

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ, БИОТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ УСЛУГ

**МАТЕРИАЛЫ V ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

21 – 23 апреля 2021 г.



ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**ИРКУТСК
2021 г.**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ



**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ
И СФЕРЫ УСЛУГ**

Материалы V Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(г. Иркутск, 21–23 апреля 2021 г.)

Сборник материалов



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2021



УДК 66.0+574/577
ББК 35.11+28.0

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 21–23 апреля 2021 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2021. – 178 с.

Представлены материалы, посвященные актуальным проблемам прикладной химии, биотехнологии, химии биологически активных веществ растительного сырья, экологическим проблемам промышленности и сфере услуг.

Редакционная коллегия

Главный редактор

Анциферов Е.А. – канд. хим. наук, директор Института высоких технологий ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

Технический редактор

Степанова М.В. – специалист по учебно-методической работе кафедры химии и пищевой технологии им. В.В. Тутуриной ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»

*Авторы опубликованных статей, тезисов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных и прочих сведений.
Компьютерный макет сборника составлен из оригинальных авторских файлов.*

Допечатная подготовка О.Н. Вагнер
Оформление обложки В.К. Франтенко
Допечатная подготовка О.Н. Вагнер
Подписано в печать 22.04.2021.
Зак. ЭИ-2. Поз. плана 7.
Усл. печ. л. 11,5.



ISBN 978-5-8038-1608-9

© ФГБОУ ВО « ИРНИТУ» , 2021

СЕКЦИЯ № 1. ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

УДК 691.175

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВСПЕНИВАЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ

П.Н. Леушкин

Студент гр. МТМбд-21

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32

М.В. Бузаева

Д.х.н

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32

e-mail: m.buzaeva@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Статья посвящена сравнению вспенивающих добавок для полимеров. В данной статье рассматриваются разновидности вспенивающих добавок, условия использования, их характеристики и отличия. Статья рекомендована аспирантам и студентам химико-технологических направлений, занимающихся изучением и разработкой композиционных материалов.

Ключевые слова: вспениватели, полимер, добавки, агенты, ячеистая.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF FOAMING ADDITIVES FOR POLYMERS

P.N. Leushkin

Student

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32

M.V. Buzaeva

D.ch.n

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32

e-mail: m.buzaeva@mail.ru

ABSTRACT: The article is devoted to the comparison of foaming additives for polymers. This article discusses the types of foaming additives, the conditions of use, their characteristics and differences. The article is recommended for graduate students and students of chemical engineering fields involved in the study and development of composite materials.

Key words: blowing agents, polymer, additives, agents, agents, cellular.

Сегодня для создания пористой структуры полимеров используют вспенивающие агенты. В следствие происходит реакция с образованием

газа и ячеистыми компонентами пластика. На итоговую плотность продукта и его пористую структуру влияет тип вспенивателя и его количество. Среди типов пористых структур различают: открытые и закрытые ячейки.

Пластики с закрытой ячеистой структурой имеют отдельные, поры сферической формы. Пластики с открытой ячеистой структурой содержат взаимосвязанные поры, позволяя газам в пластиках двигаться в пустотах.

Среди вспенивающих агентов выделяют физические и химические типы (Рис. 1).

К физическим вспениванием добавкам относят газы или жидкости, которые под давлением растворяются в расплавленном полимере. Под влиянием пониженного давления агенты улетучиваются, образуя ячеистые компоненты пластика. Самые часто встречающиеся газы для физического вспенивания это диоксид углерода, воздух и азот. Из за того что использование газа в полимере должно происходить, когда газ находится в жидком состоянии то процесс физического вспенивания требует специального оборудования. В основном жидкие вспенивающие агенты являются растворителями и имеют низкую точку кипения. Их растворяют в пластифицированном полимере, который находится под давлением, и с уменьшением давления, такие растворители улетучиваются, образуя ячеистую структуру. Сегодня зачастую их применяют термоусадочных пенах. Технология физического вспенивания ПМ при переработке имеет ряд преимуществ перед использованием химических вспенивателей, основные из которых – универсальность по отношению к сырью и более широкий диапазон плотностей получаемых вспененных композиций.[1]

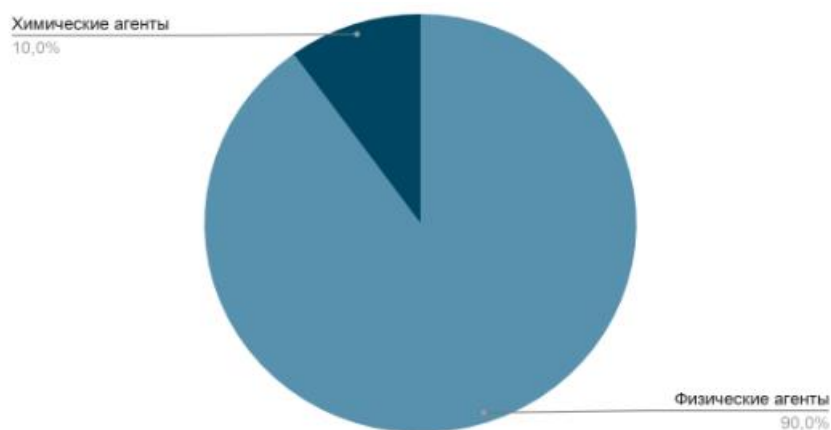


Рис. 1. Соотношение физических и химических вспенивающих агентов на рынке

Химические вспенивающие агенты. Сокращенно - ХВА. Эти вспенивающие агенты зачастую являются твердыми веществами. При разложении образуют летучие газы и твердый остаток. Для характерно,

разлагаться в относительно узком температурном интервале. У них есть ряд преимуществ:

- не требуют специального оборудования т.к. смешиваются с полимером при комнатной температуре;
- в большинстве процессов они являются самонуклеирующими;
- их можно смешивать с другими добавками, например с активаторами для достижения определенных температур разложения.;
- большая часть современных химических вспенивателей стабильны при нормальных условиях и не требуют особых мер по хранению и использованию с ними в отличие от физических вспенивателей.

ХВА подразделяются на органические и неорганические.

Неорганические в основном представляют собой щелочные соли слабых кислот и имеют ограниченное применение в виниловой промышленности. Наиболее важными неорганическими химическими вспенивателем являются бикарбонат аммония, бикарбонат натрия, борогидрат натрия. Они могут высвобождать газ либо в результате термального разложения или в присутствии активатора путём химического разложения. Термальное разложение неорганических солей представляет собой обратимую эндотермическую реакцию и уровень реакции, точка равновесия зависят от внешнего давления. По этой причине использование неорганических химических вспенивателей ограничено вспениванием при атмосферных условиях. [2]

Органические химические вспениватели разлагаются при нагревании с выходом газообразных продуктов, в основном азота. Обычно эта необратимая, экзотермическая реакция происходит в определённом и коротком температурном интервале. Интервалы разложения органических ХВА определяются температурой или временем, или обоими факторами и не зависят от концентрации.

Таким образом, проведен сравнительный анализ вспенивающих добавок для полимеров, который показал, что механизм действия добавок различен. При подборе добавок следует руководствоваться показателями совместимости свойств добавок с полимером и возможностью использования из в каждом конкретном случае переработки полимерного сырья, а также влиянием их на стоимость готовой продукции.

