафилококки S.aureus	1,0	Не обнаружены

Например, для определения Staphylococcus aureus, согласно ГОСТ 30347-97 Молоко и молочные продукты, из навески продукта готовят ряд десятикратных разведений так, чтобы можно было определить наличие или отсутствие Staphylococcus aureus в определенной массе, указанной в нормативном документе на конкретный продукт [5].

В йогурте были определены молочнокислые микроорганизмы и сухой обезжиренный молочный остаток, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели йогурта

Наименование показателя	**Требования**	**Результаты исследований**
Молочнокислые микроорганизмы, пробиотические микроорганизмы, дрожжи, КОЕ/г (см3)	Не менее $1x10^6$	$3,2x10^8$ молочнокислых микроорганизмов
СОМО, %	Не менее 8,5	8,9

Воздействие внешних факторов окружающей среды, несоблюдение технологии приготовления, условий хранения йогуртов может привести к пищевым отравлениям, поэтому необходимо проводить выборочный контроль готовой продукции. Так же готовый продукт лучше хранить в стеклянной инертной таре нежели в баночках из полистирола, который является потенциально опасным.

Таким образом, проведенные исследования показали влияние условий хранения на показатели безопасности йогурта, а также на количество молочнокислых микроорганизмов в составе йогурта. Анализируемый йогурт функционального назначения удовлетворяет всем требованиям качества и безопасности на конец срока годности, регламентируемым вышеперечисленных актуальных нормативных документов.

Список использованных источников

1. О надзоре за производством и оборотом молока и молочных продуктов в 2020 году – Текст : электронный // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области : официальный сайт. – 2021 – URL : http://72.rospotrebnadzor.ru/content/465/101494/ (дата обращения : 16.10.2021)

2. Яковлева С. Ю. Совершенствование рецептур и технологий получения йогурта функциональной направленности / С. Ю. Яковлева, В. В. Тригуб, В. Г. Попов. – Текст : непосредственный // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 67-74.

3. ГОСТ Р 54060-2010. Продукты пищевые функциональные : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвер-

жден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 684-ст: введен впервые : дата введения 2012-01-01 / разработан ГОУ ВПО "МГУПП". – Москва : Стандартинформ, 2012. – 7 с. – Текст : непосредственный.

4. ГОСТ Р 33566-2015. Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 12 ноября 2015 г. № 82-П: дата введения 2016-07-01 / разработан ФГБНУ "ВНИМИ". – Москва : Стандартинформ, 2016. – 9 с. – Текст : непосредственный.

5. ГОСТ 30347-2016. Молоко и молочная продукция. Методы определения Staphylococcus aureus. : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 25 октября 2016 г. № 92-П: дата введения 2017-09-01 / разработан ФГБНУ "ВНИМИ". – Москва : Стандартинформ, 2017. – 9 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Тригуб В. В., кандидат биологических наук, доцент

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 620.92

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТДАЛЕННЫХ МАЛОМОЩНЫХ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВИЭ

Андреева Ю. Н.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Одним из перспективных направлений в развитии энергетики в настоящее время является применение возобновляемых источников энергии. Также данный вопрос актуален и в такой концепции, как распределенная генерация.

Основными потребителями электроэнергии на узлах являются электроприводы запорной арматуры, средства автоматизации и охранно-пожарной сигнализации, а также собственные нужны проектируемых КТПЛП.

Рассмотрим, что источником внешнего электроснабжения узлов является проектируемая ветро-солнечная система автономного энергообеспечения (ВИЭ). Также предусмотрена возможность подключения мобильной дизельной электростанции для электроснабжения оборудования и подзарядки АКБ в период отсутствия заряда от генерирующих источников (отдельная площадка для размещения не требуется).

Для проведения исследования рассчитаем нагрузки проектируемого узла с учетом существующих нагрузок в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92, гл. 7 НТП ЭПП-94. Результаты расчета нагрузок приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета нагрузок узла

Наименовани	Кол-во э/п		Уст. мощность		Коэф. исп-я	Составляющие Макс. расчетной нагрузки			Год.потребление
	уст. общее / ЭП $К_и$<0,6 шт.	раб. общее / ЭП $К_и$<0,6 шт.	общ, кВт	раб, кВт	э/п	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	W, кВт*ч
Шкаф автоматики (установка в монтажном модуле)	1	1	0,1	0,1	0,9				630
Запорная арматура DN300 с электроприводом	1	1	0,75	0,75	0,16				0,00036
ИТОГО по ВИЭ:	**2/1**	**2/1**	**0,85**	**0,85**	**0,25**	**0,85**	**0,56**	**1,02**	**630**

В состав комплекса ВИЭ примем: ветрогенератор мощностью 1 кВт, мачта ветрогенератора, стойки с солнечными батареями мощностью 175 Вт/1 батарея (всего 20 шт.), блок аккумуляторных батарей емкостью 1250 А•ч, шкаф электрический, модуль преобразования напряжения (инвертор). ВИЭ разработан в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51991-2002, ГОСТ Р 51990-2002, ГОСТ Р 54100-2010, ГОСТ Р 54531-2011, ГОСТ Р 51597-2000, технических условий на электроснабжение и на основании типовой конструкторской документации.

Солнечные панели, количество которых выбирается, исходя из мощности, потребляемой оборудованием, при наличии солнечного света способны полностью обеспечить потребности контролируемых пунктов телемеханики и электроэнергии.

При недостаточной мощности, вырабатываемой солнечными панелями, выполняется автоматическое подключение ветрогенератора, используемого в качестве второго независимого основного источника электроэнергии для питания оборудования.

Для обеспечения требуемой надежности электроснабжения в качестве резервирующего устройства, обеспечивающего бесперебойность питания на определенный промежуток времени, используются аккумулятор-

ные батареи. Аккумуляторные батареи в процессе функционирования поддерживается в заряженном состоянии. Излишки вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии утилизируются при помощи балластных шкафов. При отсутствии поступления электроэнергии возобновляемых источников электрическая энергия батарей поступает в систему и обеспечивает бесперебойную работу оборудования.

Для обеспечения работоспособности блоки аккумуляторов в условии низких температур присущих климату района расположения узла, размещаются в заглубленных в грунт монтажных модулях. Монтажный модуль заглубляется в грунт, тем самым обеспечивается защита оборудования от неблагоприятного воздействия природных факторов и механических повреждений. Поддерживаемая температура внутри модуля не ниже 0 ^{o}C. Подъем оборудования монтажного модуля для последующего обслуживания (в том числе блоков аккумуляторов) выполняется с помощью лебедки (таль ручная).

Таким образом, можно сделать вывод, что применение ВИЭ целесообразно для электроснабжения проектируемых узлов. Для уточнения работы необходимо проводить уточняющие расчеты с учетом климатических особенностей региона (солнечная инсоляция и роза ветров).

Список использованных источников

1. Указания по расчету электрических нагрузок : РТМ 36.18.32.4-92 : утв. главным инженером ВНИПИ Тяжпромэлектропроект А. Г. Смирновым 13.12.92 : ввод. в действие с 01.01.93. - Москва : Тяжпромэлектропроект, 1993. – 8 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ Р 51990-2002. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2002 г. № 515-ст : введен впервые : дата введения 2003-03-21 / разработан ГосНИЦ ЦАГИ, АО ВИЭН и ВНИИНМАШ. – Москва : Стандартинформ, 2003. – 7 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ Р 54100-2010. Нетрадиционные технологии. Возобновляемые источники энергии. Основные положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. №763-ст : введен впервые : дата введения 2012-01-01 / разработан ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский центр стнадартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ» совместно с Лабораторией ВИЭ географического факультета МГУ им.Ломоносова. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 17 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.316.13

РАЗРАБОТКА ГИБКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТАМИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Антропова В. Р., Махмутова В. Р.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время на нефтегазодобывающих предприятиях (НГДП) действует подход к проведению обслуживания нефтепромыслового электрооборудования, который включает в себя плановое и прогнозирующее обслуживание (по фактическому состоянию), основанный на оценке технического состояния электрооборудования и, в некоторых случаях, учитывают важность по технологии добычи нефти. Как правило, система технического обслуживания и ремонта электрооборудования (ТОиР) реализована в АСУ ТОиР оборудования нефтяных промыслов Западной Сибири, например, использован программный комплекс (ПК) TRIM 3.8 или другие ИПИ – технологии (информационная поддержка жизненного цикла изделия). Следует отметить, что при планировании ТОиР учитывается важность по технологии [1], т.е. определены наиболее значимые электроустановки, останов которых вызывает значительный ущерб.

Для того чтобы добиться ожидаемого результата при проведении плановых ТОиР электрооборудования, предлагается стратегия ТОиР, которая согласована с графиком планово – предупредительных ремонтов (ППР) технологического оборудования и проведением геолого – технических мероприятий (ГТМ). Назовем данную стратегию как – «гибкая система обслуживания электрооборудования».

Предложена гибкая система ТОиР, основу которой составляют принципы адаптивности и оптимальности по стоимости проведения и важности по технологии. Адаптивность системы обслуживания - это свойство ее изменять объем и периодичность действий соответственно изменению состояния электрооборудования и технологического оборудования, возможности необходимости ремонта технологического оборудования. Оптимальность системы обслуживания заключается в том, чтобы получить наибольший экономический эффект от ее применения.

Математически запишем следующим образом. Обозначим вектор управляющих воздействий ТОиР и ущерб, связанный с простоем технологического оборудования как $C_{(\text{уп})}$. В качестве целевой функции $C_{(\text{УП})}$ примем затраты на проведение ТОиР [2]. Критерий для нахождения вектора управляющих воздействий $C_{(\text{уп})}$имеет вид

$$C_{(\text{УП})} \rightarrow \min C_{(\text{уп})} \quad (1)$$

Таким образом, необходимо развивать ПК TRIM 3.8 в направлении применения гибкого подхода к обслуживанию с учетом мировых тенденций по сервису оборудования.

В связи с этим необходимо разработать дополнительный программный модуль к действующему ПК TRIM 3.8, который должен формировать график ППР электрооборудования с учетом сроков проведения осмотров и ремонтов технологического оборудования и ГТМ, а также учитывать техническое состояние электрооборудования.

Фрагмент АСУ ТОиР представлен на схеме (Рисунок 1). Ниже приведена краткая характеристика работы системы.

В Модуле «Добычи» формируются графики ППР технологического оборудования. Модуль «Стратегия ТОиР» формирует общий график ТОиР электроустановок с учетом важности технологии. Из системы TRIM 3.8 с помощью конвертора будет осуществляться загрузка данных по оборудованию (перечень оборудования, нормативы системы). Основной функцией подсистемы «Гибкая система обслуживания» (ГСО) является построение графика ППР по гибкому подходу обслуживания с учётом графиков ППР электрооборудования, технологического оборудования и трудоемкости ремонтов. В подсистеме ГСО будет подключена подсистема «Управления ТОиР электрооборудования». Архитектура подсистемы ТОиР строится по 3 – х звенной структуре – WEB - сервер IIS6 и база данных (БД) (все будет физически размещено на одном сервере, вполне можно использовать БД TRIM 3.8 для размещения таблиц) на основе данных будут строиться отчёты. WEB - сервер удобен в первую очередь для сопровождения и поддержки, в будущем планируется быстрее и удобнее создавать новые модули и отчёты с помощью asp.net.

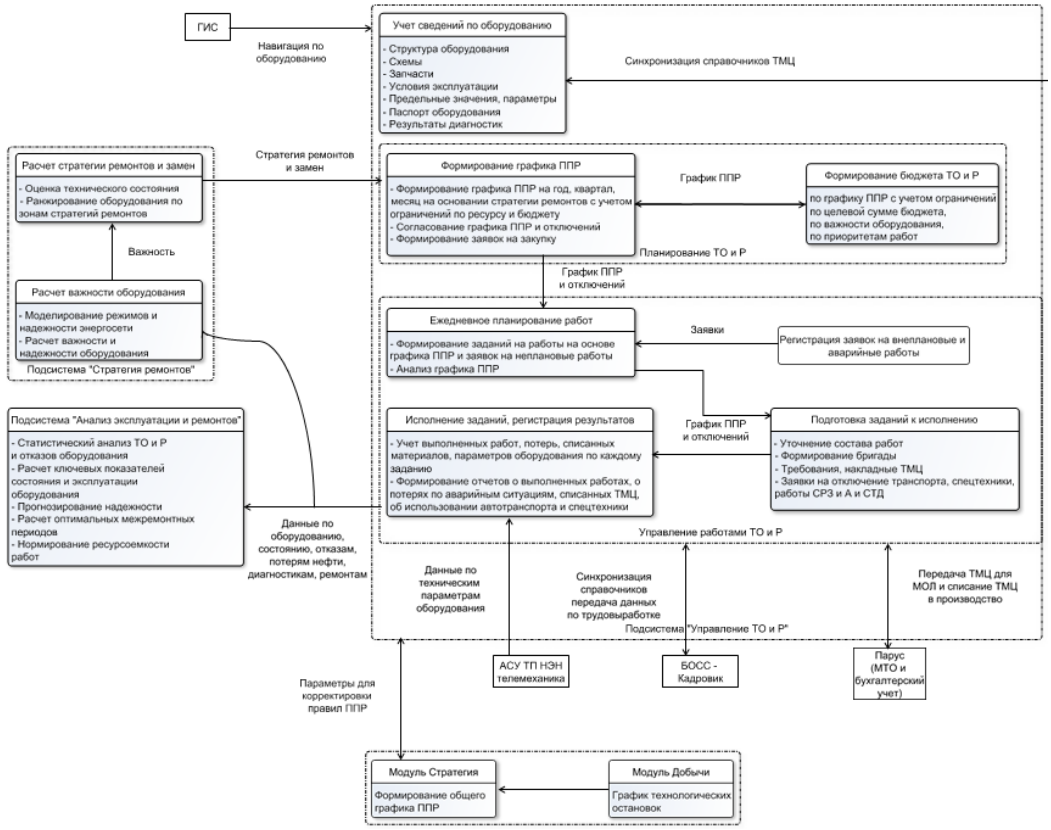


Рисунок 1 – Фрагмент системы управления техническим обслуживанием и ремонтом электрооборудования

Таким образом, для снижения ущерба, связанного с простоем технологического оборудования, необходимо проведение ППР электроустановок не только согласовывать с технологами, но и связать его по срокам и объему с ППР электрооборудования.

Список использованных источников

1. Sushkov V. The Scheduling of the Alarm Limit Mode Energy Consumption Taking Into Account the Ability of Oilfield Consumers to be Stable at Sudden Deficiency of Active Power in the Power System / V. Sushkov, V. Antropova, F. Losev, I. Sukhachev. - Direct text. // IEEE Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). - 2020. - Article № 9306187.

2. Надежность, техническое обслуживание, ремонт и диагностирование нефтегазопромыслового оборудования / В. В. Сушков, Н. Н. Матаев, С. Г. Кулаков [и др.] / под общ. ред. В. В. Сушкова. – Санкт-Петербург : Нестор, 2008. – 296 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Сушков В. В., д-р техн. наук, профессор

УДК 621.548.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ЛИНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Васьков Д. Е.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

С каждым годом увеличивается количество механизмов, работающих на электроэнергии, что влечёт за собой и увеличение потребления электричества. Для генерации требуемой энергии используется все больше источников электроэнергии. На данный момент существует около пяти типов генерации электричества, из них три основаны на возобновляемой энергии.

Одним из способов генерации электричества является использование ветрогенератора – устройства для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращением ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию. Для генерации электричества требуется постоянный воздушный поток со скоростью не менее 3 м/с. Одним из постоянных источников циркулирующих воздушных масс является метро. На линиях метрополитена возникают ветровые потоки в момент перемещения состава поезда.

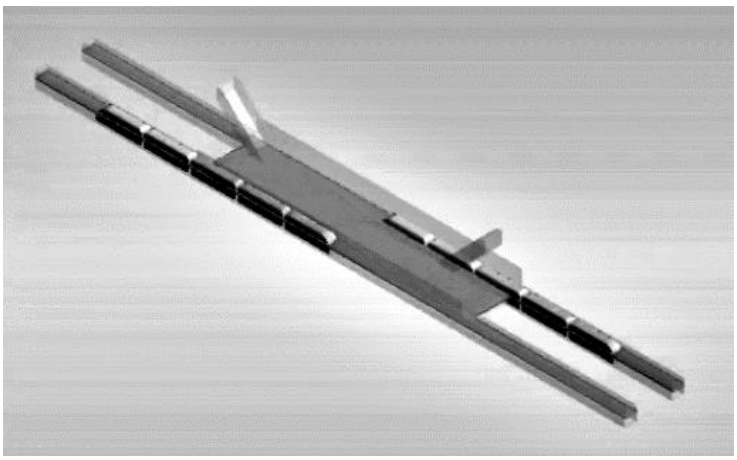


Рисунок 1 – Воздушный поток на станции метрополитена

Для изучения скорости и направления воздушного потока, было произведено численное моделирование в программе ANSYS CFX. В расчете были заданы перемещения составов поезда и граничные условия воздушной среды. На основе расчета был построен график скорости воздушных потоков на платформе метрополитена.

Из расчетов было выявлено, что минимальная скорость воздушного потока является 3 м/с, данная скорость позволяет генерировать электричество.

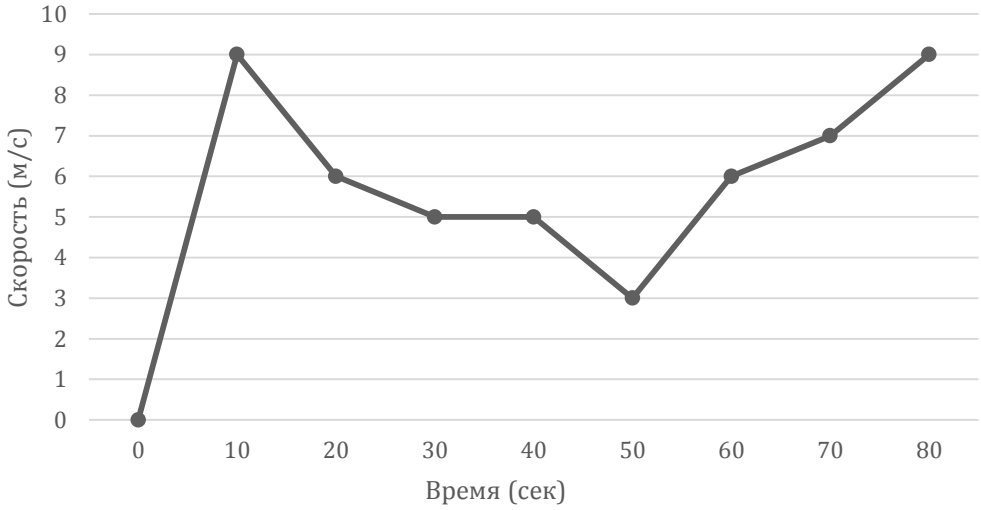


Рисунок 2 - Зависимость скорости воздушного потока от времени

Для наилучшей генерации электричества требуется произвести оптимизацию геометрии ветрогенератора. Оптимальная геометрия для условий метрополитена – вертикальный ветрогенератор, так как данный ветрогенератор используется в условиях изменчивого направления воздушного потока при малых скоростях.

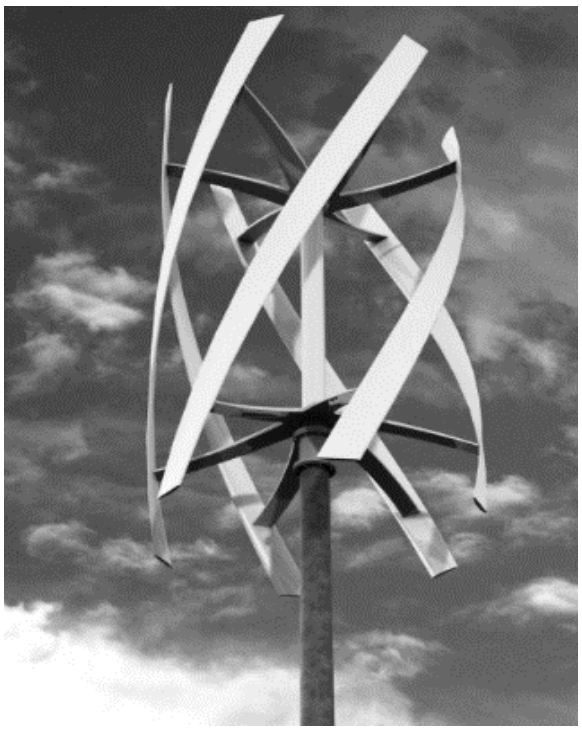


Рисунок 3 – Ротор вертикального ветрогенератора

Описываемая технология позволит генерировать электричество во время работы метрополитена и использовать генерируемое электричество для освещения самого метрополитена и улицы рядом с ним.

Таким образом, использование ветрогенераторов на линиях метрополитена позволит экономить электроэнергию и уменьшить затраты на обслуживание метрополитена. Из-за одинаковой геометрии станций метрополитена, данная технология подойдет для станций любого города.

Список использованных источников

1. Эрдеди А. А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов : Учебное пособие для студ. сред. проф. образования / А. А. Эрдеди, Н. А. Эрдеди. – Москва : ИЦ Академия, 2010. – 320 с. – Текст : непосредственный.

2. NASA : Аэрокосмическая компания : сайт. – URL : http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca64a010-il (дата обращения: 10.10.2021). – Текст : электронный.

3. Иванов Д. В. Введение в Ansys Workbench : учеб.-метод. пособие для студентов естественно-научных дисциплин / Д. В. Иванов, А. В. Доль. – Саратов : Амирит, 2016. – 56 с. – Текст : непосредственный.

4. Абианц В. Х. Реактивные двигатели / В. Х. Абианц. – Москва : Знание, 1955. – 34 с. – Текст : непосредственный.

5. Саликеева С. Н. Обзор методов получения альтернативной энергии/ С. Н. Саликеева, Ф. Т. Галеева. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15, №8. – С.57-59.

УДК 004.9

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ И 3D ПЕЧАТЬ

Зиангиров А. Ф., Фархутдинов М. М.,
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

3D моделирование – это процесс создания виртуальных моделей, позволяющий с максимальной точностью показать габариты, форму, внешний вид объекта и другие его характеристики [1]. 3D модели уменьшенных размеров реальных объектов можно использовать в качестве учебных материалов, на примере которых становится возможным наглядно демонстрировать практически все его элементы. Одной из таких является модель трансформатора ТРДН-40000/110-У1, которая была напечатана на 3D принтере.

Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного электрического тока одного напряжения и определенной частоты в электрический ток другого напряжения и той же частоты [2]. Работа трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции, открытой Майклом Фарадеем.

Первым этапом 3D печати является создание 3D модели объекта. Для этого в данной работе использована программа Autodesk Inventor Professional, предназначенная для проектирования и моделирования изделий. В программе были созданы основные 3D модели деталей трансформатора, а затем произведена его полная сборка.

Следующим этапом моделирования является подготовка полученной электронной сборки к последующей 3D печати, а именно – виртуальная нарезка деталей на слои, которые затем будут печататься на 3D принтере. Разбивка на слои производится в специальной программе – слайсер-программа.

Слайсер-программа – это программное обеспечение, предназначенное для превращения 3D модели в программный код, который будет считываться 3D принтером (файл G-Code). Слайсинг – это процесс преобразования 3D модели в G-код [3].

Мы воспользовались программой Ultimaker Cura. При слайсинге можно задавать такие параметры, как скорость движения печатающей головки принтера, высота слоя, геометрия заполнения пустых зон и т.д. После того, как заданы все необходимые параметры слайсер-программа «нарезает» деталь на слои (принцип печати 3D принтера основан на послойном наложении расплавленного пластика) и одновременно высчитывает примерное время для печати.

Заключительным этапом является непосредственно 3D печать изделия. Подготовленный на предыдущем этапе файл формата G-Code загружается в 3D принтер, а именно, к нему подключается запоминающее

устройство (USB/SD карта), на которое предварительно был записан файл G-Code.

3D печать деталей трансформатора производилась на 3D принтере Hercules российской компании IMPRINTA.

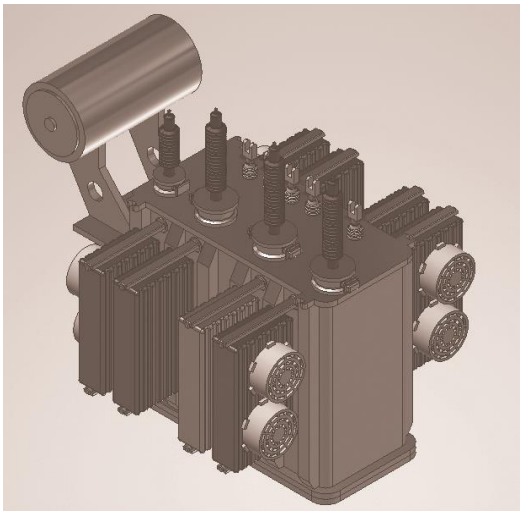


Рисунок 1 – 3D модель трансформатора ТРДН-40000/110-У1

Последним этапом моделирования является сама сборка 3D модели трансформатора. Однако, перед сборкой часто необходима так называемая «постобработка» – это доработка деталей из-за несовершенств результата 3D печати. На деталях могут быть заусенцы, нити, а также «поддержки», которые необходимы для печати провисающих элементов. Они устанавливаются еще при слайсинге. Поддерживающие элементы удаляются после печати специальными инструментами (кусачками, канцелярским ножом и т.д.).

После постобработки отдельных деталей производится окончательная сборка объекта.

Модель трансформатора ТРДН-40000/110-У1 была разработана согласно размерам, представленным в его техническом паспорте, в масштабе 1:50 (рисунок 1).

Список использованных источников

1. Журкин И. Г. Цифровое моделирование измерительных трёхмерных видеосцен: монография / И. Г. Журкин, Т. А. Хлебникова. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 246 с. – Текст : непосредственный.

2. Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – Москва : Academia, 2017. – 320 с. – Текст : непосредственный.

3. Сообщество владельцев 3D-принтера : сайт. – URL : https://3dtoday.ru/ (дата обращения: 04.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Хамитова Д. В. канд. техн. наук, доцент

УДК 004.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Зиангиров А. Ф., Фархутдинов М. М.,
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Изделия из листового металла применяются в машиностроении, приборостроении, автомобильной промышленности и т.д. Производством таких изделий занимаются промышленные предприятия по металлообработке согласно графическим конструкторским документам.

С помощью числового программного управления на специальных станках изделиям из листовой стали можно придать любую форму и оформление в соответствии с требованиями заказчика. Лист можно резать, гнуть, перфорировать, просверливать и т.д. Но, несмотря на это, нельзя в проектировании опираться на одно только визуальное предпочтение. Существенное ограничение в выборе дизайна вносит, такое понятие как, технологичность, и этим критерием нельзя пренебрегать. Грамотный и опытный конструктор должен выбрать наиболее оптимальный вариант технологии производства изделия из листового металла.

Для создания конструкторской документации к изделиям такого рода можно применить программу Autodesk Inventor Professional, предназначенную для проектирования и моделирования.

При проектировании изделия из листового металла для начала необходимо создать новый однопользовательский проект, который будет называться «Листовой металл». Для этого используем команду «Создать» и в диалоговом окне выбираем «Лист Мат.ipt». Откроется среда для 3D моделирования и в ленте будет доступна вкладка «Листовой металл» (рисунок 1) [1].

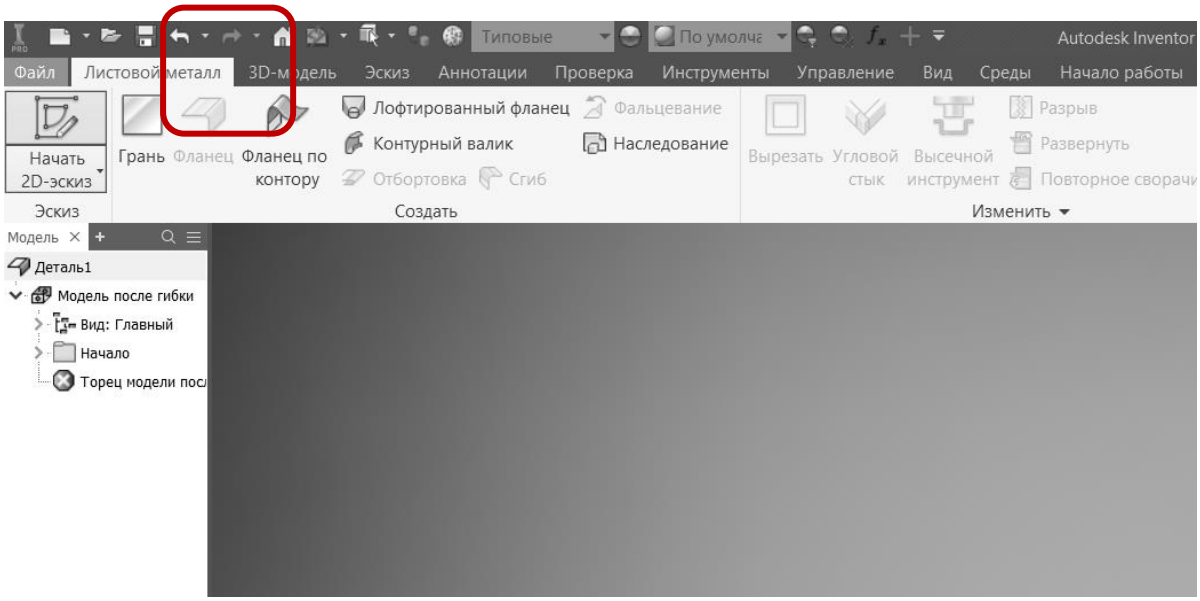


Рисунок 1 – Среда «Листовой металл»

Перед тем, как создать изделие из листового металла необходимо построить 2D эскиз, после чего по нему выдавливается лист при помощи инструмента «Грань». Далее можно приступать к процессу гибки.

Во вкладке «Листовой металл» выбираем инструмент «Фланец» и появится диалоговое окно, где можно указать ребро, подвергаемое процессу гибки, его радиус и угол, а также направление сгиба. После введения всех необходимых данных нажимаем кнопку «ОК» (рисунок 2).

Проектирование листового металла довольно сложный процесс. При деформировании листа в нем возникают напряжения, вначале – упругие, а далее – пластические. Кроме того, гибка материала характеризуется неравномерностью деформации: более сильно выражена в углах гибки и менее – у торцов листовой заготовки. При гибке тонкого листового металла внутренние слои сжимаются, внешние – растягиваются. Все перечисленные виды деформации влияют на характеристику изделия. Поэтому необходимо производить различные расчеты (прочности и силовых нагрузок), чтобы удостовериться, что данное изделие способно выполнять свои заданные функции [2].

Все перечисленные шаги были проделаны в работе над студенческим проектом по моделированию «Выдувной машины для эковаты» (рисунок 3), бункер которой сделан из листового металла с применением сгиба.

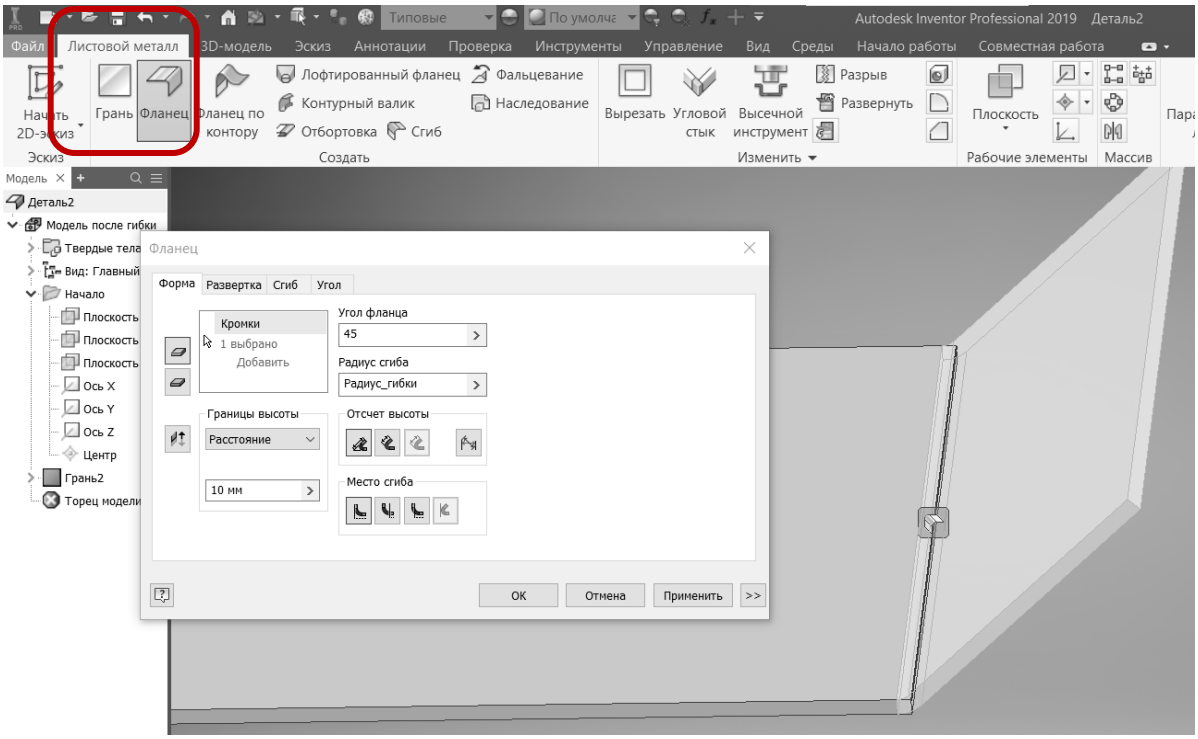


Рисунок 2 – Процесс создания фланца

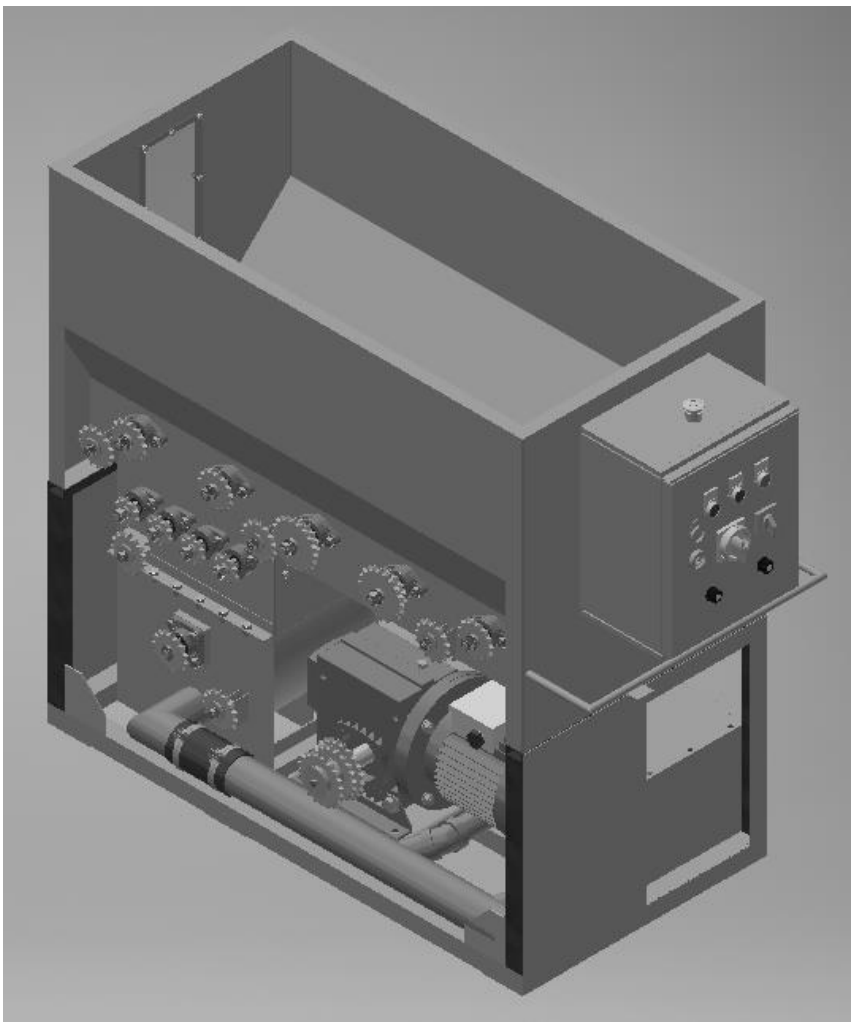


Рисунок 3 – Выдувная машина для эковаты

Главным преимуществом работы в среде «Листовой металл» является то, что после моделирования листового металла со сгибами возможна его обратная развертка для последующего создания чертежа, где необходимо указать его габаритные размеры до процесса деформирования. Это удобно для тех, кто будет сгибать листовой металл на станке по данному чертежу, в котором будут указаны параметры выполнения сгиба.

Список использованных источников

1. Алиева Н. П. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor : учебное пособие / Н. П. Алиева, П. А. Журбенко, Л. С. Сенченкова. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 112 с. – Текст : непосредственный.

2. Студия Vertex : сайт. – URL : https://autocad-lessons.ru/ (дата обращения: 09.10.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Хамитова Д.В. канд. техн. наук, доцент

УДК 622.276.72

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАМЕТРА ЛИФТОВОЙ КОЛОННЫ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ

Козлов А. В., Вяткин К. А.,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь

Нефтяные месторождения Пермского края переходят на поздние стадии разработки, что сопровождается увеличением осложнений при добыче нефти, а становятся более актуальными вопросы оптимизации энергопотребления и увеличения эффективности работы нефтепромыслового оборудования [1-2]. Одними из методов повышения энергоэффективности добычи нефти является борьба с осложняющими факторами и оптимизация глубинного оборудования [3]. Авторами разработана методика оптимизации процесса скважинной добычи углеводородов путем корректного подбора диаметра лифтовой колонны. Исследование процесса парафинообразования выполнялось на лабораторном стенде «WaxFlowLoop». Определение увеличения потребного напора и затрат на добычу нефти рассчитывается исходя из увеличения потерь давления на трения. Так же учитывается пропускная способность лифтовых колонн разных диаметров.

В рамках данной работы на установке «WaxFlowLoop» проведен ряд исследований, в которых флюид с целевого объекта исследовался в различных термобарических условиях. Изменение термобарических условий рассчитывалось как изменение скорости движения жидкости и распределения температуры по стволу скважины, определенное по методике [4]. Скорость жидкости определялась из условия постоянства дебита скважин. Результаты исследования парафинообразования при различных условия приведены на рисунке 1.