Библиографический список:

1. ПластЭксперт //Использование пенообразующих гранулированных добавок при производстве изделий из пластмасс. [Электронный ресурс]. URL:<https://e-plastic.ru/specialistam/pigmenti-additivi-dobavki/vspenivayushie-dobavki/>
2. NEWCHEMISTRY.ru //Вспенивающие добавки, вспениватели, вспенивающие агенты, пенообразующие добавки. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.newchemistry.ru/dobavka.php?id=12>

УДК 66.048.3-932.2

**МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА РЕКТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
ЭТИЛБЕНЗОЛА АЛКИЛИРОВАНИЕМ БЕНЗОЛА ЭТИЛЕНОМ**

В.Г. Башкирцев

Студент гр. ХТм-19-1

Ангарский государственный технический университет

665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60

e-mail: bashkircevsevolod@mail.ru

Т.В. Раскулова

Д.х.н., заведующий кафедрой ХТТ,

Ангарский государственный технический университет,

665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60

e-mail:raskuiova@list.ru

АННОТАЦИЯ: Рассмотрена возможность модернизации узла ректификации производства этилбензола методом алкилирования бензола этиленом. Показана возможность замены теплоносителя, применяемого для обогрева куба ректификационных колонн.

Ключевые слова: алкилирование, этилбензол, ректификация.

**MODERNIZATION OF RECTIFICATION UNIT OF ETHYLBENZENE
PRODUCTION ALKYLATION OF BENZENE WITH ETHYLENE**

V.G. Bashkirtsev

Student

Angarsk State Technical University

665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60

e-mail: bashkircevsevolod@mail.ru

T.V. Raskulova

Doctor of Chemical Sciences, Head of Department

Angarsk State Technical University,

665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60

e-mail: raskulova@list.ru

ABSTRACT: The possibility of upgrading the unit for rectification of ethylbenzene production alkylation of benzene with ethylene. The possibility of replacing the coolant used to heat the cube of the distillation columns is shown.

Keywords: alkylation, ethylbenzene, rectification.

В России динамично развивающиеся нефтехимические предприятия получают этилбензол путем алкилирования бензола этиленом. Этилбензол является необходимым сырьем в производстве стирола (более 99 % всего выпускаемого этилбензола) [1]. Стирол, в свою очередь, является сырьем для получения полистирола различных видов, АБС-пластиков и синтетического каучука.

В связи с увеличением потребностей рынка в полистирольных материалах и развиваемой в Российской Федерации политики импортозамещения необходимо увеличение выпуска стирола и предшественника – этилбензола.

Повышение производственных мощностей по этилбензолу требует преобразования и реконструкции действующих установок. При этом особое внимание уделяется замене производственного оборудования, вводу в эксплуатацию аппаратов и узлов с высокими экологическими показателями и производственной безопасностью [1]. Для повышения эффективности действующих установок стадии алкилирования бензола этиленом в производстве этилбензола на нефтехимических предприятиях также уделяется большое внимание их модернизации.

Для оптимизации и повышения эффективности промышленного процесса получения этилбензола разрабатываются новые способы его производства [2-4], контроля ведения процесса [5] и т.д.

Цель работы – оценка возможности модернизации узла ректификации действующих установок производства этилбензола.

Узел ректификации алкилата включает три ректификационных колонны для последовательного выделения бензола, этилбензола и полиалкилбензолов. В качестве теплоносителя для обогрева колонн применяется водяной пар различных характеристик, в том числе так называемый пар 40 (с давлением 4 МПа или 40 кгс/см²).

С целью снижения эксплуатационных затрат, а так же для увеличения производительности установки по этилбензолу возможна замена используемого водяного пара на более доступный водяной пар 20 (с давлением 2 МПа или 20 кгс/см²).

При использовании пара 20 необходимо обеспечить снижение температуры в ректификационных колоннах, что возможно обеспечить использованием работы под вакуумом. Для этого будет необходимо заменить существующие внутренние устройства колонн (однопоточные клапанные тарелки) на высокопроизводительную структурированную (пакетную) насадку.

Структурная насадка работает при низком перепаде давления, потому абсолютное давление в верху колонн может составлять порядка 200 мм рт.ст. и требуемое снижение температуры в кубе колонны будет обеспечено. Структурная насадка не только имеет более низкий перепад давления по сравнению с тарелками, но также обеспечивает увеличение эффективности работы колонны, и, следовательно, увеличение чистоты продукта. Существенно более низкий чем у тарелок перепад давления позволяет достичь большей эффективности энергопотребления в вакуумных колоннах.

Схема типового узла ректификации алкилата в производстве

этилбензола с учетом предлагаемых изменений приведена на рисунке.

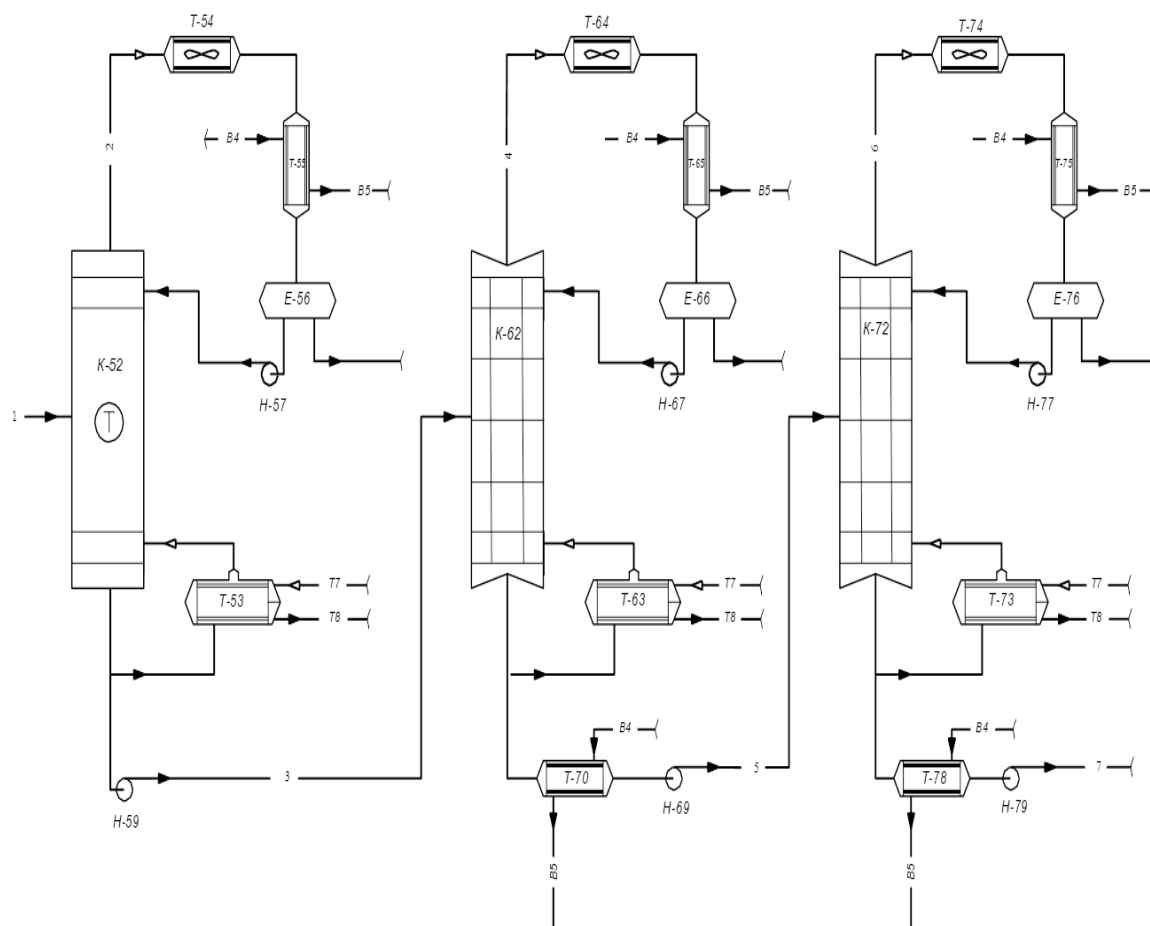


Рисунок. Схема типового узла ректификации алкилата производства этилбензола

Предлагаемая модернизация узла ректификации алкилата в производстве этилбензола позволит увеличить выработку высомаржинальной нефтехимической продукции за счет роста производственных мощностей, снизить эксплуатационные затраты производства за счёт замены более дорогого энергоносителя на более доступный, а так же повысить надёжность работы оборудования.