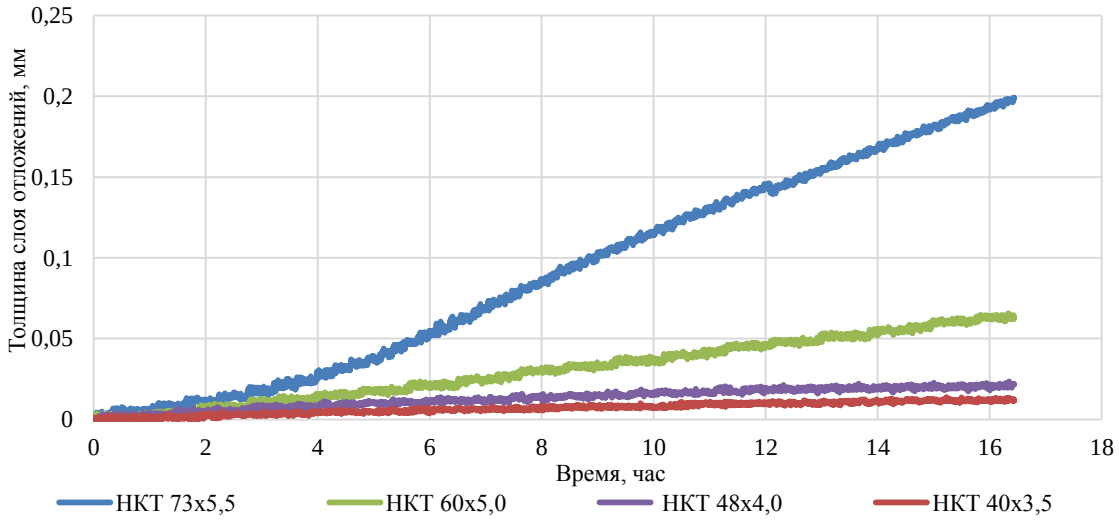


Рисунок 1. Результаты лабораторных исследований на установке «WaxFlowLoop»

Анализируя полученные результаты, становится очевидным, что снижение диаметра лифтовой колонны положительно сказывается на интенсивности парафинообразования на ее внутренней поверхности. В результате гидравлических расчетов получено, что оптимальным диаметров лифтовой колонны является типоразмер НКТ 48х4,0, так как дальнейшее снижение диаметра не позволяет сохранить дебит скважины.

В результате изменения диаметра лифтовой колонны достигается увеличение скорости добычи нефти в 2,4 раза и температуры на 4,5 ℃. Исследования на установке «WaxFlowLoop» показали, что изменение параметров добычи приведен к снижению скорости парафинообразования в 8 раз.

Благодарность. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10403, https://rscf.ru/project/21-79-10403/

Список использованных источников

1. Vyatkin K. Influences of the Water Cut of Pumping Oil and the Mineralization of the Associated Water on the Rate of Sludging / K. Vyatkin, V. Mordvinov, P. Ilushin, A. Kozlov. – Direct text // Applied Sciences. – 2021. – №. 15. – P. 6678.

2. Occurrence and characterization of paraffin wax formed in developing wells and pipelines / M. M. El – Dalatony, B. H. Jeon, E. S. Salama [et al]. – Direct text // Energies. – 2019. – №. 6. – P. 967.

3. Sousa A. L. Preventing and removing wax deposition in-side vertical wells: a review / A. L. Sousa, H. A. Matos, L. P. Guerreiro]. – Direct text // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2019. – №. 3. – P. 2091-2107.

4. Krivoshchekov S. N. Modeling of Asphaltene-Resin-Wax Deposits Formation in a String of Hollow Rods During Simultaneous Separate Operation of Two Oil Reservoirs / S. N. Krivoshchekov, K. A. Vyatkin, A. V. Kozlov-]. – Direct text // Chemical and Petroleum Engineering. – 2021. – V. 57. – P. 213–219.

Научный руководитель: Илюшин П. Ю., канд. техн. наук, доцент

УДК 621.311.001:539.213

К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИИ ДАТЧИКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ПРИ ЗАВОДСКИХ ИСПЫТАНИЯХ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Колпакова П. А., Матвеев Д. А., Фролов М. В.,
Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

Измерение характеристик частичных разрядов (ЧР) электрическим методом – важнейший инструмент контроля состояния изоляции

высоковольтного электрооборудования. В докладе представлены результаты исследований, направленных на решение этой задачи на заводе – производителе оборудования, где ЧР измеряются в рамках приемосдаточных испытаний, что позволяет выявить дефекты, возникшие при отклонениях от технологических норм производства. Высоковольтные испытания на заводе обычно проводятся в условиях, когда сильные электромагнитные помехи, как кондуктивные, так и полевые, осложняют выявление ЧР с кажущимся зарядом 5–10 пКл, что часто требуется в стандартах. При этих обстоятельствах большое значение имеет правильный выбор измерительного элемента (датчика) ЧР и проработка схемы измерений.

Технические требования к измерению ЧР регламентированы в ГОСТ Р 55191-2012, являющимся модифицированным по отношению к международному стандарту. В не содержится указаний по выбору типа датчика, но предъявляется ряд требований к системам и приборам измерения. В частности, для широкополосных приборов нормированы границы рабочего частотного диапазона. Верхнее граничное значение в соответствии с не должно превышать 500 кГц. В новой редакции международного стандарта МЭК 60270 это значение увеличено до 1 МГц, что еще не нашло отражения в российском аналоге.

Выбор частотного диапазона для формирования и регистрации откликов от частичных разрядов имеет большое практическое значение. На сегодняшний день уже хорошо известно, что фронт сигнала ЧР несет значимую диагностическую информацию, позволяя, в частности, выделять группы ЧР, вызванные различными дефектами в испытуемом оборудовании. Однако, регистрация фронта импульса ЧР требует применения неискажающих датчиков и измерений на частотах, значительно превышающих 1 МГц, а идентификация ЧР осуществляется при этом с помощью нетривиальных и дорогостоящих технических средств, формально не удовлетворяющих при этом требованию. Поэтому, если требуется измерение только кажущегося заряда ЧР, то представляется целесообразным следовать требованиям ГОСТ и МЭК и применять датчики с частотами отклика менее 500 кГц и 1 МГц, соответственно, выбирая при этом частоту так, чтобы она не совпадала с частотами помех.

Конструктивно, такой датчик можно выполнить на кольцевом ферритовом сердечнике, наматывая на него витки первичной и вторичной обмоток. Проанализируем чувствительность датчика, определяя её как отношение максимального значения колебательного напряжения на выводах его вторичных обмоток U_{2m} к величине кажущегося заряда q_a.

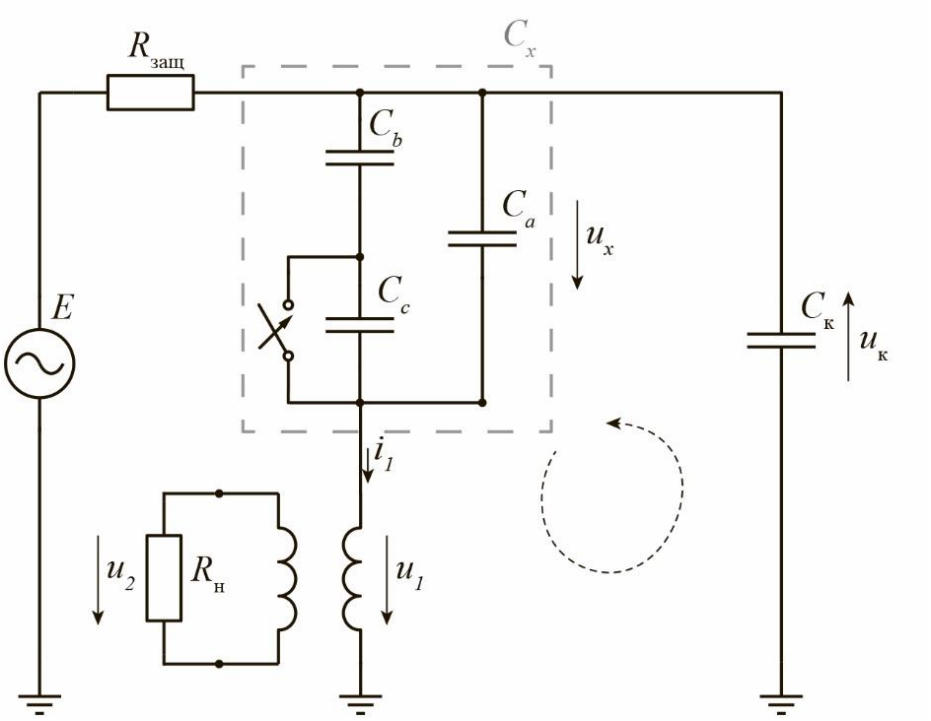


Рисунок – 1. Схема замещения испытательной установки для измерения ЧР

На рисунке 1 приведена схема замещения испытательной установки. Здесь C_x – емкость объекта испытаний, определяющаяся емкостью дефекта C_c, и другими емкостями объекта испытаний C_b и C_a; $C_к$ – емкость соединительного конденсатора; $R_н$ – входное сопротивление устройства регистрации; $R_{защ}$ – защитное сопротивление; E – ЭДС источника высокого напряжения; u_1 и u_2 – напряжения на первичной и вторичной обмотках датчика.

В работе, на основании анализа переходного процесса в схеме рисунка 1, показано, что при подключении датчика к высокоомному входу регистрирующей аппаратуры ($R_н$ очень велико) его чувствительность определяется следующим соотношением:

$$\frac{U_{2m}}{q_a} = Z_T \omega_0 \frac{C_к}{C_к + C_{x2}}, \qquad (1)$$

где ω_0 – частота колебаний контура «индуктивность датчика–емкость схемы»; C_{x2} – емкость объекта испытаний при возникновении ЧР (емкость C_c зашунтирована); Z_T – передаточное сопротивление датчика, равное отношению напряжения его вторичной обмотки к первичному току (u_2 и i_1 на рисунке 1).

Для трансформатора на холостом ходу

$$Z_T = Z_\mu \frac{w_2}{w_1} \approx \omega_0 L_\mu \frac{w_2}{w_1}, \qquad (2)$$

где Z_μ, L_μ – сопротивление и индуктивность намагничивания датчика; w_1, w_2 – числа витков первичной и вторичной обмоток.

Подставляя (2) в (1) и учитывая, что $\omega_0 = \sqrt{\frac{C_к + C_{x2}}{L_\mu C_к C_{x2}}}$, получим

$$\frac{U_{2m}}{q_a} = \frac{1}{C_{x2}} \frac{w_2}{w_1}. \quad (3)$$

Таким образом, при использовании высокоомного входа устройства регистрации чувствительность датчика не зависит от его индуктивности намагничивания, а определяется только емкостью объекта испытаний и отношением числа витков. Это открывает возможность изготовления датчиков с индуктивностью, определяющую заданную частоту отклика, что обеспечивается выбором размеров ферритового сердечника, типа феррита и числа витков. Так, авторы доклада в условиях сильных помех на частоте 700 кГц выполняют измерения откликов от ЧР на частоте 100 кГц, что позволяет существенно подавлять помеху цифровыми фильтрами низких частот, и обеспечивать необходимую чувствительность испытательной установки. Согласование входа осциллографа на таких частотах не требуется.

Список использованных источников

1. Вдовико В. П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования / В. П. Вдовико. – Новосибирск : Наука, 2007. – 156 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ Р 55191-2012. Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2012 г. № 1183-ст : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы" (ФГУП "ВНИИМС"), Филиалом открытого акционерного общества "Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой знергетической системы" - Сибирским научно-исследовательским институтом энергетики (Филиал ОАО "НТЦ ФСК ЕЭС" - СибНИИЭ), Закрытым акционерным обществом "Группа компаний "Таврида Электрик" (ЗАО "ГК "Таврида Электрик"). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 42 с. – Текст : непосредственный.

3. IEC Standard 60270. Ed.3.1. High-Voltage Test Techniques – Partial Discharge Measurements : international standard : publication date 2015-11-27 / International Electrotechnical Commission – Geneva, Switzerland, 2015. – 226 p.

Научный руководитель: Хренов С. И., канд. техн. наук, доцент

УДК 622.692.4

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДЕ

Кузяков О. Н., Ширинovская Е. С.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Диагностирование утечек в трубопроводах является актуальной задачей.

На сегодня существуют классификации методов или систем обнаружения утечек (СОУ), связанные как с причинами возникновения утечек (дефекты трубопроводов, нарушение технологии, влияние внешних факторов и др.), так и с принципом работы таких систем [1].

Можно выделить на следующие функции, выполняемые СОУ: обнаружение утечки за регламентированный интервал времени, определение местоположения утечки, фиксирование момента времени обнаружения утечки, определение размера и характера утечки.

В состав СОУ обычно входят датчики давления и расхода, логические модули обнаружения утечек (как элемент программного обеспечения) с соответствующим серверным оборудованием, АРМ СОУ в операторной.

Существующие критерии выбора методов можно подразделить на следующие:

- по физико-химическим и реологическим свойствам продукта,
- по климатическим характеристикам,
- по нагрузкам и воздействиям,
- по диаметру трубопровода, времени развития утечки и величине утечки.

Для параметрической, комбинированной СОУ по волне давления конкретная величина погрешности определения координаты утечки зависит от таких параметров, как условный диаметр трубопровода, время развития утечки и величина утечки.

Для СОУ на базе волновых методов и статистического анализа, медленно развивающиеся утечки (10-20 секунд и более) обнаруживаются, но место обнаружения утечки с увеличением времени развития утечки зачастую становится неопознанным.

Время обнаружения утечки для каждой системы зависит от ряда факторов, но для всех систем имеет существенное значение величина утечки: чем меньше утечка – тем дольше она обнаруживается. Для параметрической, комбинированной систем также имеет значение интенсивность утечки и диаметр трубопровода: чем меньше интенсивность и больше диаметр – тем больше время обнаружения, а также режим работы трубопровода: при нестационарном режиме время обнаружения утечки увеличивается.

Для волоконно-оптической системы существенное значение имеет наличие газа в перекачиваемой многокомпонентной среде. При наличии газообразной составляющей быстродействие системы резко повышается,

поэтому преимуществом волоконно-оптической системы является независимость времени обнаружения утечки от диаметра трубопровода. Однако утечка для наземных и подземных трубопроводов для волоконно-оптической СОУ может быть невидимой вследствие истечения продукта вне зоны ее прокладки.

Для обоснования выбора типа системы обнаружения утечек в трубопроводах использовался известный подход по использованию целевой функции [3].

Целевая функция (1) и ее ограничения (2), (3) имеют вид

$$Z = \sum_{j=1}^{n} x_j c_j \rightarrow \max(\min), \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \ (\leq, \geq, =) b_i \qquad (i = \overline{1, m}), \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad \left(j = \overline{1, l}\right) \qquad l \leq n \quad (3)$$

Целевая функция для данного конкретного случая (4) и система имеющихся ограничений (5) имеют вид

$$Z = \frac{B}{\mathrm{A}+C+D} \rightarrow max, \quad (4)$$

$$\begin{cases} A_i \leq 5 \\ 50 \leq B_i \leq 150 \\ C_i \leq 1{,}1 \\ 0{,}1 \leq D_i \leq 0{,}5. \end{cases} \quad (5)$$

где: A – время обнаружения утечки (мин); B – расстояние между датчиками ($B_р$ - расход, $B_д$ - давление); C – стоимость системы (за 1 км); D – чувствительность системы (в % от макс. расхода).

С учетом изложенного были выполнены расчеты Z, которые показали, что значение целевой функции для СОУ по волне давления составило 71 отн. ед., у комбинированных – 32,6 и 11,9 при использовании внутренних методов и внутренних и внешних методов соответственно.

Использование лишь одного метода определения утечек является нецелесообразным, а поскольку главным требованием к СОУ является ее точность, то она может быть обеспечена комплексным подходом, т.е. использованием совокупности методов обнаружения утечек, основанных на различных физических принципах.

Таким образом, на основании выше изложенного с учетом выполненных вычислений критериев был обоснованно выбран комбинированный метод внутреннего типа (параметрический и волновой).

Следует также отметить, что в составе аналитической части системы может присутствовать ПО, позволяющее использовать искусственные нейронные сети (ИНС) для более полного и правильного обоснования выбора метода [2].

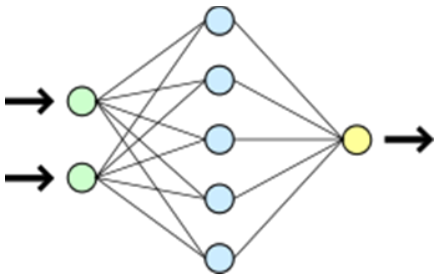


Рисунок 1 - Схема простой нейронной сети

После выбора общей структуры нужно экспериментально подобрать параметры сети. Для сетей, подобных перцептрону, это будет число слоев, число блоков в скрытых слоях (для сетей Ворда), наличие или отсутствие обходных соединений, передаточные функции нейронов. При выборе количества слоев и нейронов в них следует исходить из того, что способности сети к обобщению тем выше, чем больше суммарное число связей между нейронами. С другой стороны, число связей ограничено сверху количеством записей в обучающих данных.

Однако необходимо учесть, что чем сложнее задача, тем сложнее проходит процесс обучения искусственной нейронной сети (ИНС).

Список использованных источников

1. Базарбаев Ш. Е. Проблемы создания надежных систем мониторинга трубопроводов для обнаружения утечек нефти / Ш. Е. Базарбаев. – Текст : непосредственный // Вестник науки. - 2021.- №6-1. - С. 275-279.

2. Барский А. Б. Введение в нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. - Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. - 357 с. - Текст : непосредственный.

УДК 620.179.142

АПРОБАЦИЯ НОВОГО ЭКСПРЕСС – МЕТОДА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЁННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭСТАКАДЫ Г. ТЮМЕНЬ

Кулак С. М., Новиков В. Ф., Мальцев В. С.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Россия переживает бум дорожного строительства и мостостроения. Проектируются и изготавливаются мосты разного типа и назначения. В этих условиях на первое место по значимости выдвигаются задачи обеспечения их надёжности и экономичности. В работе [1] показано, что одной

из причин аварийного разрушения мостов, наряду с деструкцией их материалов, являются затратно контролируемые динамические нагрузки, которые они испытывают в процессе эксплуатации. Поэтому одним из направлений научных исследований по обеспечению безопасности таких транспортных сооружений является исследование изменения напряженно-деформированного состояния в опасных зонах и узлах, а также создание необходимых для этого новых приборов. Детальный контроль НДС позволит конструировать более совершенные мосты с точки зрения безопасности. Разработка новых экспресс - методов контроля напряженно-деформированного состояния сталей открывает возможность эффективно, без существенных капитальных вложений определять максимальные напряжения в элементах мостов в процессе их эксплуатации.

Контроль НДС проводят главным образом тензометрическим, оптическим, инклинометрическим и другими методами [2]. Для выполнения тензометрического контроля необходимо наклеивать на конструкции многочисленные тензодатчики. Это может потребовать временного вывода конструкции из эксплуатации. Клеевое соединение тензорезистивных датчиков не всегда надежно и возможно. Во время длительных испытаний необходимо принимать меры по защите контрольно-измерительного оборудования, сложно и трудозатратно его использовать для контроля в режиме ожидания из-за непредсказуемого силового воздействия, например, для контроля проезда тяжелого транспорта, действия ветровых и снеговых нагрузок, землетрясения и др.

Для контроля напряженно - деформированного состояния предлагается использовать метод магнитоупругого размагничивания стали, или магнитоупругой «памяти» (МУП), заключающийся в необратимом изменении магнитного поля рассеяния локальной остаточной намагниченности (ЛОН), вызванного упругой деформацией [3-5]. Он дает возможность регистрировать по изменению напряженности H магнитного поля рассеяния ЛОН величину максимального (пикового) напряжения за время от намагничивания до приложения и снятия нагрузки включительно. Явление может быть использовано для запоминания максимальных напряжений, действовавших на элементы стальных мостов, когда нагрузка прикладывается и затем снимается. Такой характер нагружения мостовых конструкций реализуется при движении транспорта. В отсутствие транспорта напряжённое состояние элементов моста создается его собственным весом. Если уровень этих напряжений сравнительно невелик, и зачастую бывает определён в ходе проектировочных работ, то с помощью магнитоупругого размагничивания можно определять нагрузку, вызванную дополнительным силовым воздействием в процессе эксплуатации.

Метод МУП использует в качестве датчика саму локально намагниченную конструкцию, здесь не нужны дополнительные датчики. Область ЛОН конструкции в методе МУП обладает свойством памяти именно к пиковым нагрузкам. В отличие от ММК [ГОСТ Р 58599-2019], метод МУП

контроля напряжений имеет перспективы применения при контроле стальных конструкций, испытывающей многоосные деформации.

Цель работы – применение метода МУП при контроле максимальных механических напряжений несущих балок автомобильной эстакады, вызываемых воздействием проезжающего транспорта.

В течение одного месяца проводились исследования изменений магнитного поля рассеяния ЛОН стальных двутавровых балок автомобильной эстакады, расположенной на транспортной развязке улиц Мельникайте – Ставропольская в г. Тюмень. Для этого с помощью постоянного магнита производилось локальное намагничивание их нижних полок в отсутствие движения транспорта по мосту. Измерялось магнитное поле рассеяния в таком состоянии, когда балки испытывали незначительные статические нагрузки от собственного веса. После нагружения балок, когда, по мосту проезжал транспорт, напряженность магнитного поля рассеяния локальной остаточной намагниченности уменьшается тем больше, чем больше была нагрузка σ на балку. Таким образом, за период исследований балки испытывали и запоминали максимальную величину напряжений. После реализации силового воздействия (несколько часов, дней) производилось измерение магнитного поля H_σ в выбранных точках, и определялось его изменение в результате нагружения за это время, и далее, в соответствии с калибровкой рассчитывалась максимальная величина σ действовавшего напряжения за истекший период. В результате было установлено, что все исследуемые балки после динамического воздействия транспорта нагружены крайне неравномерно, при одинаковых размерах конструкции. Имеются элементы с десятикратным запасом прочности.

Заключение. Первый опыт применения нового экспресс - метода контроля НДС моста показал большую разницу в загруженности его элементов. Имеются балки, нагруженные на 10-15%. При этом более слабые балки оказывались в наиболее нагруженных участках, а боле прочные в слабо нагруженных.

Побочным результатом явилась установленная неразрушающим методом значительная неоднородность механических свойств металла.

Метод МУП обладает такими преимуществами, как возможность оценивать напряжения в большом массиве точек, не применяя трудоёмкой процедуры наклейки тензодатчиков. Он не конкурирует с тензометрическим методом, но может дополнить его за счет более широкого охвата контролируемой конструкции и возможности запоминания пикового значения напряжений без использования дорогостоящей запоминающей аппаратуры.

Контроль напряжений, возникающих в элементах мостовых конструкций, позволит в будущем вносить новые конструктивные решения при их проектировании и значительно снижать их металлоёмкость без ущерба безопасности эксплуатации.

Список использованных источников

1. Ponomarev V. On the need for a systematic approach to scientific research in the field of integrated security and prevention of accidents in buildings and structures / V. Ponomarev, V. Travush, V. Bondarenko, K. Eremin. - Direct text // Electronic Journal "Prevention of accidents of buildings and structures". - 2012. - №3. - P. 1-9.

2. Экспериментальная механика / ред. А. Кобаяси. - Москва : Мир, 1990. - 607 с. – Текст : непосредственный.

3. Пат. 2274840 Российская Федерация, МПК G01L1/12: 2004132739/28. Способ определения механических напряжений в конструкциях из ферромагнитных материалов : заявл. 10.11.2004 : опубл. 20.04.2006 / Бахарев М. С., Новиков В. Ф., Дягтлев В. Ф., Кулак С. М. ; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый университет" (ТюмГНГУ). - Текст: непосредственный.

4. Кулак С. М. Определение механических напряжений в стали методом магнитоупругого размагничивания / С. М. Кулак, В. Ф. Новиков. – Текст : непосредственный // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2015. - №7. - С.56-59.

5. Необратимые изменения намагниченности как индикаторы напряженно-деформированного состояния ферромагнитных объектов / В. Н. Костин, Т. П. Царькова, А. П. Ничипурук [и др.]. – Текст : непосредственный // Дефектоскопия. - 2009. - № 11. - С. 54-67.

УДК 620.92

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ СОВМЕСТНОЙ УСТАНОВКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ И НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Малькова Я. Ю.,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В настоящее время все большую актуальность приобретают нетрадиционные первичные энергоресурсы, такие как солнечная и ветровая энергия, энергия приливов и отливов, геотермальная энергия и др. Электростанции на основе энергии солнца и ветра получили на сегодняшний день наибольшее распространение среди объектов генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), так как имеют наибольшую экономическую эффективность и характеризуются практически сопоставимой себестоимостью кВт ч электроэнергии в сравнении с объектами традиционной генерации.

Одним из главных недостатков генерации на основе ВИЭ является непостоянство выработки электроэнергии, а именно ее избыточная генерация в часы достаточной концентрации первичного энергоресурса. Например, для солнечных электростанций (СЭС) количество вырабатываемой электроэнергии определяется степенью инсоляции и принимает максимальное возможное значение в дневные часы. Однако, согласно графику, представленному на рис. 1, построенному на примере радиальной сети 15-узловой IEEE схемы [1] в соответствии с типовыми суточными графиками обобщенной нагрузки [2], максимум потребления электроэнергии приходится на вечернее время.

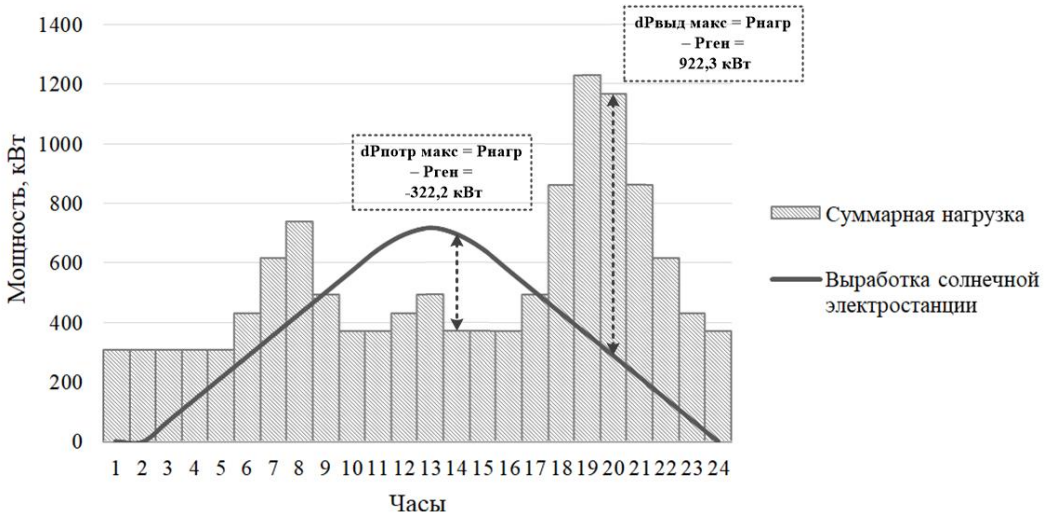


Рисунок 1 – Суточный график генерации и потребления суммарной обобщенной нагрузки для исследуемой схемы

Таким образом, часы максимальной выработки ВИЭ и потребления электроэнергии нагрузкой не совпадают. Решением данной проблемы является совместная установка объектов возобновляемой генерации и накопителей энергии, в том числе водородных. Накопители потребляют избыточную энергию, вырабатываемую СЭС в дневные часы, и выдают ее потребителям в вечерние часы, когда выработка СЭС минимальна.

Представленный на рис. 1 суточный график нагрузки и генерации СЭС соответствует оптимальной установке данного объекта генерации, т.е. текущая конфигурация исследуемой схемы характеризуется минимальным значением оптимизационного критерия, в качестве которого были выбраны суммарные потери активной мощности на линиях связи. При этом, СЭС установлена в узел 3, мощность равна суммарной мощности нагрузки узла установки и узлов, расположенных за данным в направлении от основного источника питания к конечному потребителю, и составляет 718,2 кВт.

Установлено, что максимальная избыточная генерация (превышение генерации над текущим потреблением) характерна для 14 часов и состав-

ляет 322,2 кВт. Максимальный дефицит мощности (превышение текущего потребления над выработкой СЭС) наблюдается в 20 часов и составляет 922,3 кВт. Полученные значения позволяют сделать вывод о необходимости установки накопителя энергии и его мощности. Конфигурация энергосистемы после установки накопителя характеризуется меньшим значением потерь мощности, что обусловлено перераспределением потоков мощности и их сокращением на головном участке (меньшая мощность потребляется из сети и соответственно выдается в сеть).

Стоит отметить, что при расчете необходимой величины мощности накопителя для каждого расчетного часа были учтены суммарные потери мощности на линиях связи посредством моделирования сценариев расчетных часов (в соответствии с процентом использования нагрузки и генерации) в программном комплексе MATLAB/Simulink.

Таким образом, можно заключить, что выработка объектов ВИЭ, в частности, СЭС, имеет непостоянный характер, и максимум выработки не соответствует максимуму потребления. Решением данной проблемы является совместная установка объектов ВИЭ и накопителей энергии. Предлагается оценить необходимую мощность накопителя посредством выполнения анализа генерации и потребления для каждого расчетного часа суточного графика нагрузки на примере 15-узловой IEEE схемы. При дальнейшем расчете емкости требуемого накопителя имеет место рассмотрение цикла заряда-разряда накопителя и учет специфики его работы.

Список использованных источников

1. Baran M. Optimal sizing of capacitors placed on a radial-distribution system / M. Baran, F. Wu. – Direct text // IEEE Transactions on Power Delivery. – 1989. – V. 4, Iss. 1. – P. 735-743.

2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – Москва : Колос, 2000. – 536 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Уфа Р. А., канд. техн. наук, доцент

УДК 681.2

РАЗРАБОТКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ

Мальцев В. С., Кулак С. М., Новиков В. Ф.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Контроль напряженно - деформированного состояния (НДС) конструкций и сооружений, изготовленных из стали во время пробного запус-

ка, эксплуатации, при ветровой и снеговой нагрузке, при землетрясении, при ударных нагрузках проводят главным образом тензометрическим, оптическим, инклинометрическим и другими методами [1]. Для выполнения тензометрического контроля необходимо наклеивать на конструкции многочисленные дорогостоящие тензодатчики. Это может потребовать временного вывода конструкции из эксплуатации. Клеевое соединение тензорезистивных датчиков с контролируемой конструкцией не всегда надежно, а в сложных климатических и эксплуатационных условиях не всегда возможно. Во время длительных испытаний необходимо принимать меры по защите контрольно-измерительного оборудования, сложно и трудозатратно его использовать для контроля в режиме ожидания из-за непредсказуемого силового воздействия, например, для контроля проезда тяжелого транспорта, действия ветровых и снеговых нагрузок, землетрясения и др.

Целью работы является разработка и изготовление съёмного запоминающего тензометрического датчика для измерения механических деформаций стальных конструкций.

В работе решались следующие задачи:

разработка блок схемы тензометра-устройства для измерения деформации

изготовление рабочего образца устройства для измерения деформации

калибровка сигнала устройства по уровню механических напряжений.

Теоретическая часть.

Принцип работы разрабатываемого датчика основан на тензометрическом измерении деформации стальной конструкции при её изгибной деформации полным мостом Уитстона, собранного на тензорезисторах. Мостовая схема позволяет добиться наибольшей линейности выходного сигнала при выполнении измерений [2].

Общая концепция работы прибора изображена на блок-схеме (Рис.1).

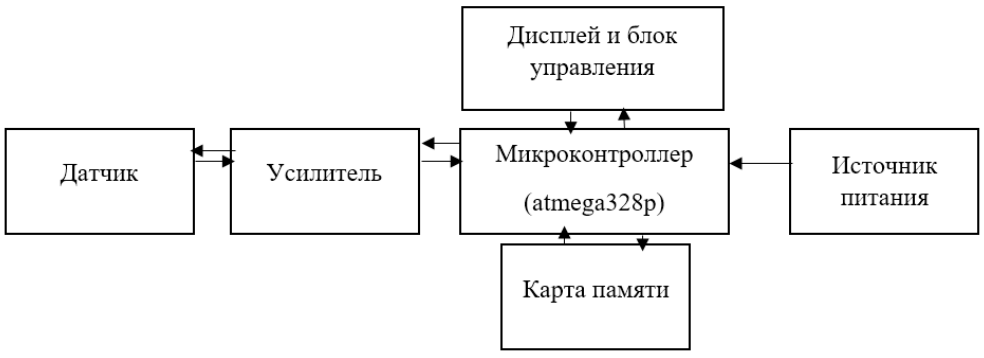


Рисунок 1 – Блок-схема прибора на базе atmega328p

Блок датчика представляет собой накладной тензорезистивный полный мост, общее сопротивление которого равно 350 Ом. Поскольку

выходной сигнал такого моста достаточно слабый, то необходимо его усиление, для этого в схему устройства включён блок усилителя, построенный на двух операционных усилителях с двухполярным питанием. Дальше усиленный сигнал поступает в блок 10-ти битного АЦП микроконтроллера atmega328p, там аналоговый сигнал преобразуется в цифровой вид, с количеством шагов равным 1024 ($2^{10} = 1024$), при опорном напряжении в 5В. Затем оцифрованные данные поступают в блок индикации и управления, на монохромный дисплей, и с помощью блока управления можно начать или остановить запись. Данные на карту памяти сохраняются в текстовом формате, предназначенным для представления табличных данных (CSV) для легкости дальнейшей обработки в программе Excel. Питание данного прибора может осуществляться с помощью источника постоянного напряжения пять вольт или аккумулятора типа “крона”.

Калибровка сигнала изготовленного устройства – тензометра по напряжениям производилась при деформации изгибом стальной пластины. Для этого датчик устройства механически крепился на середине стальной прямоугольной пластины размером 800х200х2мм, которая располагалась горизонтально на двух опорах. После балансировки измерительного моста на пластину укладывались грузы точной массы (m) и регистрировались соответствующие значения напряжения разбаланса (ΔU) моста.

На рис. 2 показаны теоретическая и экспериментальная зависимости напряжения разбаланса моста от массы груза, вызывающего деформацию пластины.

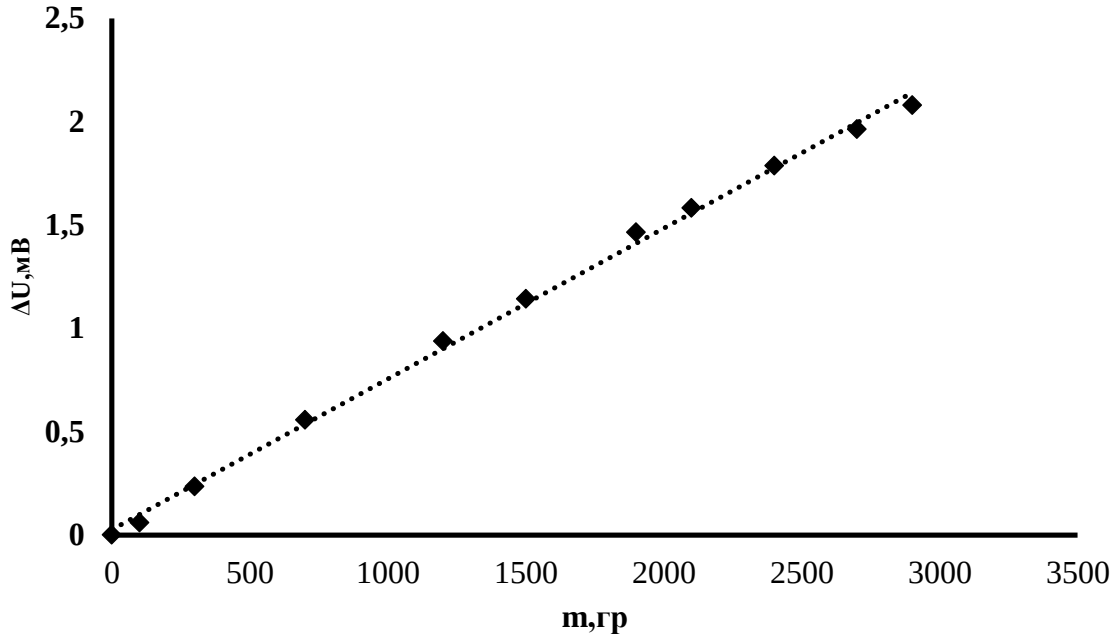


Рисунок 2 - Экспериментальная (♦) и теоретическая (·····) зависимости напряжения ΔU разбаланса моста от массы (m) накладываемого на стальную пластину груза.

Полученные экспериментальные результаты демонстрируют удовлетворительную линейную зависимость.

Заключение. Разработано и изготовлено съёмное устройство для измерения механической деформации стальной конструкции, возникающей при её изгибе. Получена линейная зависимость выходного сигнала датчика от нагрузки, оказываемой на него.

Список использованных источников

1. Экспериментальная механика / ред. А. Кобаяси. - Москва : Мир, 1990. - 607 с. – Текст : непосредственный.

2. Pallas-Areny R. Sensors and Signal Conditioning / R. Pallas-Areny, J. G. Webster. - New York : John Wiley, 1991. – 608 p. – Direct text.

УДК 621.548

CHALLENGES FOR WIND TURBINES

Михейко М. С.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

A wind turbine is a device that converts kinetic energy from the wind into electricity. The blades of a wind turbine turn between 13 and 20 revolutions per minute, depending on their technology, at a constant or variable velocity, where the velocity of the rotor varies in relation to the velocity of the wind in order to reach a greater efficiency.

The outer cylinder is designed to be largely rigid and has the ability to vibrate, remaining anchored to the bottom rod. The top of the cylinder is unconstrained and has the maximum amplitude of the oscillation. The structure is built using resins reinforced with carbon and glass fiber, materials used in conventional wind turbine blades. The rod's top supports the mast and its bottom is firmly anchored to the ground. It is built of carbon fiber reinforced polymer, which provides a great fatigue resistance and it has a minimal energy leak when oscillating.

How do wind turbines produce energy? The functioning of a wind turbine can be explained in function of the following phases.

Automatic orientation

The wind turbine is automatically oriented to take maximum advantage of the kinetic energy of the wind, from the data registered by the vane and anemometer that are installed at the top. The nacelle turns around a crown located at the end of the tower.

Turning of the blades

The wind makes the blades turn, which start to move with wind speeds of around 3.5 m/s and provide maximum power with a wind speed 11 m/s. With very strong winds (25 m/s), the blades are feathered and the wind turbine slows down in order to prevent excessive voltages.

Gearbox

The rotor (unit of three blades set in the hub) turns a slow axis that is connected to a gear box that lifts the turning velocity from 13 to 1,500 revolutions per minute.

Generation

The gearbox transfers its energy through a fast axis that is connected to the generator, which produces the electricity.

Evacuation

The energy generated runs through the inside of the tower to the base. From there, the energy runs over an underground line to the substation, where its voltage is raised in order to inject it into the electrical grid and distribute it to the points of consumption.

Monitoring

All of the critical functions of the wind turbine are monitored and supervised from the substation and the control center in order to detect and resolve any incidents.

Wind turbines are designed to be placed high up in the air. The turbine and generator must be mounted on a tall pole that's around 25-60 ft. in height. However, turbines aren't only limited to large fields or hilltops; home wind turbines can also be placed on a roof (like in your rooftop garden) or in a body of water.

Depending on the amount of square footage you have available to you, there are a variety of options. For those living in more compact environments, a turbine that has a small rotor radius is essential. On the other hand, if you're looking to mount your turbine on the roof, then you'll need a model that isn't heavy and cumbersome.