Библиографический список:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 18-2016). Производство основных органических химических веществ. М.: Изд-во Бюро НДТ. 2016. 328 с.
2. Патент РФ 2241694. Способ получения этилбензола. Елькин А.Л., Зарипов М.С., Котельников Г.Р. и др. Опубл. 10.12.2004. Бюл. № 13.
3. Патент РФ 2559333. Способ получения этилбензола. Мантегацца М.А., Бордес Ф., Буццони Р.МПК: C07C, опубл. 10.08.2015. Бюл. № 22.

4. Патент РФ 2110507. Способ контроля ведения процесса получения этилбензола. Терентьев В.С., Анфиногорова Т.С., Касаткина А.А., Макаренко Л.Е., Пестриков А.П. Опубл. 10.05.1998. Бюл. № 4.

5. Герзелиев И.М., Мячин С.И. Этилбензол по-русски //The Chemical Journal. 2009. № 8. с. 32-35.

544.473-039.63

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ $Pd(DBA)_2-CIN-H_2$, СФОРМИРОВАННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ, В ГИДРИРОВАНИИ АЦЕТОФЕНОНА МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ

Д.С. Иванов

Студент гр. НМб-19-1

Иркутский национальный технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: ivvanov.dmitriy@gmail.com

Д.В. Ульянич

Студент гр. НМб-19-1

Иркутский национальный технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: dima1904199947@gmail.com

В.О. Страхов

Научный сотрудник

Иркутский национальный технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: v.strakhov@mail.ru

Л.О. Ниндакова

Д.х.н., профессор

Иркутский национальный технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: nindakova@istu.edu

АННОТАЦИЯ: исследованы наночастицы на основе палладия, модифицированного (-)-цинхонидином, в реакции асимметрического каталитического гидрирования ацетофенона. Изучено влияние природы растворителей на активность каталитической системы, а также возможность дополнительной стабилизации наночастиц для их многократного использования.

Ключевые слова: палладий, наночастицы, катализ, асимметрический синтез, гидрирование.

**STUDY OF Pd(DBA)₂-CIN-H₂ CATALYTIC SYSTEMS FORMED
IN VARIOUS SOLVENTS IN HYDROGENATION
OF ACETOPHENONE BY MOLECULAR HYDROGEN**

D.S. Ivanov

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: ivvanov.dmitriy@gmail.com

D.V. Ulyanich

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83
e-mail: dima1904199947@gmail.com

V.O. Strakhov

Researcher

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83
e-mail: v.strakhov@mail.ru

L.O. Nindakova

Doctor of Chemical Sciences, Professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83
e-mail: nindakova@istu.edu

ABSTRACT: nanoparticles based on palladium modified with (-) - cinchonidine in the reaction of asymmetric catalytic hydrogenation of acetophenone was investigated. The effect of the nature of solvents on the activity of the catalytic system, as well as the possibility of additional stabilization of nanoparticles for their reuse, has been studied.

Keywords: palladium, nanoparticles, catalysis, asymmetric synthesis, hydrogenation.

Получение энантиомерно-чистых продуктов является актуальной задачей в фармацевтике, пищевой и аграрной промышленности, где наличие нежелательного энантиомера может оказать негативное влияние на продукт в целом [1]. Одним из эффективных способов решения этой задачи выступает каталитический асимметрический синтез с использованием металлов, модифицированных хиральными соединениями. Так, широкое применение нашли катализаторы, модифицированные хинными алкалоидами, предложенные Origo et al. [2]. Особенностью реакций Ориго является то, что модифицированные (-)-цинхонидином платиновые катализаторы более активны в гидрировании кетонов, чем немодифицированные. [3].

Для увеличения времени жизни каталитических систем широко используются органические полимерные матрицы. Так, например, сверхсшитый полистирол (HPS) имеет большую площадь поверхности, способность набухать в определённых растворителях и узкое распределением нанопор, что позволяет обеспечивать контролируемый рост малых частиц с ограниченным распределением по размерам [4]. Известны работы по использованию HPS в качестве матричного носителя наночастиц Pt, стабилизированных (-)-цинхонидином в реакции асимметрического гидрирования этилпирувата с получением до 75 % энантиомерного избытка R-этиллактата [5].

В рамках данного исследования в каталитическом энантиоселективном гидрировании ацетофенона (АФ) были изучены наночастицы палладия, модифицированные природным алкалоидом (-)-цинхонидином. Ацетофенон является удобным прохиральным субстратом, образующим в результате гидрирования 1-фенилэтанол, существующий в форме (S)-(-) и (R)-(+) энантиомеров. В качестве источника палладия выступает $\text{Pd}(\text{DBA})_2$, где металл уже находится в нуль-валентном состоянии.

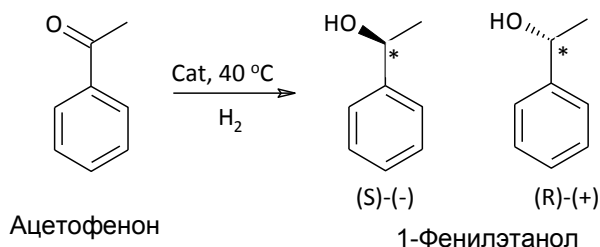


Рис 1. Гидрирование ацетофенона с образованием 1-фенилэтанола

Исследуемые системы типа $\text{Pd}(\text{DBA})_2\text{-Cin-H}_2$ были сформированы в различных спиртах (метиловый, этиловый и изопропиловый), две системы (в MeOH и EtOH) включают перекрёстносшитый поливинилпиролон (PVP) для увеличения стабильности системы. Для исследования возможности рециклизации каталитических систем, содержащих PVP, после прекращения реакции катализатор извлекали из реакционной среды и использовали вторично (пометки R-3R в таблице 1).

При сравнении систем в метаноле (1 – 1*2R и 2 – 2*3R), видно, что дополнительная стабилизация в полимерной матрице, с одной стороны, увеличивает время разработки каталитической системы (скорость при первом использовании существенно выше: в системе, без дополнительного стабилизатора – 24,7 ммоль/л*ч против 5,6 ммоль/л*ч), а с другой - позволяет многократно использовать систему с получением более высоких скоростей гидрирования (до 101, 5 ммоль/л*ч при третьем использовании). Достижимый избыток (S)-(-)-энантиомера 1-фенилэтанола в обеих системах находился в диапазонах 16,8-31,1 % (в системах без CL PVP) и 17-27,6

% (в системах с CL PVP). Система, не содержащая полимер, теряет активность при каждом новом использовании (рис. 2б).

Анализ систем, сформированных в метиловом и изопропиловом спиртах, показал, что система в изопропанолу оказалась самой активной в первые 6 часов реакции (скорость составила до 12,7 ммоль/л*ч). Однако через сутки наблюдается разработка системы в метаноле с увеличением скорости до 24,7 ммоль/л*ч (рисунок 2а). Достигнутый избыток энантиомера в системе с изопропанолом оказался максимальный и составил 45,4 %.

Таблица 1.

Результаты гидрирования АФ на каталитических системах Pd(DBA)₂-Cin-H₂, сформированных в различных растворителях (C_{Pd} = 5 ммоль/л; Cin/Pd=1, T=40°C; P_{H₂}=5 Бар, t_{реакции}=24-30 ч, Растворитель: толуол-метанольный раствор =1:9)

№ пп.	Растворитель	Конверсия АФ, %	инд, ч	W _{max} , ммоль/л*ч	A _{max} , моль/г ат Pd*ч	И.Э (S)-(-), %
1	MeOH	62,8	0,5	24,7	7,4	25,6
1*R	MeOH	77,5	1,5	14,4	4,3	31,1
1*2R	MeOH	71	1	9	2,7	16,8
2	MeOH + PVP	65,8	1,5	5,6	1,7	27,6
2*R	MeOH + PVP	100	1	30,6	9,2	25
2*2R	MeOH + PVP	100	0,5	101,5	30,5	17
2*3R	MeOH + PVP	100	0,5	38,1	11,4	25,2
3	EtOH + PVP	52,8	2	8,8	2,6	26,6
3*R	EtOH + PVP	100	0,5	23,6	7,1	24,7
3*2R*	EtOH + PVP	52,2	0,5	49,9	15	18,8
3*3R*	EtOH + PVP	56,8	1	30,7	9,2	16,2
4	i-PrOH	37,5	0,5	12,7	3,8	45,4

* - время опыта составило 2,5 – 5,5 ч.

В системах, сформированных в присутствии CLPVP, также заметна тенденция что при первом использовании большая скорость гидрирования ацетофенона наблюдается в этаноле (8,8 ммоль/л*ч и 5,6 ммоль/л*ч у систем с EtOH и MeOH, соответственно). Но уже ко второму использованию каталитическая система, сформированная в метиловом спирте, становится более активной, со скоростями гидрирования 30,6 ммоль/л*ч и 23,6 ммоль/л*ч для метилового и этилового спиртов, соответственно. Притом, при повторном использовании систем в этаноле наблюдается последовательное снижение избытка получаемого (S)-(-)-энантиомера от 26,6% до 16,2 %, что может быть связано с большей растворимостью используемого

модификатора – цинхонидина в этиловом спирте, по сравнению с метило-
ВЫМ

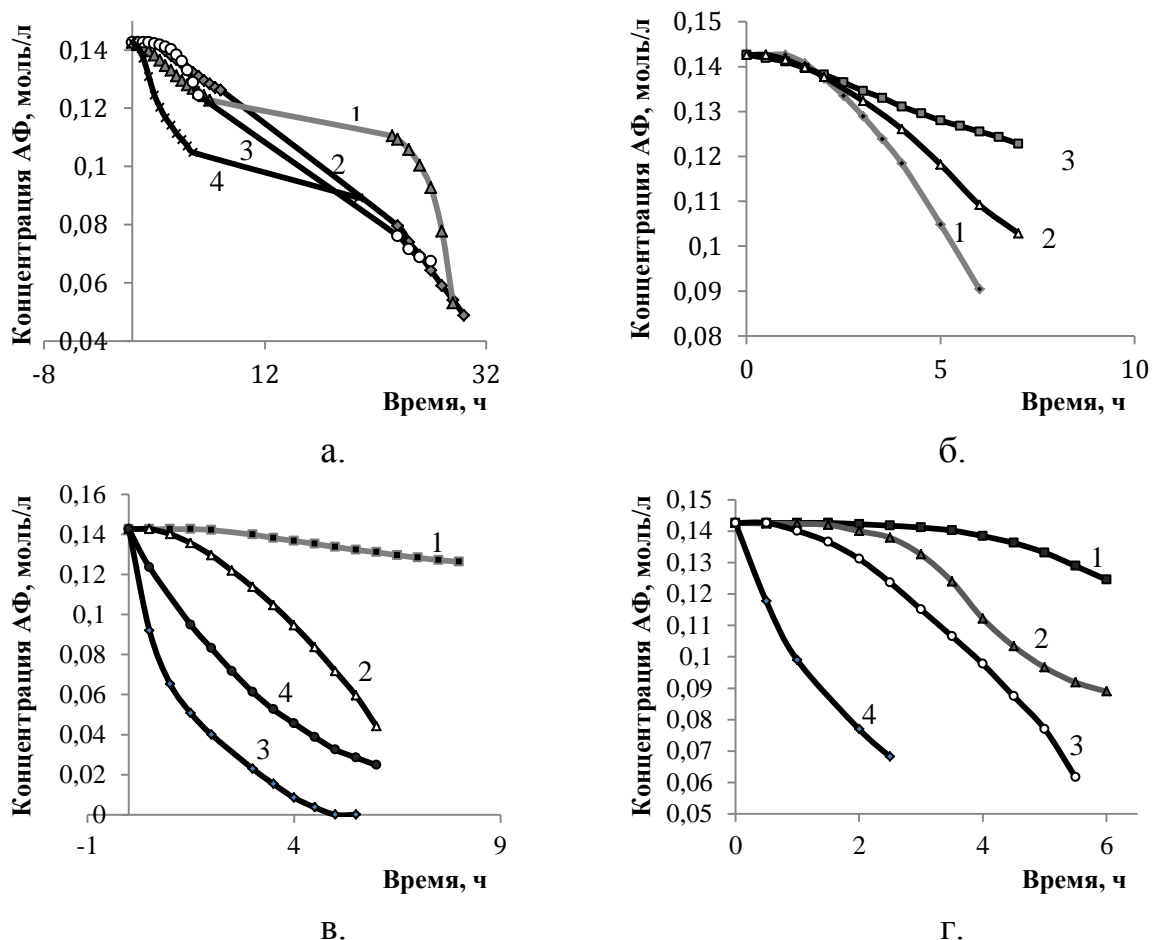


Рисунок 2. (а) Сравнение кривых гидрирования АФ при первом использовании систем, сформированных в метаноле (1), в метаноле с добавлением CLPVP (2), в этаноле с CLPVP (3) и в изопропиловом спирте (4). (б) Сравнение кривых гидрирования АФ на системах, сформированных в метаноле при первом использовании (1), втором (2) и третьем (3) соответственно. (в) Сравнение кривых гидрирования АФ на системах, сформированных в метаноле с добавлением CLPVP при первом использовании (1), втором (2), третьем (3) и четвёртом (4), соответственно. (г) Сравнение кривых гидрирования АФ на системах, сформированных в этаноле с добавлением CLPVP при первом использовании (1), втором (2), третьем (3) и четвёртом (4), соответственно.

Библиографический список:

1. Francotte E., Lindner W. Chirality in Dry Reserarch. Weinheim: Wiley-VCh, 2006. 351 p.
2. Orito Y., Imai S., Niwa S. Asymmetric Hydrogenation of Methyl Benzoylformate Using Platinum-Carbon Catalysts Modified with Cinchonidine // Synth. Org. Chem. Jpn. 1979. V. 37. P. 173-174. DOI: <https://doi.org/10.5059/yukigoseikyokaishi.37.173>

3. Szöllösi G., Cserényi S., Balázsik K., Fülöp F., Bartók M. New data in the enantioselective hydrogenation of ethyl pyruvate on Pt-cinchona chiral catalyst using continuous-flow fixed-bed reactor system: The origin of rate enhancement // *J. Mol. Catal. A: Chem.* 2009. V. 305. P. 155-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2009.01.030>

4. Valetsky P.M., Sulman M.G., Bronstein L.M., Sulman E.M., Sidorov A.I., Matveeva V.G. Nanosized Catalysts in Fine Organic Synthesis as a Basis for Developing Innovative Technologies in the Pharmaceutical Industry // *Nanotechnologies in Russia*. 2009. Vol. 4. №. 9–10. pp. 647–664. DOI: 10.1134/S1995078009090092.