Be aware that each turbine needs to be placed within a buffer zone. Two turbines should never be placed right next to each other. An easy way to figure out the right distance for placement is to multiply the turbine's blade radius by 10. This will give you a general estimate, although consulting the manufacturer is the preferred choice. Wind turbines work great when paired with a solar array as it maximizes your capacity to produce energy [2].

Vortex Bladeless Company offered a new approach to operate wind turbines. They offered a vortex induced vibration resonant wind generator using harnesses wind energy from a phenomenon of vorticity called vortex shedding. Basically, bladeless technology consists of a cylinder fixed vertically with an elastic rod. The cylinder oscillates on a wind range, which then generates electricity through an alternator system (Fig. 1).

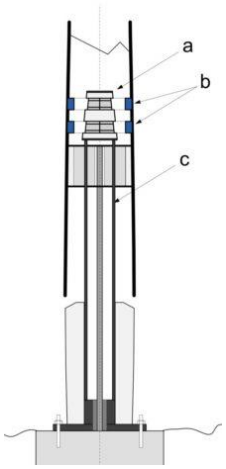


Figure 1 – Wind turbine structure: a. Stator's fixed part; b. Alternator's mobile part; c. Stator's support

The outer cylinder is designed to be largely rigid and has the ability to vibrate, remaining anchored to the bottom rod. The top of the cylinder is unconstrained and has the maximum amplitude of the oscillation. The structure is built using resins reinforced with carbon and glass fiber, materials used in conventional wind turbine blades.

The rod's top supports the mast and its bottom is firmly anchored to the ground. It is built of carbon fiber reinforced polymer, which provides a great fatigue resistance and it has a minimal energy leak when oscillating. The design of such wind turbine is quite different from a traditional turbine. Instead of the usual tower, nacelle and blades, the device has only a mast made of lightweight materials over a base. This reduces the usage of raw materials and the need for a deeper foundation. Its simple design and light weight allow a very efficient use of raw materials. No complex manufacturing process is required to build a bladeless wind turbine, although current methods have to be slightly different to industrialize the production. The absence of lubricants makes unnecessary to manage this waste. Vortex bladeless is mainly a solution for distributed energy generation. It is perfect to be placed near a house or over the roof. It can work on grid and off grid, and as a part of a hybrid solar installation plus wind generation [3].

Wind turbines have an average life of over 25 years, although the most widespread accounting criterion is set for periods of 20 years. Rapid evolution of wind technology has led to an increase in the durability of wind turbines.

Nowadays the wind power industry has bloomed. So, wind turbines are becoming more efficient and much more affordable.

References

1. Acciona : website. – URL : https://www.acciona.com (date of the application 12.09.2021). – Text : electronic.

2. Grimwood M. Best home wind turbines / M. Grimwood. – URL : https://www.renewableresourcescoalition.org/best-home-wind-turbines / (date of the application 08.05.2021). – Text : electronic.

3. Vortex Bladeless : website. – URL : https://vortexbladeless.com / (date of the application 15.06.2021). – Text : electronic.

Научный руководитель: Гриднева Б. О., старший преподаватель

УДК 62-52:628.33

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ

Поляков С. А., Ревин А. Д., Иванов Б. Г., Лапидус А. Я.,
Военный институт Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова», г. Пушкин

Прогнозирование и нормирование затрат энергии состоит из трех основных составляющих. Первая составляющая определяет непосредственные затраты энергии на работу механизмов (оборудования) по назначению. Вторая составляющая определяет потери в сетях и преобразователях, в самих механизмах (оборудовании), а также на работу на холостом ходу или в спящем режиме. Третья составляющая определяется затратами энергии на работу оборудования, которое работает по необходимости для обеспечения нормального функционирования всех систем корабля выражающуюся, фоновым потоком энергии ТС.[1]

Для каждого объекта необходимо разрабатывать модель энергопотребления. Модель должна охватывать все возможные варианты работы ТС для выполнения функционального предназначения в любом варианте использования системы. В соответствии с имеемой моделью энергопотребления ТС возможно использовать способ расчета организационной составляющей затрат энергии [2], состоящий из следующих этапов:

1. Расчет индивидуальных характеристик работы системы и входящих в него технических средств.

Для каждой корабельной (судовой) системы и отдельного оборудования выбираются конкретные механизмы в соответсвии с групповой организацией поставленных задач. Для каждого вида готовности корабля к выполению поставленной задачи, определяются граничные значения $P_{min} = [кВт]$, $P_{max} = [кВт]$, $R_{min} = [Ом]$, $R_{max} = [Ом]$ и $k = [шт]$.
Строятся индивидуальные характеристики ***R(P)*** для конкретных режимов работы (производительности), а так же определяются ***V(S,b,T***) – функциональные связи вида (оптимальный расход топлива).

2. Расчет зависимости режима работы от итогового параметра **z.**

Находятся граничные значения параметров режима работы для определения диапазона функционирования отдельного механизма или всей системы целиком:

$Q_{min} = [м^3/ч]$; $Q_{max} = [м^3/ч]$; $S_{min} = [об/мин]$; $S_{max} = [об/мин]$; T_{min} = [кВт/ч]; T_{max} = [кВт/ч]; $V_{min} = [узлов]$; $V_{max} = [узлов]$ ($V_{min} = [м/с]$; $V_{max} = [м/с]$)

Проводится проверка среднеквадратичного отклонения зависимости выбранной или установленной скорости движения корабля (судна) при выполнении конкретной задачи от аппроксимирующей ее зависимости ***V(z)***. Осуществляется корректирующее воздействие на изменение граничных значений параметров в случае неудовлетворительной сходимости, самообучение системы. Допустимое максимальное значение среднеквадратичного отклонения от оптимального использования энергоресурса – 2...5%. Во всем диапазоне изменения обобщенного параметра ***z***=0..100 не допускается превышение относительной величины погрешности ее аппроксимации на 5-15%

Благодаря этому подходу появляется возможность определить параметры работы оборудования, группы оборудования в боевой части и всего оборудования в рамках корабля в зависимости от разрешенного диапазона работы. Конкретные ограничения накладываются на оборудование или системы при выполнении поставленной задачи и условиямми в которых работают механизмы и системы, исключительно из соображений определения их работоспособного состояния и своевременного выявления изменения их технического состояния. При выходе режимов работы оборудования или потерблення энергоресурсов генерирующеми приводами за пределы ограничений, свидетельствует о нарушении компановки системы или изменении технического состояния элементов энергетической системы корабля.

3. Построение модели энергопотребления конкретной энергетической системы.

Находятся значения параметров экспериментальной зависимости мощности ***P, x, y, n, m, $\sigma_{вр}$*** для стандартных условий работы. Восстанавливаются коэффициенты А=[Дж/с м/с], В=[Дж/м^3], Е=[Дж/кВт] согласно функциональным зависимостям режимов работы от обобщенного параметра.

При проведении эксперемента определяются наиболее эффективные режимы работы и компановки оборудования в системах и отдельного оборудования для определения энергетического профиля конкретной задачи, выполняемой кораблем (судном) при этом все показатели не должны выходить за пределы аппроксимации мощности ***A, B, E***.

$K_{AB} = |A|/|B|$, $K_{AE} = |A|/|E|$, $K_{BE} = |B|/|E|$. [3]

Определенные энергетические профили являются эталонными для последующего опредения состояния оборудования и систем в конкретных условиях.

4. Расчет потерь энергии, обусловленных конкретным процессом.

Потери энергии определяются в результате работы механизма на режиме прогрева или холостого хода, переходные режимы обусловленные переключением работающего оборудования или изменением состава работающих механизмов. Для оценки потери мощности, связанной с переходным режимом или пререкючения используется уравнение

$$\Delta N_{xx} = \sigma_{xx} V_P(t)\big(S_{xx}(t) + S(t)\big).$$

Удельная энергия работы σ_{xx} – характеристика ТС и режима его работы. По результатам экспертных оценок может составлять от 10% до 25% от установленной мощности приводов агрегатов и преобразователей.

Вторая часть потерь энергии на уровне функционирования находится по зависимости потерь энергии внутри электрической машины или конкретного модуля. Она возникает в результате наличия вспомогательного и подготовительного, переходного и режима вывода из работы. Во всем диапазоне времени работы *i*-ого модуля процент переходного времени составляет $v_i(x,y)$=10…30%.

5. Построение диаграммы потребления энергоресурсов на выполнение конкретной задачи, поставленной пред кораблем (судном).

Исходными данными для модели обобщенной диаграммы потребления энергоресурсов при выполнении конкретной задачи, которая соответствует диаграмме нагружения технических средств, всех систем корабля или отдельной системы, являются временные периоды работы оборудования на установившихся режимах. При построении диаграммы $N_{mex}(z, t)$ их разумно установить на одной оси времени согласно последовательности включения и временем работы, тогда $t_{Ki} = t_{Hi}$ или $t_{Ki} = t_{H(i+1)}$

6. Расчет потерь энергии на работу технических средств и оборудования, обусловленные их настоящим техническим состоянием.

Модель мощности $N(z)$ позволяет с учетом известной номинальной мощности приводов оборудования корабля, в различных системах N_{HOM} построить зависимость КПД работы изделия от режима нагружения (работы) или от обобщенного параметра $\eta(z)$. В этом случае потери энергии в них оцениваются с помощью расчетной зависимости.

7. Расчет энергоемкости выполняемой задачи или отдельного процесса при выполнении повседневной деятельности и мероприятий, определямых эксплуатационной документацией.

Согласно зависимостям $N_{mex}(z,t)$ и $\eta(z)$, расчитываются все затраты энергии на работу конкретного технического средства на расчетном режиме, а, следовательно и локальная (или дифференциальная) энергоемкость режима. Эта зависимость является моделю энергопотребления или энергетическим профилем функционирования всех систем и оборудования при усстановленной боевой готовности или выполнении задач повседневной деятельности.

Вывод – на различных иерархических уровнях технических систем, для научного обоснования прогнозирования и нормирования затрат энергии необходимо разработать методику расчета потерь на всех уровнях управления и контроля за работой техническими средствами и оборудованием. Эта методика должна включать в себя расчет потерь энергии на режимах холостого хода и при нахождении оборудования в спящем режиме, при минимальном уровне потребления энергоресурса режимы холостого хода и спящий режим, выражаются через мнимый поток энергии. Исходными параметрами для этого являются особенности работы оборудования на различных режимах и всей технической системы, технических процессов, воздействий, оборудования и его загрузка.

Список использованных источников

1. Проблемы энергосберегающих нововведений и эффективность промышленного производства / Г. Л. Багиев, В. Р. Окороков, Г. В. Шнеерова [и др.]. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1987. – 190 с. – Текст : непосредственный.

2. Тайц А. А. Методика нормирования удельных расходов электроэнергии / А. А. Тайц. – Москва : Госэнергоиздат, 1946. – 183 с. – Текст : непосредственный.

3. Котов В. С. Применение метода фидуциальных вероятностей в системе оценки работоспособного состояния корабельного котлоагрегата / В. С. Котов. – Текст : непосредственный // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. – 2015. – № 2(2). – С. 130-132.

Научный руководитель: Воронин К. П. канд. техн. наук, доцент

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Попов Е. И., Шеломенцев В. А.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, в настоящее время в электроэнергетике страны взят курс на развитие технологий распределенной генерации, а также создание информационно-технологических платформ для управления электроэнергетической структурой [1]. Одной из таких технологий станет развитие и внедрение централизованной архитектуры релейной защиты и автоматики (РЗА) в электросетевом комплексе. Идея объединить все вычислительные

процессы релейной защиты в едином устройстве вытекает из самого определения цифровой подстанции (ЦПС) [2], поскольку средой передачи данных в ней является локально-вычислительная сеть (ЛВС), а значит для архитектуры РЗА было бы необходимо и достаточно измерительных устройств с контролируемыми параметрами в цифровом виде, Ethernet-кабелей, а также универсального сервера для обработки всей необходимой информации.

В настоящее время существующие программные алгоритмы работы централизованных РЗА не обеспечивают требуемую надежность для ответственных и сложных электротехнических комплексов и систем, а технически реализовать требуемую надежность РЗА невозможно ввиду чрезмерно высоких затрат. Стоит отметить наличие определенных трудностей и сложность при анализе корректности работы РЗА, как и отсутствие типовых мероприятий проверки правильной работы оборудования, соответствующего требованиям стандарта МЭК 61850. Его введение не решило проблему отсутствия единого подхода к проектированию цифровых подстанций, поскольку внедрение нового оборудования влечет за собой определенные риски вследствие недостатка эксплуатационного опыта работы с ним. Как правило, это касается вопросов надежности таких систем с точки зрения потери связи, кибербезопасности, отсутствия опыта эксплуатации и обслуживания [3]. Альтернативным вариантом может стать внедрение концепции архитектуры централизованной защиты и управления (ЦЗиУ).

Централизованная архитектура — это представление распределительного устройства или подстанции в целом в виде одного вычислительного устройства с резервированием, осуществляющего функции защиты, управления и измерений. Для реализации алгоритмов ЦЗиУ необходимы серверы, обладающие значительными вычислительными мощностями – многоядерные серверные платформы, способные в реальном времени обрабатывать большое количество SV-потоков [4].

Отличия в топологиях архитектур децентрализованной и централизованной защит выражаются в различном объеме выполняемых задач, что дает определенные преимущества последней в вопросе выбора архитектуры при проектировании ЦПС. ЦЗиУ предполагает наличие меньшего числа устройств для создания комплекса РЗА, затраты на приобретение нескольких БМРЗ заменяются затратами на два вычислительных сервера. Снижаются таким образом и расходы на амортизацию цифрового оборудования. Кроме того, однотипность интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) ЦЗиУ позволяет осуществлять их программную поддержку одновременно [5, 6].

Централизованная архитектура РЗА предполагает не только защиту конкретного электроэнергетического объекта, но и себя непосредственно. Реализация определенной избыточности в архитектуре ЦЗиУ дает возможность определять скрытые отказы среди модулей. Отслеживание работо-

способности цифровых блоков дополняется сравнением и обработкой контролируемых параметров, полученных с разных присоединений подстанции, что позволяет предотвратить аварийные ситуации в случае, если произошел сбой в работе какого-либо ИЭУ. Таким образом, персонал подстанции может легко определить источник искаженных данных [7].

Тем не менее, на сегодняшний день ЦЗиУ обладает рядом недостатков и «узких мест», препятствующих широкому внедрению ее в существующих цифровых сетях:

- высокие капитальные затраты для поддержки мощной ЛВС несмотря на относительно низкие операционные;
- необходимость наличия высококвалифицированного персонала, имеющего компетенции как в области электроэнергетики, так и сфере информационных технологий;
- низкая надежность всей системы вследствие того, что весь комплекс защит реализован на одном резервируемом сервере;
- недостаточная изученность вопроса надежности информационных систем;
- необходимость реализации высокой степени кибербезопасности комплекса.

Недостаточная изученность вопроса централизации архитектуры РЗА, высокая стоимость внедрения, отсутствие необходимого опыта работы с цифровым электросетевым комплексом накладывают ограничения на развитие ЦЗиУ в России. Каждый из экспертов имеет собственное мнение, методы и подходы к определению централизованной архитектуры и ее применимости к различным классам напряжения [8], наиболее вероятным исходом в обозримом будущем стоит ожидать внедрение пилотных проектов гибридной архитектуры в сетях 110 – 220 кВ для отработки предлагаемых компаниями решений, наработки опыта проектирования и эксплуатации [9].

Однако для решения этой задачи на данном этапе необходима разработка нормативной базы, позволяющей сформировать и уточнить список технических требований к централизованной архитектуре. Кроме того, одним из первостепенных вопросов станет разработка имитационных моделей работы централизованной релейной защиты [10]. Моделирование ЦЗиУ с разработкой программных алгоритмов работы системы позволит найти оптимальные топологии архитектуры централизованной РЗА [11, 12]. Это позволит в дальнейшем ожидать всестороннее применение ЦЗиУ на ЦПС вместо традиционных децентрализованных архитектур.

Список использованных источников

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : официальный сайт. – 2021. – URL : https://minenergo.gov.ru/node/1026 (дата обращения 27.08.2021).

2. Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС. – Текст : электронный // ПАО «ФСК ЕЭС» : официальный сайт. – 2021. – URL : https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.240.10.299-2020.pdf (дата обращения 27.08.2021).

3. Симаков А. В. Разработка метода проверки комплексов цифровой релейной защиты электроэнергетических установок / А. В. Симаков, В. В. Харламов, В. И. Скороходов. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2019. – № 5 (167). – С. 58–63.

4. Centralized Substation Protection and Control. – Text : electronic // IEEE : site. – 2021. – URL : https://www.pes-psrc.org/kb/published/reports/IEEE_PES_PSRC_WG%20K15_Report_CPC_Dec_2015.pdf (date of the application 27.08.2021).

5. Centralized Protection and Control. – Text : electronic // ABB Asea Brown Boveri Ltd : site. – 2021. – URL : https://library.e.abb.com/public/6b20916a4d2e412daabb76fbada1268e/Centralized_Protection_and_Control_White_paper_2NGA000256_LRENA.pdf (date of the application 27.08.2021).

6. Advancements in Centralized Protection and Control Within a Substation. – Text : electronic // Smart Grid Center : site. – 2021. – URL : https://smartgridcenter.tamu.edu/resume/pdf/j/WG_K15.pdf (date of the application 27.08.2021).

7. The Future of Substations: Centralized Protection and Control. – Text : electronic // VTechWorks : site. – 2021. – URL : https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/73177/Thompson_AC_T_2016.pdf?sequence=1 (date of the application 27.08.2021).

8. Цифровая подстанция. Эффективные решения. – Текст : электронный // Журнал «Информатизация и Системы Управления в Промышленности» : официальный сайт. – 2021. – URL : https://isup.ru/articles/6/13855/ (дата обращения 27.08.2021).

9. Централизованные и децентрализованные системы РЗА, АСУ ТП и учета. – Текст : электронный // Цифровая подстанция : официальный сайт. – 2021. – URL : http://digitalsubstation.com/blog/2015/10/13/tsentralizovannye-i-detsentralizovannye-sistemy-relejnoj-zashhity-asu-tp-i-ucheta-3/ (дата обращения 27.08.2021).

10. Albinali H. F. Resilient Protection System Through Centralized Substation Protection / H. F. Albinali, A. P. Sakis Meliopoulos. – Direct text // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2018. – № 3. – P. 1418 -1427.

11. Шарыгин М. В. Разработка алгоритма автоматической адаптации параметров срабатывания многомерной интеллектуальной релейной защиты к конфигурации распределительных электрических сетей / М. В. Шарыгин, В. Ю. Вуколов, А. А. Петров. – Текст : непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2020. –№ 11. – С. 65-78.

12. Thararak P. Implementation of Optimal Protection Coordination for Microgrids with Distributed Generations Using Quaternary Protection Scheme / P. Thararak, P. Jirapong. – Direct text // Journal of Electrical and Computer Engineering. 2020. – № 2020. – Article № 2568652.

УДК 621.3.026.5

СОКРАЩЕНИЕ ПОТОКА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТИ С ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Попов И. П.,
Курганский государственный университет, г. Курган

Реактивная мощность в сети является нежелательным явлением. Ее циркуляция по проводам вызывает тепловые потери в объеме примерно 10% ее величины. Для ее снижения используют дорогостоящие статические и динамические компенсаторы.

Цель работы – установление явления сокращения потока реактивной мощности в сети с трансформаторами.

На рис. 1 представлена существенно идеализированная схема подключения вторичных обмоток трансформатора к симметричной индуктивной нагрузке. Сопротивления рассеяния не показаны. Активные составляющие сопротивлений не рассматриваются. Реактивная мощность в сеть не передается (гипотетически).

В части опосредованного взаимодействия магнитного поля с нагрузкой схема неотличима от рассмотренной в [1], в которой вместо трансформатора использована синхронная явнополюсная машина и в которой источником возбуждения колебаний тока (индуктивного) в любой фазе являются другие (другая) фазы (фаза) нагрузки.