5. Bykov A., Matveeva V., Sulman M., Valetskiy P., Tkachenko O., Kustov L., Bronstein L., Sulman E. Enantioselective catalytic hydrogenation of activated ketones using polymer-containing nanocomposites // *Catal. Today*. 2009. Vol. 140. № 1-2. P. 64-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2008.07.023>

УДК 544.478.02

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА УЛЬТРАСТАБИЛЬНОГО ЦЕОЛИТА NaY

Е.И. Бровкин

Бакалавр гр. НМб-17-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: kop-2000@mail.ru

С.А. Скорникова

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: sskornikova@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В работе рассмотрена возможность получения ультрастабильного цеолита Y в результате его обработки раствором гексафторсиликата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$. Методом рентгеновской дифракции показано, что деалюминирование структуры цеолита сопровождается уменьшением размера параметров элементарной ячейки цеолита, что приводит к росту отношения Si/Al в цеолите и повышению его термостабильности.

Ключевые слова: цеолит, фожазит, ультрастабилизация, деалюминирование, гексафторсиликат аммония, ионный обмен.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF ULTRASTABLE ZEOLITE NaY

E.I. Brovkin

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

e-mail: kop-2000@mail.ru

S.A. Skornikova

Assistant Professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

e-mail: sskornikova@mail.ru

ABSTRACT: This paper deals with the method of ultra-stable Y zeolite treatment with a solution of ammonium hexafluorosilicate $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$. It is shown with X-ray diffraction that the dealumination of zeolite frameworks is accompanied by a size reduction of the zeolite lattice parameter, which leads to increase the Si/Al ratio in the zeolite frameworks and increase its thermal stability.

Keywords: zeolite, faujasite, dealumination, ammonium hexafluorosilicate, ion-exchange, ultrastabilization.

Цеолитсодержащие катализаторы являются основой современной нефтепереработки. Наиболее крупнотоннажным синтетическим цеолитом, применяемым в катализе, является цеолит NaY (структурный тип фожазита) - основной компонент катализаторов крекинга нефтяных фракций. В настоящее время в России в промышленном масштабе производят цеолиты NaY с силикатным модулем $(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) = 5-18$. Компания Zeolyst International предлагает коммерчески доступные цеолиты FAU(Y) с $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 5-85$. В связи с этим, большое внимание уделяется постсинтетическому модифицированию цеолита NaY, позволяющему изменить кислотные свойства и характеристики пористой структуры цеолита.

Известно [1], что направленное регулирование отношения Si/Al в цеолите Y позволяет воздействовать на их кислотные свойства, активность, селективность и стабильность. Кроме того, увеличение отношения Si/Al в цеолите повышает их термическую и термопаровую стабильность. Ультрастабилизация кристаллической решетки цеолита достигается путем dealюминирования цеолитов известными методами – обработкой растворами органических и неорганических кислот, термопаровой обработкой, действием комплексообразующих агентов (ЭДТА), паров SiCl_4 [2].

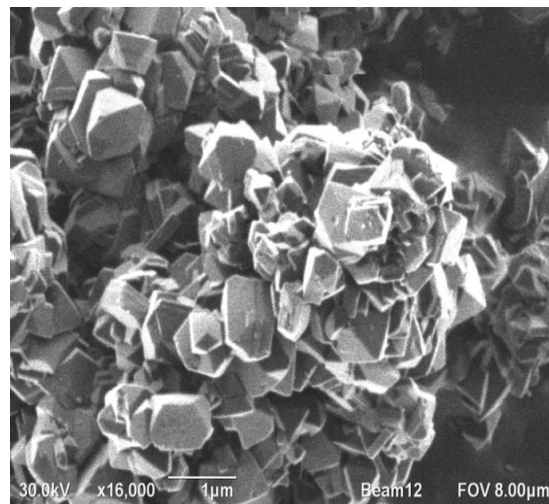
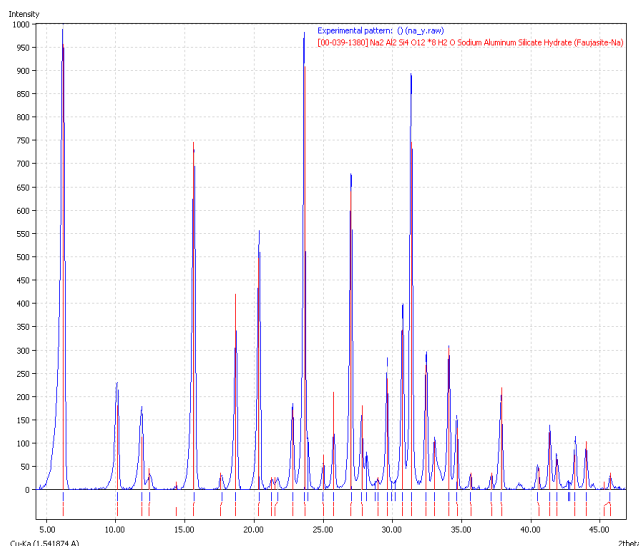
В промышленности ультрастабильный цеолит (USY) получают обработкой цеолита NaY водяным паром при высоких температурах, в результате которой происходит гидролиз каркасного алюминия и выход

его из структуры в катионные позиции; при этом имеет место частичное заполнение ионами кремния образовавшихся вакансий и рекристаллизация структуры цеолита. Также ультрастабильный USY получают обработкой цеолита NaY раствором гексафторсиликата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$.

Метод деалюминирования аммонийной формы цеолита Y раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ основан на изоморфном замещении алюминия в структуре цеолита кремнием. В соответствии со сложившимися представлениями [3] механизм деалюминирования включает стадии диссоциации гексафторсиликата аммония на катион аммония и анион гексафторсиликата, который постепенно гидролизуется с образованием мономера гидроксида кремния и аниона фтора. Под действием аниона F^- алюминий выходит из структуры, а в образовавшийся дефект каркаса - «гидроксильное гнездо» - встает мономер $\text{Si}(\text{OH})_4$, который образует мостиковые связи Si-O-Si, вследствие чего сохраняется кристаллическая структура цеолита. Авторы [4] полагают, что в результате такого модифицирования образуется стабилизированный цеолит Y, бездефектная структура которого не разрушается при нагревании до 1000-1100 °С.

Целью данной работы было изучение процесса деалюминирования цеолита NaY гексафторсиликатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ (ГФСА) с целью получения ультрастабильного цеолита.

В качестве исходного материала был использован цеолит NaY производства Ишимбайского специализированного химического завода катализаторов, обладающий 100% кристалличностью, мольным отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ – 5,2, содержанием Na_2O – 13,1% масс. Образцы цеолита Y с различной степенью деалюминирования получали обработкой NH_4 - формы цеолита Y раствором ГФСА при контролируемом pH среды. Состав и структуру полученных образцов анализировали методом рентгеновской дифракции. Рентгенограммы образцов регистрировали прибором «Shimadzu» (Cu-K λ -излучение). Кристалличность исходных немодифицированных цеолитов принимали за единицу (100%). Параметр элементарной ячейки цеолитов a_0 рассчитывали по положению дифракционных максимумов пиков, соответствующих отражениям от плоскостей (440) и (642). На рисунке 1 представлена рентгенограмма и электронно-микроскопический снимок в ионном пучке исходного образца цеолита NaY.



а

б

Рисунок 1. Рентгенограмма (а) и скан-снимок (б) исходного образца NaY

Из рентгенограммы видно, что данный образец имеет структуру цеолита FAU, о чем свидетельствует наличие характеристических пиков на дифрактограмме, которые хорошо согласуются с данными [5] по общей дифракционной картине.

Аммонийную форму цеолита NH_4Y получали трехкратным ионным обменом цеолита NaY с раствором NH_4NO_3 (концентрация 30 г/л) при $T = 80^\circ\text{C}$ в течение 3-х часов. Степень обмена составила 83%. Для более полного удаления натрия ионный обмен проводили в несколько стадий, после каждой стадии катионного обмена цеолит прокачивали в муфельной печи при $T = 400\text{-}450^\circ\text{C}$ в течение 3-х часов. Считают [6], что такое прокачивание необходимо для того, чтобы катионы натрия из элементов структуры, недоступных для иона аммония вследствие малого размера входного окна, переместились в катионные позиции, в которых этот обмен происходит достаточно легко.

Образцы цеолита Y с различной степенью деалюминирования получали обработкой NH_4 - формы цеолита Y раствором ГФСА при контролируемом pH среды 6.0-6.5. Реакционную смесь выдерживали при $T = 80^\circ\text{C}$ в течение 4-х часов и затем быстро фильтровали. Готовые продукты отмывали от фторидных солей горячей водой и сушили на воздухе. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Условия обработки и образцов, получаемых деалюминированием цеолитов Y раствором ГФСА

№	Образец	Способ обработки	Фазовый Состав	$a_0, \text{Å}$	K, %
1	NaY-1	Исходный образец	FAU	24,732	100
2	NH_4NaY -2	Однократный ионный обмен с NH_4NO_3	FAU	24,745	97

Продолжение таблицы

3	NH ₄ NaY-3	Двукратный ионный обмен с NH ₄ NO ₃	FAU	24,746	98
4	NH ₄ NaY-4	Трехкратный ионный обмен с NH ₄ NO ₃	FAU	24,744	97
5	HNaY-5	После трех ионных обменов с NH ₄ NO ₃ прокален при t=450 °С в течение 3-х часов	FAU+Am	24,680	95
6	DY-6	Образец 5 обработан раствором ГФСА (расход ГФСА, г/г цл = 0,1:1); после обработки просушен и прокален при t=450 оС в течение 3-х часов	FAU+Am	24,500	75
7	DY-7	Образец 5 обработан в ацетатном буфере (CH ₃ COONH ₄ + HCl) с ГФСА (расход ГФСА, г/г цл = 0,1:1); после обработки просушен и прокален при t=450 °С в течение 3-х часов	FAU	24,650	94
8	DY-8	Образец 5 обработан в ацетатном буфере (CH ₃ COONH ₄ + HCl) с ГФСА (расход ГФСА, г/г цл = 0,2:1); после обработки просушен и прокален при t=450 оС в течение 3-х часов	FAU+Am	24,620	93
9	DY-9	Образец 5 обработка в ацетатном буфере (CH ₃ COONH ₄ + HCl) с ГФСА (расход ГФСА, г/г цл = 0,3:1), прокалка при t=450 оС в течение 3-х часов	FAU+Am	24,600	93
10	DY-10	Образец 5 + ГФСА (1г цеолита: 0,2г ГФСА) – обработка смеси в твердой фазе при t=200 оС в течение 1 часа.	Am + FAU	-	34

Как видно из представленной таблицы, при ионном обмене параметры решетки практически не меняются (образцы 2,3,4). После прокалки при температуре 450 °С в течение 3-х часов параметры решетки цеолита (образец № 4) незначительно уменьшаются, также изменяется и интенсивность линий на рентгенограмме, что свидетельствует об его частичной аморфизации.

Существенное влияние на процесс деалюминирования цеолита Y оказывает величина pH смеси. Это обусловлено нестабильностью структуры цеолита Y в кислой среде. Введение гексафторсиликата аммония в реакционную смесь сопровождается понижением величины pH смеси, вызванным гидролизом (NH₄)₂SiF₆ (ГФСА) с образованием свободных фторид-ионов. При обработке образца №5 ГФСА без регулирования pH реакционной смеси

наряду с dealюминированием цеолита наблюдается резкая его аморфизация. Чтобы избежать разрушения структуры цеолита в реакционную смесь необходимо добавить буферный раствор ацетата аммония, что позволяет поддерживать величину $pH = 6-6,5$.

Показано, что с повышением концентрации ГФСА в реакционной смеси в процессе dealюминирования цеолита NH_4Y уменьшается параметр элементарной ячейки (таблица 1), что приведет к увеличению соотношения Si/Al в цеолите. Это обусловлено тем, что связь $Si-O$ короче связи $Al-O$ (1,62 и 1,72 Å, соответственно). В свою очередь, сокращение среднего межатомного расстояния способствует повышению стабильности кристаллической решетки цеолита.

При введении в реакционную среду ацетата аммония прикаркасный алюминий удаляется в большей степени, чем в его отсутствие. Вследствие этого высвобождаются позиции алюминия в узле каркаса, которые может занять мономер $Si(OH)_4$. Таким образом, введение в раствор хелатообразующего агента (CH_3COONH_4) способствует удалению прикаркасного алюминия, что увеличивает скорость встраивания кремния в структуру. Поэтому дефектность структуры уменьшается, что позволяет получать образцы, обладающие высокой степенью кристалличности при большей степени dealюминирования, без разрушения кристаллического каркаса цеолита [7]. На рентгенограммах прокаленных dealюминированных цеолитов наблюдаются изменения по сравнению с рентгенограммой немодифицированного образца: падение интенсивностей основных пиков при одновременном смещении их в сторону больших углов, что соответствует литературным данным [8].

В работе [9] показано, что dealюминирование цеолита $(NH_4)_2SiF_6$ возможно осуществлять в твердой фазе. Цеолит NH_4NaY и соль смешивают в заданном соотношении, нагревают и выдерживают при температуре 200°C в течение 1 часа (образец 10). Однако, такой способ dealюминирования не позволил нам получить образец с высокой степенью кристалличности, что по-видимому, связано с неоптимальными условиями процесса.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что dealюминирование цеолита NH_4NaY гексафторсиликатом аммония позволит целенаправленно регулировать соотношение Si/Al в цеолите и тем самым стабилизировать его структуру.

Библиографический список:

1. Клячко А.Л., Мишин И.В. Регулирование каталитических, кислотных и структурных свойств цеолитов путем изменения состава каркаса // Нефтехимия.-1990.- т.30, №3. - с.339.
2. Р.Р. Минибаев, И.Х. Аллагузин, А.Н.Хазипова, Б.И. Кутепов Модифицирование физико-химических свойств промышленного образца цеолита Y с помощью постсинтетических обработок // Башкирский хими-

ческий журнал.-2018.-т.25, №1.- с.67-72.

3. А.В. Абрамова, Е.В. Сливинский, Е.А. Скрылева Синтез и физико-химические свойства глубокодеалюминированных цеолитов типа Y// Кинетика и катализ. -1998.- т.39, №3.- с. 442-451.

4. Л.Е. Китаев, Образование ультрастабильной формы при деалюминировании цеолита Y гексафторсиликатом аммония / Л.Е. Китаев, А.А. Кубасов, О.Л. Шахновская, С.П. Дорожко, Б.К. Нефедов, А.В. Абрамова, Л.Н. Алексеенко, Л.Н. Фрейман // Вестник Московского Университета Сер. 2 «Химия». – 1995. – № 6. – С. 530-537.