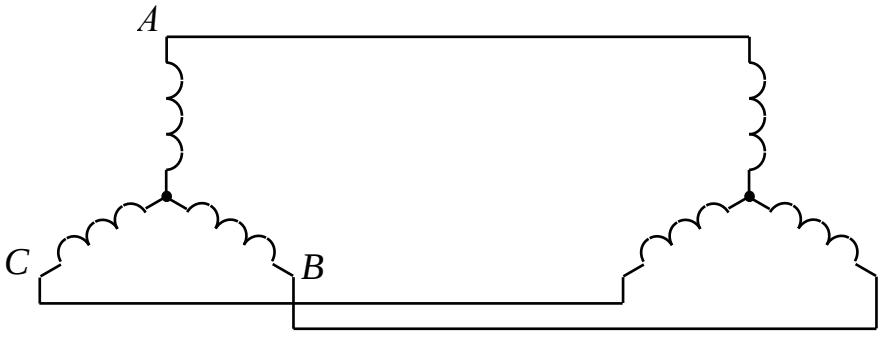


Рисунок 1 - Самокомпенсация реактивной мощности

Подобное явление самокомпенсации реактивной мощности известно и в механических системах [2–4]

Мгновенные токи, напряжения и мощности (реактивные) фаз соответственно равны

$$i_A = I\sin\omega t,\ u_A = I\omega L\cos\omega t,\ q_A = I^2\omega L\sin\omega t\cos\omega t = \frac{1}{2}I\omega L\sin 2\omega t,$$

$$i_B = I\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right),\ u_B = I\omega L\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right),\ q_B = \frac{1}{2}I^2\omega L\sin\left(2\omega t - \frac{4\pi}{3}\right),$$

$$i_C = I\sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right),\ u_C = I\omega L\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right),\ q_C = \frac{1}{2}I^2\omega L\sin\left(2\omega t + \frac{4\pi}{3}\right).$$

Здесь L – суммарная индуктивность фазы трансформатора (включая рассеяние) и нагрузки.

Сумма мощностей фаз B и C равна

$$q_{BC} = q_B + q_C = \frac{1}{2}I\omega L\sin\left(2\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + \frac{1}{2}I\omega L\sin\left(2\omega t + \frac{4\pi}{3}\right) =$$

$$= 2\frac{1}{2}I\omega L\sin\frac{2\omega t - 4\pi/3 + 2\omega t + 4\pi/3}{2}\cos\frac{2\omega t - 4\pi/3 - 2\omega t - 4\pi/3}{2} =$$

$$= 2\frac{1}{2}I\omega L\sin 2\omega t\cos\left(-\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}I\omega L\sin 2\omega t$$

Эта величина противоположна мощности фазы A.

Это означает, что при оговоренных условиях фазы нагрузки совершают между собой обмен реактивной энергией.

Следовательно, имеет место самонейтрализация реактивного характера нагрузки.

На рис. 2 показан ряд трансформаторов или шунтирующих реакторов с реактивной нагрузкой.

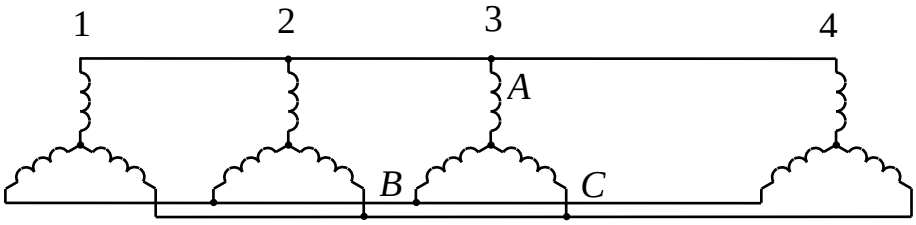


Рисунок 2 - Каскад трансформаторов

Идеализация этой схемы меньше, чем первой, поскольку реактивная мощность второго и третьего трансформаторов передается в первичную обмотку.

В таблице 1 представлены значения потоков реактивной мощности в участках сети, отнесенные к величине потока через нагрузку.

Таблица 1

Относительные потоки реактивной мощности в участках сети

Участок сети	1-2	2-3	3-4
Относительный поток реактивной мощности	1/3	2/3	1

До сих пор считалось, что реактивная мощность не перетекает между фазами и поэтому ее поток *без изменения* циркулирует между нагрузкой и источником (генератором) (при условии отсутствия средств компенсации).

В соответствии с рис. 2 поток на участке 3–4 остался без изменений по сравнению с прежними представлениями.

Однако уже на участке 2–3 он составляет 2/3 от его значения для нагрузки, а на участке 1–2 – 1/3.

Каждый последующий трансформатор по мере удаления от нагрузки *шунтирует* часть потока реактивной мощности и поэтому в источнике (генераторе) реактивная мощность существенно меньше, чем в нагрузке.

Соответственно уменьшается усредненный поток реактивной мощности, циркулирующий в сети.

Поскольку снижение усредненного потока реактивной мощности происходит без применения специальных средств компенсации, то это явление можно считать самокомпенсацией реактивной мощности.

В качестве технических средств, обеспечивающих этот реактивный энергообмен, могут выступать *уже имеющиеся* в сети трансформаторы и шунтирующие реакторы. В этом смысле достигаемое таким образом снижение потока реактивной мощности является *естественным*, т. е. не специально организованным, как в случае с синхронными компенсаторами и конденсаторами.

В соответствии с изложенным имеет место явление сокращения потока реактивной мощности в сети с трансформаторами.

Полученные аналитические выражения и сделанные выводы не накладывают ограничения на классы напряжения силовых трансформаторов и типах электроэнергетических систем/электрических сетей, в которых они размещаются.

Список использованных источников

1. Попов И. П. Самокомпенсация симметричной реактивной нагрузки в сети / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Вестник Псковского государственного университета. Технические науки. – 2017. – Вып. 5. – С. 37–41

2. Попов И. П. Теория мультиинертного осциллятора / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2020. – № 1. – С. 88–91.

3. Попов И. П. Моделирование триинертного осциллятора / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления. – 2018. – № 4. – С. 73–79.

4. Попов И. П. Теоретические предпосылки создания мультиинертного осциллятора / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. – 2020. – № 1(145). – С. 15–19.

УДК 621.3.061

ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ УСТАНОВКИ БЛОКИРОВОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Самсонов В. В.,
Тюменский Индустриальный университет, г. Тюмень

Каждый электронный девайс содержит в себе печатную плату, это позволяет разместить и соединить электронные компоненты максимально эффективно и компактно. Несмотря на простоту разработки печатных плат, существуют правила, которые могут существенно повлиять на работоспособность устройств. В данной статье рассматривается важность установки блокировочных конденсаторов к выводным контактам микросхемы управления, а также проводится эксперимент, подтверждающий расчеты емкости и расположения блокировочных конденсаторов.

Основная задача при трассировке печатных плат, это стабильность подключения компонентов к источнику питания. Многие разработчики при проектировании печатной платы просто соединяют выводы питания и источник питания, что зачастую является грубейшей ошибкой. С виду компонент соединен, параметры дорожки соответствуют заданной вольтамперной характеристике, но устройство не работает должным образом: перезагружается, греется, гудит. Это происходит за счет образования паразитной индуктивности во время протекания электрического тока по проводнику. Сюда относятся индуктивности, которые образовываются выводами элементов и длинными дорожками, емкостями между контактными площадками и землей, слоями питания и дорожками, а также взаимодействия через переходные отверстия. Их невозможно заметить без осциллографа, устройства позволяющего исследовать характеристики электрической цепи. [1]

В качестве основного источника паразитных индуктивностей являются дорожки и переходные отверстия, рассмотрим их влияние и способы минимизации паразитных емкостей. Чем меньше сечение проводника, тем больше его индуктивность. Исходя из формулы, следует сокращать длину дорожки проводника, а также увеличивать её ширину и толщину. Для расчета индуктивности применяется формула:

$$L(nH) = 2l \cdot \left(\ln\left(\frac{2l}{w+h}\right) + 0.2235\left(\frac{w+h}{l}\right) + 0.5\right) nH \quad (1)$$

Где L – индуктивность; l – длина проводника; w – ширина проводника; h – высота проводника.

Если с дорожками все более ясно, то переходные отверстия требуют более детального рассмотрения. Они тоже содержат как паразитные емкости, так и индуктивности.

$$L \approx \frac{h}{5} \cdot \left(1 + \ln\left(\frac{4h}{d}\right)\right) nH \quad (2)$$

где L – индуктивность; h – высота; d – диаметр.

Уравнение представляет формулу расчета паразитной индуктивности для отверстий. Для примера отверстие диаметром 0.4 мм на плате 1.5мм имеет индуктивность 1.1nH. что является огромной антенной по приему высокочастотных помех. Есть несколько способов борьбы с индуктивностью в переходных отверстиях: Прожиг лазером микроотверстий от 0.025мм, слепые переходные отверстия, параллельное расположение нескольких отверстий также уменьшает результирующую индуктивность [2].

Для уменьшения паразитных эффектов применяются приемы в виде дополнительных слоев в виде питания, использование переходных отверстий по периметру на слой земли [3].

Самый действенный способ избавиться от помех, которые в любом случае возникают на участке цепи — это установка блокировочного конденсатора. Он берет на себя высокочастотные скачки, которые возникают в цепи питания. Блокировочный конденсатор ставится максимально близко параллельно к выводам питания микросхемы, по возможности без применения переходных отверстий и ответвлений дорожек (рисунок 1). Особую роль здесь играет именно расстояние дорожки между конденсатором и микросхемой. Следует отметить, что для фильтрации высокочастотных сигналов не следует применять электролитические конденсаторы [4].

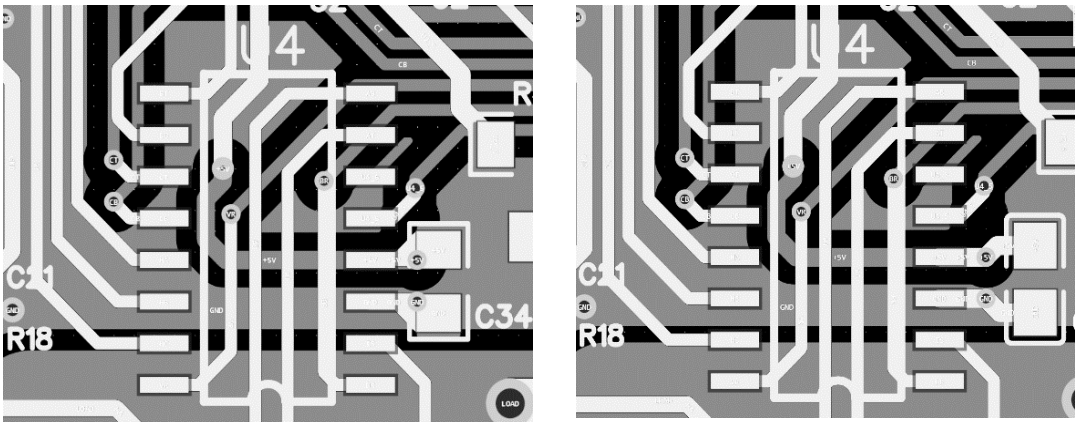


Рисунок 1 – Правильная (слева) и неправильная (справа) установка блокировочного конденсатора

В качестве объекта исследования данного эффекта, использована разработанная плата управления бесколлекторным электродвигателем с силовыми транзисторами на базе микроконтроллера JY-01. После сборки данной платы двигатель не работал как требуется, а спустя короткий промежуток времени микроконтроллер JY-01 выходил из строя. При снятии осциллограммы с выводов питания были выявлены серьёзные импульсы и наводки по питанию микросхемы. Было выяснено что напряжение колебания микросхемы имеют амплитуду с размахом 1.1В, что и приводит к выводу из строя микросхему. Осциллограмма приведена на рисунке 2.

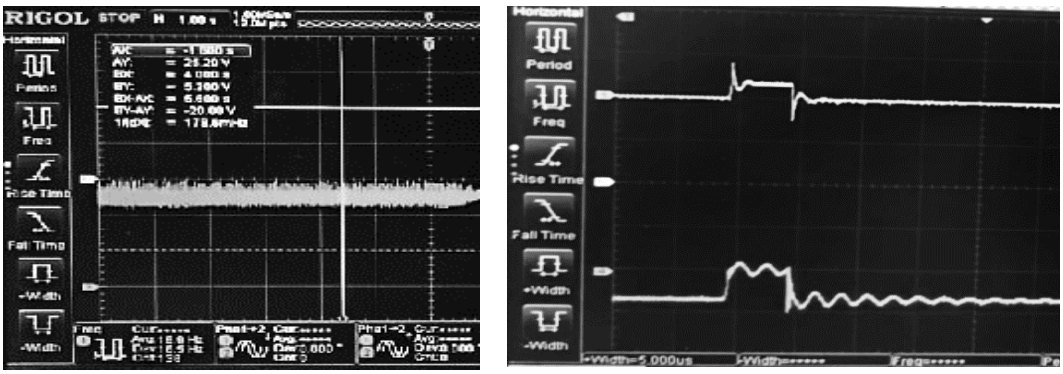


Рисунок 2 – Осциллограмма помех в цепи питания (слева) и помех в сигнале с микросхемы (справа)

Помехи по питанию приводят к искаженным импульсам, передаваемым на драйвер верхнего уровня, что отмечается в работе мотора как гул и невозможность выйти на рабочий уровень.

Для подбора конденсатора использовался график приведенный в документации к конденсатору (рисунок 3), по расчетам снятых с осциллограммы необходим конденсатор 75pf. И конденсатор 0.1 uf для фильтрования низких частот. После установки блокировочных конденсаторов осциллограмма показала существенное уменьшение колебаний в цепи питания и сигнала, что может говорить о необходимости учета фактора расположения блокировочных конденсаторов.

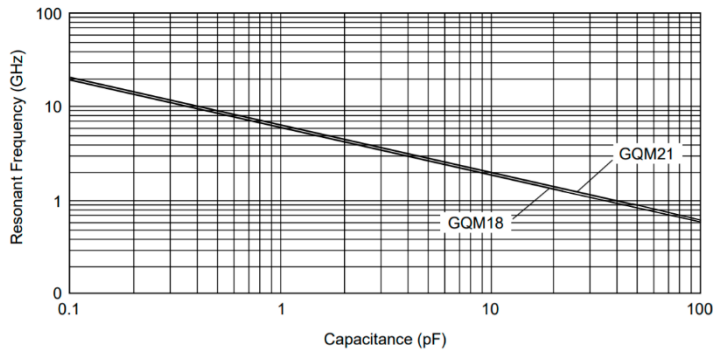


Рисунок 3 – Зависимость емкости конденсатора и частоты резонанса

Список использованных источников

1. Уваров А. С. Автотрассировщики печатных плат / А. С. Уваров. – Моксва : ДМК Пресс, 2016. - 288 с. – Текст: непосредственный.

2. Ardizzoni J. Keep High-Speed Circuit-Board Layout on Track : site. – URL : https://www.eetimes.com/keep-high-speed-circuit-board-layout-on-track/ (дата обращения: 20.10.2021). – Text : electronic.

3. Brokaw P. Grounding for Low- and High-Frequency Circuits / P. Brokaw, J. Barrow. -Direct text // Analog Devices Application. -1989. - №3. –P. 193-195.

4. Ардизони Д. Практическое руководство по разработке печатных плат для высокочастотных схем / Д. Ардизони. -Текст : непосредственный // Компоненты и технологии. - 2007. - №12. – С. 157-162.

УДК 621.316

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ SSD И SCD ФАЙЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Сахабутдинов А. А., Гавриленко А. Н.,
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Процесс создания цифровой подстанции (ЦПС) кардинально отличается от создания традиционной, что влечет за собой изменение бизнес-процессов, начиная с проектирования и заканчивая пусконаладочными работами и последующей эксплуатацией.

Описание основных систем подстанции и обмен информацией между устройствами осуществляется по стандарту МЭК 61850. Языком описания конфигурации является SCL (System Configuration Language).

Стандартом МЭК 61850 вводится несколько типов программных инструментов для работы с файлами на языке SCL:

1. Инструмент спецификации системы.

В результате работы с инструментом получим файл *.SSD. Содержащееся в нем описание будет являться исходными данными для последующих этапов проектирования.

2. Инструмент конфигурирования системы.

В результате работы с инструментом получаем файл *.SCD. Он содержит полное описание системы автоматизации подстанции.

3. Инструмент конфигурирования интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ).

С помощью этого инструмента будут реализовываться новые функции, настройки и параметры ИЭУ.

4. Инструмент документирования системы.

С помощью данного программного инструмента можно сгенерировать документацию определенного формата, в соответствии с установленными стандартами.

В настоящее время публикуется нормативно-техническая документация, в которой прописано требование наличия в электронной документации ЦПС файлов на языке SCL.

Это требование закреплено в стандарте ПАО «ФСК ЕЭС» о нормах технологического проектирования ПС 35–750 кВ от 2017 года [1]. В нем сформулированы задачи составления файлов на языке SCL.

Согласно требованиям к технологическому проектированию цифровых ПС 110-220 кВ и узловых ПС 35 кВ стандарта ПАО «Россети» от 2019 года, в составе электронной проектной документации также требуется формирование файлов, написанных на языке SCL [2]. В процессе проектирования ЦПС в состав электронной проектной документации должны быть включены SSD и SCD файлы, а также другие файлы SCL при необходимости.

Взаимодействие инструментов конфигурирования ЦПС изображено на рис. 1.

Таким образом, задача формирования файлов, написанных на языке SCL в ходе реализации проектов ЦПС, уже сейчас перешла в категорию задач обязательных к исполнению. Поэтому для комфортной работы с такими файлами предполагается применение специализированных высокопроизводительных систем автоматического проектирования (САПР), как это и предусмотрено стандартом МЭК 61850.

На данном этапе требуется проведение работы по разработке стандартного программного обеспечения (ПО) для создания и просмотра SSD/SCD-файлов, как исполнителями, так и заказчиками. Данное ПО являлось бы переводчиком с языка заказчика на язык исполнителя и наоборот. Тем самым, обе стороны могли бы лучше понимать друг друга и более эффективно обмениваться информацией.

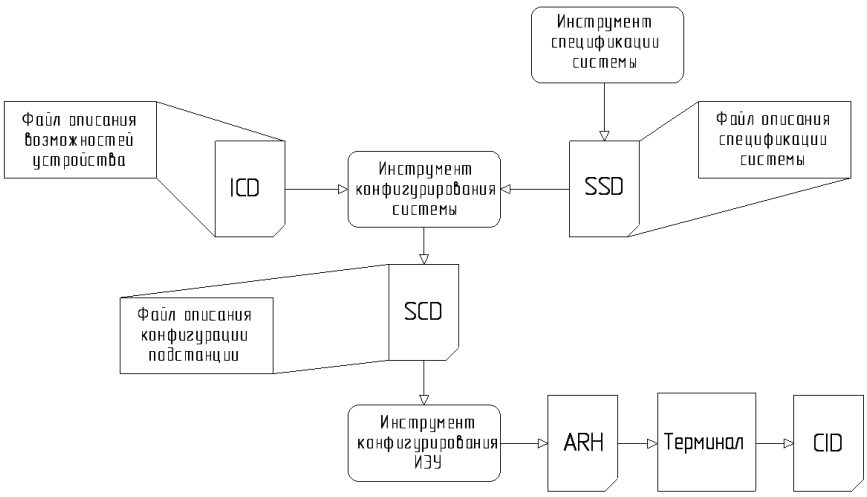


Рисунок 1 - Взаимодействие инструментов конфигурирования ЦПС

Такое ПО позволит более точно сформировать требования и избежать недопонимания, иного толкования между заказчиком и исполнителем, а также облегчит заказчику обработку SSD/SCD-файлов. С помощью такого ПО заказчик мог бы уже на этапе формирования технического задания создавать файлы описания спецификации, хотя бы частично.