5. PDF/Powder Diffraction File. Hanawaet Search Manual. Inorganic Phases. Sets 1-42, 1992.

6. Brett A. Holmberg High silica zeolite Y nanocrystals by dealumination and direct synthesis / Brett A. Holmberg, Huanting Wang, Yushan Yan. // Microporous and mesoporous materials. – 2004. – Vol. 74. – P. 189-198.

7. Garralon, G. Faujasites dealuminated with ammonium hexafluorosilikate: variable affecting flu method of preparation / G. Garralon, V. Fornes, A. Corma / Zeolites.– 1988. – Vol. 8, № 4. – P. 268-272.

8. Treacy M.M.J., Higgins J.B. Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites. Fourth Revised Edition. – ELSEVIER. – 2001 – 586 p.

9. Bastian Reiprich, Tobias Weissenberger, Wilhelm Schwieger, Alexandra Inayat/ Layer-like FAU-type zeolites: A comparative view on different preparation routes// Front. Chem. Sci. Eng. 2020, 14(2): 127–142.

УДК 661.715.7: 66.045.1

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОНДЕНСАЦИОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ УЗЛОВ ПЕРЕРАБОТКИ
ФРАКЦИЙ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

В.В. Нарушевич

Студент гр. ХТм-19-1

Ангарский государственный технический университет

665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60.

e-mail: narushevich111@gmail.com

Т.А. Кузнецова

Доцент

Ангарский государственный технический университет

665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60.

e-mail: kuztatang@ya.ru

Т.В. Раскулова

д.х.н., заведующий кафедрой

Ангарский государственный технический университет

665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60.

e-mail: raskulova@list.ru

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены варианты конденсации паро-газовых смесей, образующихся в процессе деалкилирования ароматических углеводородов. Сравнение вариантов работы оборудования показало, что наиболее выгодным в условиях промышленного использования будет являться применение байпасного водяного холодильника-конденсатора.

Ключевые слова: бензол, гидродеалкилирование, водяной холодильник-конденсатор, аппарат воздушного охлаждения.

**OPTIMIZATION OF THE OPERATION OF CONDENSING
EQUIPMENT FOR PROCESSING AROMATIC
HYDROCARBON FRACTIONS**

V.V. Narushevich

Student

Angarsk State Technical University,
665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60.
e-mail: narushevich111@gmail.com

T. A. Kuznetsova

Docent

Angarsk State Technical University,
665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60.
e-mail: kuztatang@ya.ru

T.V. Raskulova

Doctor of Chemical Sciences, Head of Department
Angarsk State Technical University,
665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60.
e-mail: raskulova@list.ru

ABSTRACT: The variants of condensation of vapor-gas mixtures formed during the dealkylation of aromatic hydrocarbons are considered. A comparison of the operating options of the equipment showed that the most profitable in the conditions of industrial use will be the use of a bypass water condenser.

Keywords: benzene, hydrodealkylation, water cooler-condenser, air cooler unit.

Производство бензола основано на переработке ряда сырьевых компонентов: нефти, толуола, тяжелой фракции продуктов пиролиза, смолы коксования, угля, поэтому выпуск бензола ведется как на предприятиях нефтехимии, так и на предприятиях металлургического комплекса.

Наиболее экономически выгодным является метод выделения бензола из жидких продуктов пиролиза нефтепродуктов, образующихся в производстве этилена и пропилена. Производство бензола по данной технологии напрямую зависит от производства олефинов, сырья для

производства олефинов и рынка смолы пиролиза (пироконденсата), который является весьма ограниченным [1].

Выделение бензола из пироконденсата заключается в гидроочистке соответствующей фракции продуктов пиролиза от непредельных и сернистых соединений, последующем гидродеалкилировании полученной смеси, содержащей бензол, толуол и ксилолы, и последующей доочистке полученного бензола.

Гидродеалкилирование ароматических углеводородов может быть проведено термическим и каталитическим методом. Термические процессы проводятся при температурах порядка 700-850°C и давлении от 3 до 7 МПа [2]. Каталитические процессы требуют меньших температур (550-650°C) и давлений (3-6 МПа).

Продукты каталитического деалкилирования перед разделением проходят узлы конденсации и охлаждения, от оптимальной работы которых зависит, в том числе, выход целевого продукта – нефтяного бензола. В качестве основных устройств для охлаждения и конденсации деалкилата на промышленных установках используют последовательно работающие рекуперативные теплообменники и аппараты воздушного охлаждения (рис. 1).

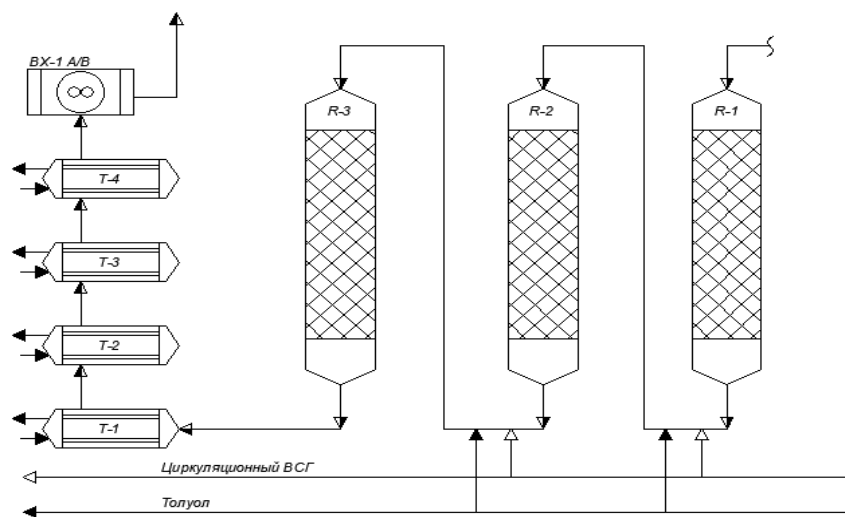


Рис. 1. Принципиальная схема узла гидродеалкилирования:

R-1, 2, 3 – реакторы гидродеалкилирования;

T-1,2,3,4 – кожухотрубные теплообменники,

VX – воздушный холодильник

На действующих установках температура деалкилата после системы охлаждения должна составлять порядка 50°C. Однако при работе в летний период фактически температура деалкилата перед входом в воздушный холодильник VX-1 А/В составляет порядка 160°C, а конечная температура деалкилата на выходе из холодильника VX-1А/В может составлять до 80 °С,

что не соответствует производственным нормам и приводит к увеличению потерь бензола в ходе дальнейшего разделения.

Таким образом, необходимо модифицировать систему конденсации и охлаждения деалкилата после реакторов гидродеалкилирования.

Для решения данной задачи можно предложить следующие подходы:

- в летний период времени использовать дополнительно кожухотрубный холодильник-конденсатор (аппарат поз. Т-5, рис. 2) после выхода деалкилата из воздушного теплообменника ВХ-1 А/В;
- добавить дополнительную секцию трубного пучка воздушного теплообменника ВХ-1 А/В для обеспечения заданной температуры охлаждения потока;
- заменить воздушный теплообменник ВХ-1 А/В на водяной холодильник-конденсатор (рис. 3).