Выводы

1. Актуальна разработка программного обеспечения, с помощью которого заказчик, не умеющий работать с SSD/SCD-файлами и не знающий языка SCL, имел возможность вводить и просматривать информацию, содержащуюся в этих файлах, через интерфейс компьютера на понятном ему языке, а программа, в свою очередь, осуществляла перевод на язык SCL и обратно.

2. Инструмент спецификации системы должен быть независимым от производителей ИЭУ.

3. Информация всех параметров настройки системы широко используется различными программными инструментами благодаря единым правилам формализованного описания языка SCL на протяжении всего жизненного цикла подстанции.

4. Требование наличия в электронной документации ЦПС файлов на языке SCL в ведущих российских электросетевых компаниях становится обязательным.

Список использованных источников

1. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС). - Текст : электронный // ПАО «ФСК ЕЭС» : официальный сайт. - 2017. - URL : http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007–29.240.10.248–2017.pdf (дата обращения : 08.10.2021).

2. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электро-сетевом комплексе» (редакция от 08.11.2019). - Текст : электронный // АО «Россети» : официальный сайт. - 2019. - URL : https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf (дата обращения : 08.10.2021).

УДК 621.391.82

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ШУМОВ В ИЗОЛИРУЮЩЕМ ТРАНСФОРМАТОРЕ

Сахабутдинов А. А., Ярыш Р. Ф.,
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Переходные процессы и шум (радиочастоты и всплески низкого уровня) обычно проходят не только через магнитные линии потока между

первичной и вторичной обмотками трансформатора, но также через резистивные и емкостные пути между обмотками.

Существует два основных типа шумовых сигналов, с которыми разработчики трансформаторов должны справляться:

Синфазный шум: Нежелательные сигналы в виде напряжений, возникающих между землей и каждым из силовых проводов.

Шум в нормальном режиме: нежелательные сигналы в виде напряжений, возникающих между линейными и между линейным и нейтральным проводами.

Подавить этот шум можно увеличив физическое разделение первичной и вторичной обмоток, что в свою очередь уменьшит резистивную и емкостную связь [1]. Однако это также уменьшит индуктивную связь и уменьшит передачу энергии.

Лучшее решение включает экранирование первичной и вторичной обмоток друг от друга, чтобы отвести большую часть первичного шумового тока на землю. Это оставляет индуктивную связь практически неизменной. Эту концепцию можно развить еще дальше, поместив первичную обмотку в экранирующую коробку, которая отводит шумовые токи на землю и уменьшает емкостную связь между обмотками [2].

Одно из применений этой технологии показано на Рисунке 1, на котором шумовая развязка трансформатора сделана еще эффективней, за счет помещения первичной и вторичной обмоток в их собственные экраны из фольги.

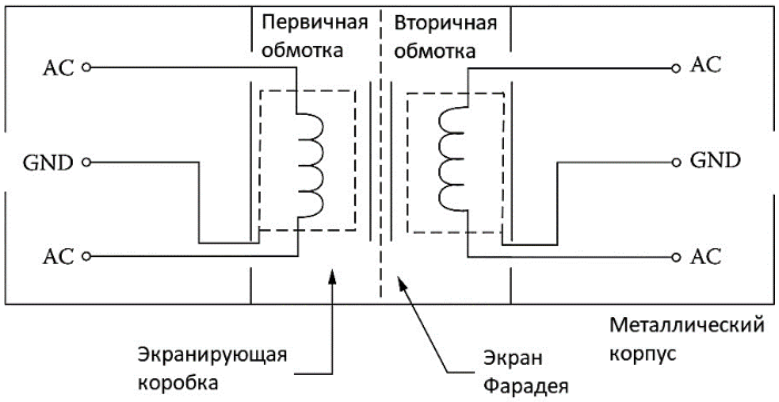


Рисунок 1 - Схема экранирования, используемая в высокоэффективном изолирующем трансформаторе

Конструктивная цель этой механической конструкции - высокое ослабление синфазных и нормальных шумов.

Обмотки разделены физически, насколько это возможно для конкретной номинальной мощности, и помещены между экранами Фарадея [3]. Это дает трансформатору значительное ослабление шума от первичной обмотки к вторичной и от вторичной к первичной. Рисунок 2 иллюстрирует задействованные механизмы.

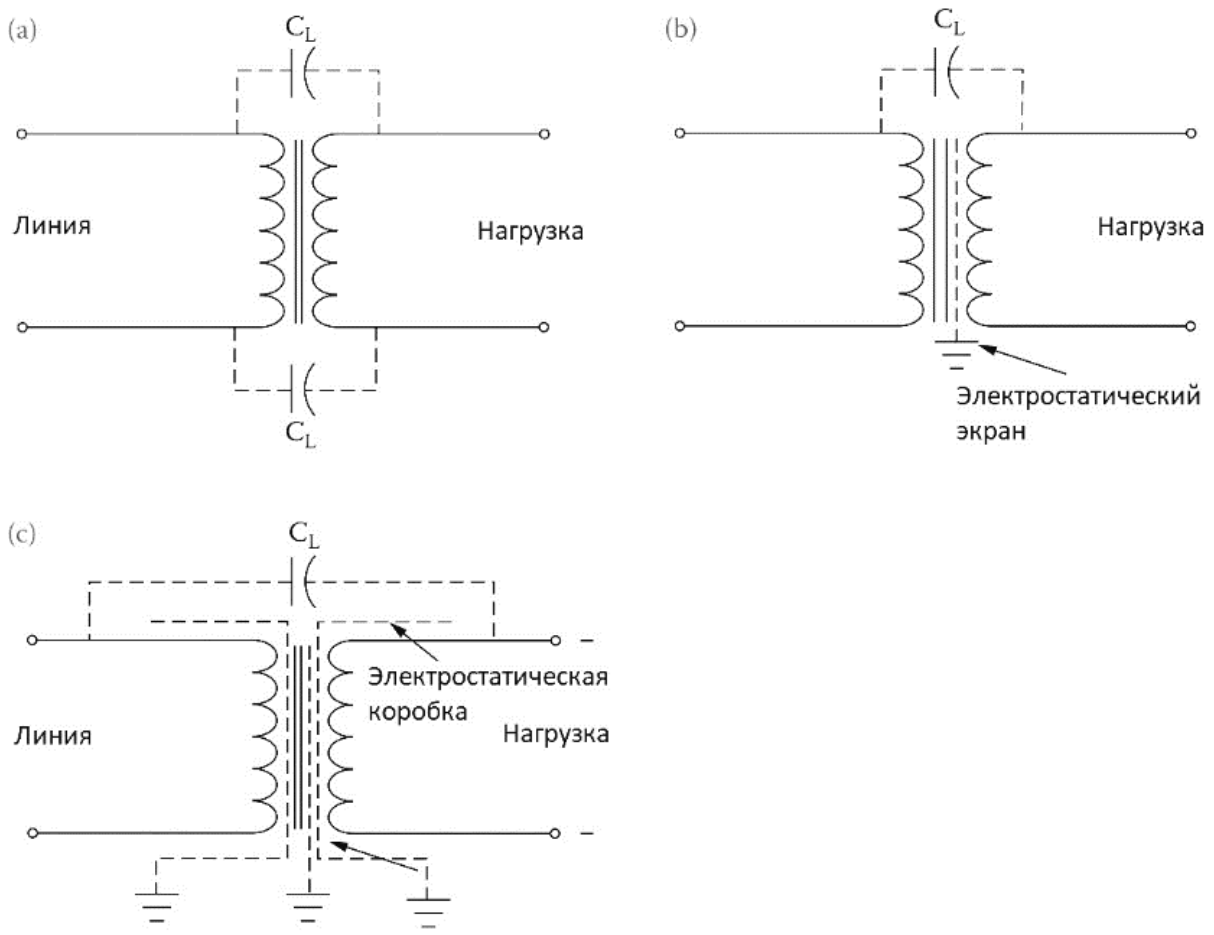


Рисунок 2 -
Элементы, входящие в изолирующий трансформатор для шумоподавления:
a) обычный трансформатор с емкостной связью;
b) трансформатор с добавлением электростатического экрана между первичной и вторичной обмотками;
c) трансформатор с электростатическими коробками, окружающими первичную и вторичную обмотки

Емкости между обмотками, а также между обмотками и корпусом разбиты на меньшие емкости и шунтированы на землю, таким образом сводя к минимуму общую связь.

Межобмоточная емкость типичного трансформатора, использующего этот метод, составляет от 0,001 до 0,0005 пФ. Подавление синфазного шума обычно превышает 100 дБ. Такой высокий уровень затухания предотвращает попадание синфазных импульсов в линии электропередачи на нагрузку.

На рисунке 3 показано, как изолирующий трансформатор сочетается с источником питания переменного тока в постоянный, чтобы предотвратить воздействие импульсов шума нормального режима на нагрузку.

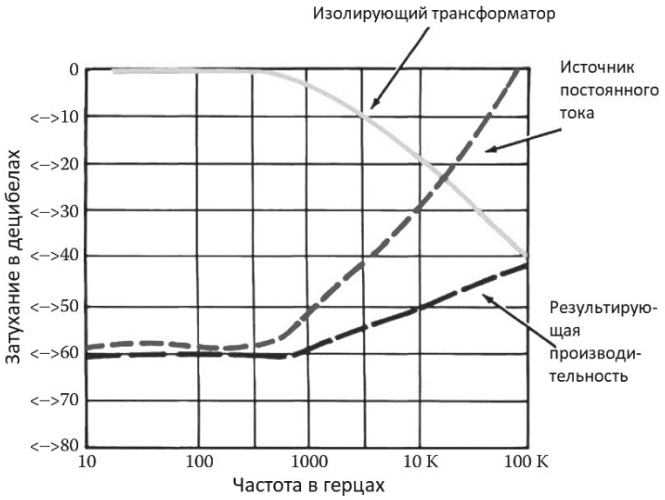


Рисунок 3 - Как ослабление шума в нормальном режиме изолирующим трансформатором сочетается с характеристиками фильтрации источника переменного тока в постоянный, чтобы предотвратить распространение шума на нагрузку

Список использованных источников

1. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах / Г. Отт. – Москва : Мир, 1979. – 318 с. – Текст непосредственный.

2. Morrison R. Grounding and Shielding Techniques / R. Morrison. – Direct text // John Wiley & Sons. – 1998. – №4. – P. 40-42.

3. Gabrielson C. Suppression of Powerline Noise with Isolation Transformers / C. Gabrielson, J. Reimold. – Direct text // EMC Expo87. – 1987. – P. 27-34.

УДК 62-523

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В ПРОЦЕССЕ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

Утямишев Д. М.,
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Новотроицкий филиал), г. Новотроицк

Сталеплавильное производство занимает важное место в мире. Вся сталь разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), которых существует более 500 видов с общим числом ручьёв около 750. Разливка стали осуществляется с помощью сталеразливочного ковша, из которого жидкий металл подаётся в промежуточные ковши. Дальше происходит разливка слябов за счёт подачи металла в кристаллизаторы через по-

гружные огнеупорные стаканы с двумя боковыми выходными отверстиями, направленными в стороны узких граней заготовки. Для того, чтобы защитить металл от окисления и потерь тепла, в промежуточном ковше и кристаллизатор подают шлакообразующую смесь (ШОС), представляющие собой порошок или гранулы [1,2].

Огромное значение в процессе разливки стали имеет расход ШОС, который существенно влияет на себестоимость конечного продукта и зависит от вязкости материала. Также важно обеспечивать постоянную подачу ШОС в кристаллизатор, что позволит добиться стабильной работы МНЛЗ и высокого качества продукта за счёт уменьшения количества брака. Раннее уже была разработана SCADA-система по управлению автоматической системы подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ [3] (рисунок 1).

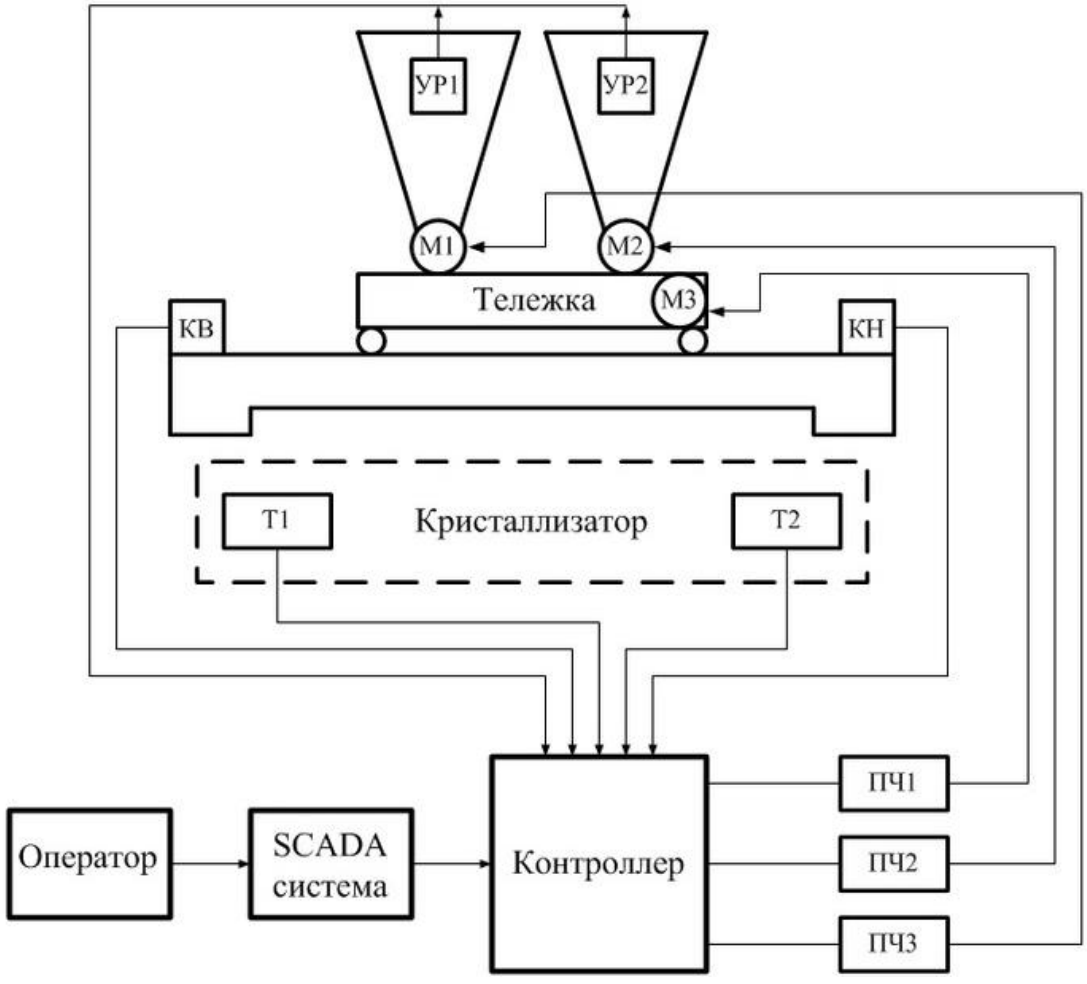


Рисунок 1 – Функциональная схема системы автоматической подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ

Представленная система функционирует по также разработанному алгоритму работы (рисунок 2) [4].

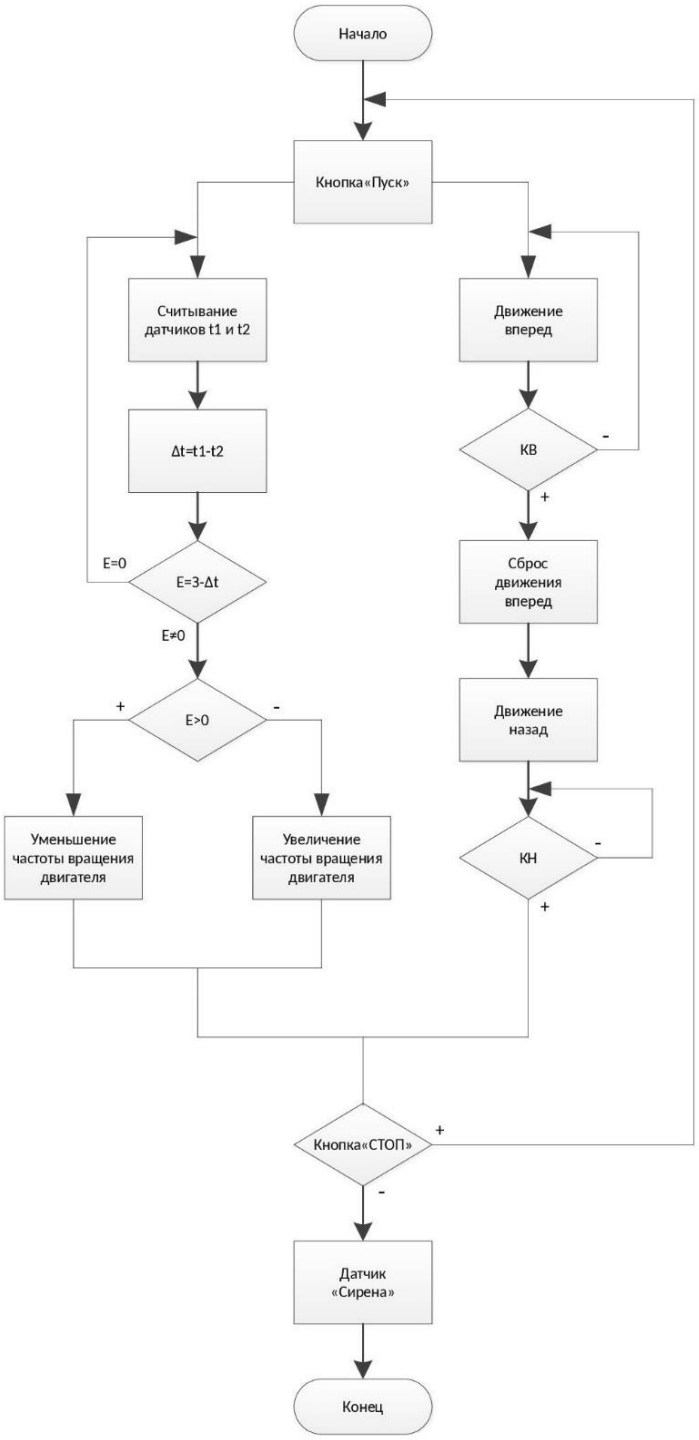


Рисунок 2 – Алгоритм работы автоматической подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ

Регулирование подачи ШОС в кристаллизатор реализуется за счёт закона Фурье на основе разности температур жидкого металла и шлака. Величины температур будут получены за счёт использования двух термопар, установленных в самом кристаллизаторе. Если толщина шлака увеличивается, то разность температур возрастает, следовательно подачу ШОС необходимо уменьшить [5].

Кроме того, для регулирования скорости расплавления ШОС между твердыми частицами и каплями расплава добавляют углерод, который создает инертный барьер. Углерод не смачивается расплавленным шлаком, поэтому жидкие шлаковые глобулы не могут агломерироваться до тех пор, пока углеродная частица не окислится и скорость расплавления ШОС уменьшается по мере увеличения доли углерода в смеси и уменьшения размера его частиц [6].

Таким образом внедрение автоматической системы подачи ШОС в кристаллизатор, основанной на разности температур жидкого металла и шлака, является перспективным и целесообразным. Это значительно улучшит стабильность процесса непрерывной разливки и улучшит качество непрерывнолитых заготовок.

Список использованных источников

1. Ряхов А. А. Разработка ресурсосберегающей шлакообразующей смеси для кристаллизаторов слябовых машин непрерывного литья заготовок: дис. канд. техн. наук : 05.16.02 / Ряхов Алексей Анатольевич. – Магнитогорск, 2019. – 143 с. – Текст : непосредственный.

2. Ляпушкин С. В. Повышение эффективности управления электроприводом автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов дис. канд. техн. наук : 05.09.03 / Ляпушкин Сергей Викторович – Томск, 2015. - 146 с. – Текст : непосредственный.

3. Baskov S. N. Search for more efficient automatic feed of the mold flux to the continuous casting machine crystallizer / S. N. Baskov, K. V. Litsin, D. M. Utyamishev. – Direct text // Proceedings of International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. - Sochi, 2021. – P. 619–623.

4. Лицин К. В. Повышение эффективности управления автоматической системы подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок / К. В. Лицин, Д. М. Утямишев. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2020. - № 10. - С. 306-312.

5. Лицин К. В. Бездатчиковый электропривод системы подачи смеси в кристаллизатор установки непрерывной разливки стали / К. В. Лицин, Д. М. Утямишев. – Текст : непосредственный // Черные металлы. - 2021. - №3. - С. 16–21.

6. Лицин К. В. Исследование электропривода системы подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок / К. В. Лицин, Т. В. Ковальчук, А. А. Гусев. – Текст : непосредственный // Известия Высших Учебных Заведений. Электромеханика. - 2018. - № 5. - С. 38-43.

Научный руководитель: Лицин К. В., канд. техн. наук, доцент.

УДК 681.5

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПАЛЛЕТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цуканов А. В.,
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Новотроицкий филиал), г. Новотроицк

В самый первых линиях упаковки существовала ручная укладка ящиков на поддоны для хранения и отгрузки продукции. Однако по мере увеличения производительности до 20 ящиков в минуту возникла необходимость в автоматических средствах штабелирования ящиков. Это создало потребность в автоматическом решение, известное сегодня как паллетайзер [1-2].

Поэтому актуальным направлением является внедрение линии паллетирования на различных производствах, в частности, на ООО «Аккерманн цемент». Целью данной статьи является обоснование внедрения паллетайзера для повышения эффективности производства.

Принцип работы современного паллетайзера рассмотрен на примере линии паллетирования, представленной на рисунке 1.

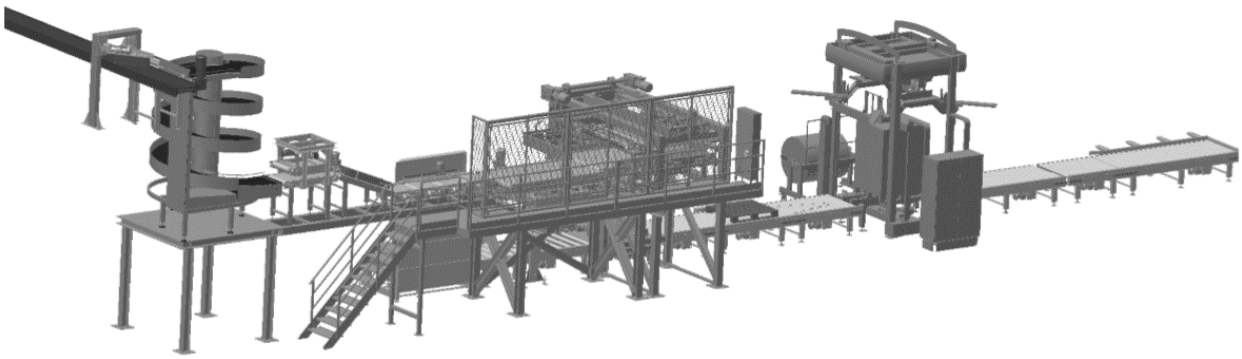


Рисунок 1 – Линия паллетирования

Продукция поступает по конвейеру на стол формирования слоя. После формирования ряда в слое входной конвейер блокируется и ряд сдвигается на ширину продукта и начинается формирование следующего ряда.

После достижения необходимого количества рядов и полного формирования слоя толкатель сдвигает слой на промежуточный стол и далее на сдвоенную пластину. В это время на промежуточном столе формируется следующий слой.

Пустой поддон автоматически подается из магазина паллет, позиционируется и при помощи подъемного стола устанавливается на высоте паллетирования. Сдвоенная пластина (по принципу сдвижной двери) от-

крывается и слой продукции оказывается на поддоне. Подъемный механизм опускает поддон на один ряд после чего сдвоенная пластина закрывается и готова к примеру следующего ряда. После укладки поддона он вывозится из паллетайзера при помощи конвейера [3-5].

В пищевой промышленности широкое применение находит именно робот паллетайзер.

Основные преимущества применения современных паллетайзеров заключаются в следующем:

– высокая производительность. Возможно обслуживание сразу нескольких рабочих линий;

– безупречное качество. При работе исключен человеческий фактор, всевозможные ошибки сведены к нулю;

– многофункциональность. Современные паллетайзеры, приобретенные по выгодной цене, могут работать как в режиме простой укладки, так и в режиме формирования многослойных паллет;

– эргономичность, компактность. Оборудование имеет небольшие размеры. Его легко разместить даже в условиях ограниченного пространства;

– безопасность и надежность. Специальные встроенные датчики используются для ограничения силы при работе, что позволяет защитить продукцию от возможного повреждения;

– автономность. Интегрированная система позволяет осуществлять работу в автоматическом порядке без участия операторов. Благодаря этому возможна работа на высокой скорости [6-8].

Таким образом современные паллетайзеры являются неотъемлемой частью производства и широко используются в промышленности, фармацевтике, а также логистике [9].

Список использованных источников

1. Вестхюз Р. Разработки в области технологии паллетирования / Р. Вестхюз. – Текст : непосредственный // Цемент и его применение. – 2015. – № 4. – С. 64-67.

2. Бородушкина А. Е. Автоматизация и роботизация складов / А. Е. Бородушкина. - Текст: непосредственный // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. - Уфа, 2020. – С. 14.

3. Кривоносова Ю. Роботизированные системы для организации логистики на предприятии / Ю. Кривоносова. – Текст : непосредственный // Молочная промышленность. – 2009. – № 6. – С. 31.

4. Хок У. Новое упаковочное оборудование на испанском заводе / У. Хок. – Текст : непосредственный // Цемент и его применение. – 2011. – № 6. – С. 74.

5. Меламедов Б. Роботы идут / Б. Меламедов. – Текст : непосредственный // Логистика. – 2011. – № 3(56). – С. 28-29.

6. Изюмова Н. Ю. Роботизация складских процессов / Н. Ю. Изюмова, Т. В. Мазар. – Текст : непосредственный // Лучшая студенческая статья 2018: сборник статей XIV Международного научно-исследовательского конкурса. – Пенза, 2018. – С. 249-251.

7. OYSTAR представляет инновационные решения в области упаковки. – Текст : непосредственный // Молочная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 16-17.

8. Коноваленко Л. Ю. Возможности использования робототехники при переработке сельскохозяйственного сырья / Л. Ю. Коноваленко. – Текст : непосредственный // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. – Москва, 2015. – С. 286-289.

9. Баумайстер Г. Комплектная технологическая линия фасовки, паллетирования и упаковки сыпучих строительных материалов широкого ассортимента / Г. Баумайстер. – Текст : непосредственный // Цемент и его применение. – 2018. – № 6. – С. 62-63.

Научный руководитель: Лицин К. В., канд. техн. наук, доцент

УДК 62-83

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЁМА ПАЛЛЕТАЙЗЕРА

Цуканов А. В., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Новотроицкий филиал), г. Новотроицк
Лицин К. В., «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск

В статье рассматривается электропривод подъема паллетайзера, кинематическая схема которого состоит из двух двигателей. Целью данной статьи является анализ двухдвигательной системы.

Отличительной особенностью двухдвигательной системы электропривода от однодвигательного заключается в передачи силового потока к ведомому звену от нескольких двигателей, а не от одного. За счет этого многодвигательный электропривод имеет ряд преимуществ. Во-первых, такие системы обладают обширными возможностями в регулировании скорости и момента. Во-вторых, позволяют снизить суммарный момент инерции по сравнению с однодвигательной системой электропривода. В-третьих, применение такой системы позволяет создать мощную установку при установке двигателей относительно невысокой мощности [1-2].

Эксплуатация многодвигательных систем на практике говорит о том, что в некоторых механизмах возбуждаются интенсивные колебательные процессы в трансмиссиях, что, в свою очередь, приводит к перегрузкам и к последующему разрушению деталей электропривода.

Данная проблема заключается в несогласованности скорости вращения и передающего момента. Кроме того, при работе двух двигателей на общий вал часто наблюдается неравномерность распределения нагрузки. Что также приводит к перегреву и выходу из строя одного из двигателей. Даже при использовании однотипных двигателей с идентичными параметрами, механические характеристики отличаются. Это происходит по ряду причин, основные из них: различная величина активного сопротивления, что происходит вследствие разной длины активных проводников, и неравенство воздушных зазоров [3].

В связи тем, что в промышленных механизмах все чаще применяется двухдвигательный электропривод, во избежание возникновения механических колебаний в объекте регулирования, установка надежной и простой двухдвигательной системы с синхронным регулированием является актуальной [4].

Ряд ПЧ имеет функцию, которая позволяет создать искусственное скольжение двигателем. В результате применения данной функции распределение нагрузки между двумя двигателями достаточно эффективно. Однако несмотря на простоту и низкую стоимость такой способ имеет ряд недостатков:

– ухудшение выравнивания скорости с увеличением нагрузки;
– отсутствие автоматической компенсации между двигателями;
– возможность применения только для разомкнутого контура регулирования скорости;

Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, содержащих по две независимых групп обмоток на статорах, может быть использован метод, осуществляющий синхронизацию скоростей за счет соединения между собой вторых групп обмоток. В данном случае управление скоростью осуществляется подключением цепей синхронизации через регулируемые резисторы и коммутатор к сети или на нулевую точку звезды вторых групп обмоток [5].

Реализация синхронизации электродвигателей применяя, конфигурацию «ведущий-ведомый» (рисунок 1), подразумевает под собой наличие ведущего привода и ведомого. В отличии от предыдущих способов, данная конфигурация характеризуется высоким быстродействием и точным выравниванием нагрузки, кроме того, такая система полностью настраиваемая.

В таком случае оба двигателя питаются от индивидуального преобразователя частоты и получают одинаковое задание скорости. Ведомый ПЧ получает задание момента от Ведущего ПЧ. Ведомый ПЧ будет управлять двигателем таким образом, чтобы равномерно распределять нагрузку меж-

ду двигателями. При управлении моментом Ведомый ПЧ может управлять скоростью в соответствии с заданным значением (одинаковым для обоих приводов) в пределах настраиваемой зоны нечувствительности. При достижении внутреннего или внешнего ограничения преобразователь переходит автоматически к регулированию скорости (положение ограничения) [6-7].

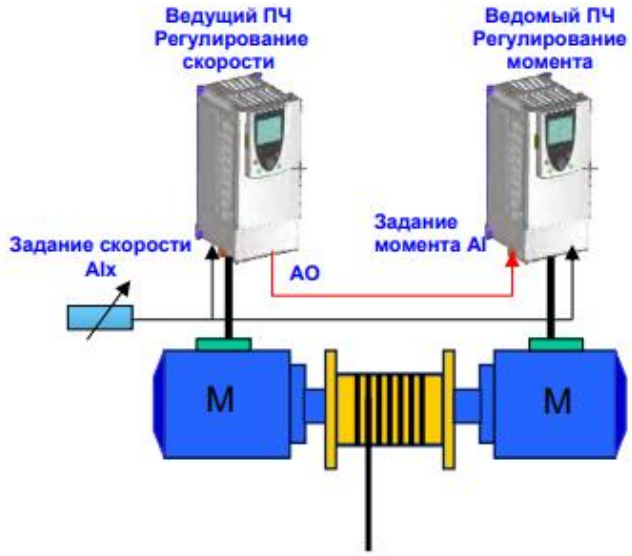


Рисунок 1 - Конфигурация «ведущий-ведомый»

Система «ведущий-ведомый» проста в реализации и поддерживается большинством производителей оборудования, поэтому внедрение такой системы увеличит надежность электропривода и принесет экономическую выгоду. Кроме того, точность поддержания распределения токов между электродвигателями при использовании системы выравнивания нагрузок в двухдвигательной системе увеличится на 15-17%.

Список использованных источников

1. Litsin K. V. Automated electric drive for the control system of two-coordinate welding machine / K. V. Litsin, A. V. Tsukanov. - Direct text // Izvestiya Ferrous Metallurgythis link is disabled. – 2021. – № 5. – P. 382-388.

2. Черепенников А. В. Актуальные проблемы систем управления электроприводом / А. В. Черепенников. – Текст : непосредственный // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 45-9. – С. 29-33.

3. Ключев В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – Москва : Энергоавтомиздат, 1998. – 704 с. – Текст : непосредственный.

4. Винокуров С. А. Разработка и исследование двухдвигательной системы электропривода с бесконтактными двигателями постоянного тока для транспортного робота / С. А. Винокуров. – Текст : непосредственный //

Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – № 3. – С. 96-99.

5. Лицин К. В. Разработка автоматизированного электропривода резьбонакатного станка / К. В. Лицин, А. В. Цуканов. – Текст : непосредственный // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2020. – № 9. – С. 74-79.

6. Теличко Л. Я. Разработка и исследование оптимальной системы двухдвигательного электропривода механизма опрокидывания / Л. Я. Теличко, А. А. Корчагин. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 21-24.

7. Белов Г. А. Моделирование параллельной системы питания, построенной по методу "ведущий -ведомый" / Г. А. Белов, И. В. Волков. – Текст : непосредственный // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции. – Чебоксары, 2011. – С. 91-101.

УДК 621.3

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ. ВЫВОД ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА НАТУРАЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ

Шустиков А. Р., Мезенцев А. В.,
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время в мире отмечается постоянный рост потребления электроэнергии. Такая динамика влечет за собой необходимость использования более мощного электротехнического оборудования. Для удовлетворения нужд населения в электрической энергии необходимо повышение пропускной способности линий электропередач.

Наиболее эффективным способом повысить пропускную способность линии электропередач является процесс повышения номинального напряжения.

Одним из основных вопросов, который связан с повышением качества электрической энергии в сетях – это вопрос о компенсации реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности – это процесс, направленный на снижение потерь электрической энергии. Компенсация реактивной мощности оказывает целенаправленное воздействие на все системы электроэнергетического комплекса.

Реактивная мощность необходима для работы двигателя. Сама по себе реактивная мощность не производит механической работы. Очень важным является получение реактивной мощности на месте. Это позволяет снизить на провода и кабели, повысить мощность.

Параметры, определяющие потребление реактивной мощности Cos (φ)

$$\cos \varphi = P / S \quad (1)$$

где P – активная мощность первой гармоники 50 Гц; S – полная мощность первой гармоники 50 Гц.

При проектировании линии электропередач необходимо стремиться к повышению параметров, определяющих потребление реактивной мощности [1, С. 7-10].

Определение расчетных токов и напряжения сети осуществляется полной мощностью. Полная мощность состоит из полезной активной составляющей, передаваемой в нагрузку, и реактивной, которая оказывает отрицательное воздействие на нагрузку электрической сети. Реактивная мощность создает дополнительную нагрузку на высоковольтные линии и трансформаторы, оказывает влияние на уровни напряжения у потребителей.

В случае увеличения реактивной нагрузки на высоковольтные линии потери реактивной мощности увеличиваются обратно пропорционально квадрату коэффициента мощности нагрузки высоковольтной линии. Такие потери очень большие. В этом случае целесообразно использовать методы компенсации реактивной мощности.

Так, компенсация реактивной мощности может осуществляться рациональным методом, или рациональная компенсация реактивной мощности.

Рациональная компенсация – это такой вид компенсации реактивной мощности, который направлен на уменьшение количества и мощности силовых трансформаторов [2, С.72]. При помощи рациональной компенсации реактивной мощности решаются вопросы, связанные с повышением экономичности работы электрических установок, улучшением качества потребляемой электрической энергии. Рациональная компенсация реактивной мощности предполагает возможности выбора и расчета компенсирующих устройств. Рациональная компенсация реактивной мощности – регулируемый метод компенсации.

Помимо регулируемой компенсации реактивной мощности выделяют и нерегулируемую. Нерегулируемая компенсация реактивной мощности используется при неизменной индуктивной нагрузке сети.

Если же наблюдается изменение значения реактивной мощности в течение дня, то необходимо применять регулируемую компенсацию. При таком виде компенсации реактивной мощности применяется автоматическая регулировка, которая достигается применением специальных цифровых регуляторов компенсации реактивной мощности. Особенностью регуляторов данного вида компенсации реактивной мощности является то, что они измеряют параметры сети и подключают количество конденсаторных ступеней, необходимое для компенсации реактивной мощности, возникающей в данный момент [3].

Компенсация реактивной мощности осуществляется за счет подключения конденсаторных установок и конденсаторов. В зависимости от того, как включены в сеть компенсирующие устройства, компенсация разделяется на поперечную, и продольную.

Поперечная компенсация – это компенсация, при которой компенсирующие устройства включаются в сеть параллельно электроприемниками.

Продольная компенсация – компенсация, при которой компенсирующие устройства включаются в сеть последовательно.

Подключая конденсаторы, мы уменьшаем потребление реактивной мощности через силовые трансформаторы у энергоснабжающей организации и улучшаем cos (φ). Необходимо поддерживать cos (φ) = 0,9..0,95, для того, чтобы избежать платежей за потребление реактивной мощности, снизить нагрузку на кабели и но трансформаторы, и в но тоже время, застраховаться от перекомпенсации (работы с избыточным количеством конденсаторов), возможной при cos (φ) = но 0,97 и выше. Более того, при повышении cos (φ) от 0,9 до 0,99 полный ток уменьшается всего на 3%, а мощность конденсаторной установки необходимая для этого увеличивается в 2 раза, ее стоимость в 1,5 раза, что экономически нецелесообразно. Наиболее широко на промышленных предприятиях применяется поперечная компенсация.

Таким образом, при выводе линии электропередач на натуральную мощность необходимо понимать особенности процесса компенсации реактивной мощности. Использование того или иного способа компенсации реактивной мощности зависит от параметров сети и линии электропередач. Компенсация реактивной мощности важна для снижения объемов потребляемой электроэнергии, при выводе линии электропередач на натуральную мощность. Использование того или иного вида компенсации реактивной мощности определяется экономическими факторами.

Список использованных источников

1. Алексеев Б. А. Продление срока службы силовых трансформаторов. Новые виды трансформаторного оборудования / Б. А. Алексеев. – Текст : непосредственный // Электрические станции. - 2003. - №7. – С. 32-37.

2. Скорняков В. А. Рациональная компенсация реактивной мощности потребителей деревоперерабатывающих производств / В. А. Скорняков. – Текст : электронный // Системы. Методы. Технологии. – 2017. - № 1. – URL : https://brstu.ru/static/unit/journal_smt/journal_smt_en/docs/number-33/73-77.pdf (дата обращения: 04.10.2021).

3. Завод конденсаторных установок ГК "ДИАЛ" : сайт. - URL : http://compensation.ru/ (дата обращения: 09.10.2021). – Текст : электронный.

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11

Научное издание

Материалы
Международной научно-практической конференции
им. Д. И. Менделеева,
посвященной 90-летию профессора Р. З. Магарила

Том 1. Химия и химические технологии.
Биотехнология и продовольственная безопасность.
Энергетика, электротехника и приборостроение

В авторской редакции

Подписано в печать 15.02.2022. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 28,75.
Тираж 500 экз. Заказ № 2317.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.