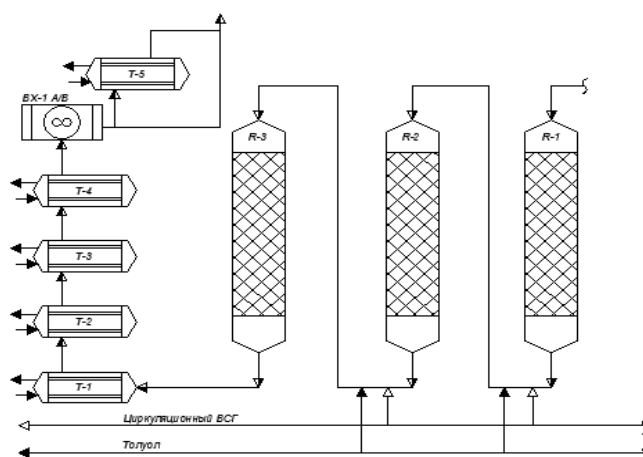


Рис. 2. Принципиальная схема гидродеалкилирования:

R-1, 2, 3 – реакторы гидродеалкилирования;
 Т-1,2,3,4,5 – кожухотрубные теплообменники,
 ВХ – воздушный холодильник.

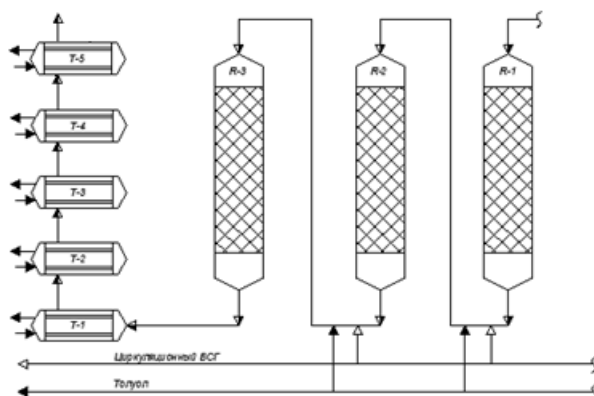


Рис. 3. Принципиальная схема гидродеалкилирования:

R-1, 2, 3 – реакторы гидродеалкилирования;
 Т-1,2,3,4,5 – кожухотрубные теплообменники,

Нами были проведены расчеты предложенных вариантов теплообмена узла деалкилирования по методикам, приведенным в [3, 4]. По результатам проведенных расчетов можно сделать следующие выводы.

Для реализации первого подхода (добавление байпасного холодильника после аппарата воздушного охлаждения ВХ-1 А/В потребуется теплообменник с поверхностью теплообмена, равной 121 м² [3].

Расчет поверхности теплообмена, которая потребуется для полной замены воздушного теплообменника на водяной показал, что требуемая поверхность теплообмена будет составлять 270 м² [3].

Таким образом использование байпасного водяного холодильника-конденсатора представляет собой наиболее предпочтительный вариант оптимизации схемы конденсации продуктов деалкилирования.

Библиографический список:

1. Беренц А.Д., Воль-Эпштейн А.Б., Мухина Т.Н., Аврех Г.Л. Переработка жидких продуктов пиролиза. М.: Химия, 1985. 216 с.

2. Петров И.Я., Бяков А.Г., Трясунов Б.Г. Получение бензола гидродеалкилированием алкилароматических углеводородов: перспективы развития процессов термического гидродеалкилирования // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 1. С. 59-65.

3. Ульянов Б.А., Бадеников В.Я., Ликучев В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Ангарск: Изд-во Ангарской государственной технической академии, 2006. 689 с.

4. Сидягин А.А., Косырев В.М. Расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения: учеб. пособие для студентов вузов. Н.Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2009. 150 с.

УДК 544.7

ХАРАКТЕРИСТИКИ УДЕРЖИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЕСКОВ

А. А. Яковлева

Д.т.н., проф.

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: ayakovistu@mail.ru

Ч. Т. Нгуен

Аспирант гр. аФХ-18

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: nguentrungthuy_irk@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В настоящей работе изучена роль песков в защите прибрежных зон от некоторых поверхностно-активных веществ, проведена оценка способности песков к удерживанию тетра- и гексадецилсульфатов натрия, олеат натрия, которые входят в состав широкой линейки детергентов. Исследовано влияние скорости стока и высоты слоя песка на удерживаемость ПАВ. Показано, что эффективность удерживания ПАВ увеличивается с высотой и снижается с повышением скорости потока. Десорбция изучена при вымывании ПАВ из песка водой. Показано, что количество десорбируемого ПАВ зависит от среднего размера и однородности частиц песка. Результаты свидетельствуют, что исследуемые пески по своим природным качествам играют важную роль в качестве экологических барьеров при защите экосистемы.

Ключевые слова: адсорбция, ПАВ, барьер, песок, удерживание.

CHARACTERISTICS OF RETENTION OF SOME SURFACTANTS ON THE SURFACE OF SAND

A. A. Yakovleva

Dr., prof.

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: ayakovistu@mail.ru

Trung Thuy Nguyen

Post-graduate

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: nguyentrungthuy_irk@mail.ru

ABSTRACT: In this paper, the role of sands in protecting coastal zones from certain surfactants is studied, and the ability of sands to retain sodium tetra- and hexa-decyl sulfates, sodium oleate, which are part of a wide range of detergents, is evaluated. The influence of the flow rate and the height of the sand layer on the retention of surfactants is investigated. It is shown that the efficiency of surfactant retention increases with height and decreases with increasing flow velocity. Desorption was studied when surfactants were washed out of the sand by water. It is shown that the amount of desorbed surfactant depends on the average size and uniformity of the sand particles. The results indicate that the studied sands play an important role as environmental barriers in protecting the ecosystem due to their natural qualities

Keywords: adsorption, surfactant, barrier, sand, retention.

В состав множества моющих средств входят поверхностно-активные вещества (ПАВ) [1]. Со временем выпускается все большее количество ПАВ, их ассортимент становится все разнообразнее. Разнообразные ПАВ

широко используются и в других целях – в химической, нефтеперерабатывающей, нефтяной, целлюлозно-бумажной, фармацевтической промышленности и других производствах. Поверхностно-активные вещества, попадая в промывные и бытовые сточные воды, обуславливают загрязнения окружающей среды. Они усиливают воздействие загрязняющих веществ и тормозят процессы их естественной переработки [2-4].

Целью работы является рассмотрение особенности сорбции-десорбции некоторых ПАВ в слое песка для оценки его роли в защите экосистемы от загрязнения ПАВ.

Для проведения исследования использованы различные пески из Вьетнама, они имеют различные геохимические и физические характеристики, изученные ранее [5].

Растворы ПАВ (тетра- и гексадецилсульфатов натрия, олеат натрия) готовили из навесок препаратов марки «ч», полученные растворы имели концентрацию от $0,39 \cdot 10^{-3}$ М до $12,5 \cdot 10^{-3}$ М.

Определение изменения концентрации ПАВ до и после процесса сорбции-десорбции через слой песка проводили по изменению поверхностного натяжения или удельной электрической проводимости. Удерживаемость ПАВ песками проведена в динамическом условиях. Растворы ПАВ пропускали через слой песка в бюретке диаметром 1 см с специальным зажим-регулятором, с помощью которого контролировали скорость потока.

Десорбцию проводили многократным промыванием песка с активным встряхиванием или через слой сорбента в бюретке, всякий раз используя $0,025 \text{ дм}^3$ дистиллированной воды и контролируя состав фильтрата.

Величину адсорбции в динамическом режиме рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{V \cdot C_0}{m},$$

где V – объем адсорбата, вышедшего из колонки от начала опыта до появления в нем растворенного вещества, дм^3 (объем адсорбата в фильтрате); C_0 – исходная концентрация адсорбата, мг/дм^3 ; m – масса песка в колонке, г.

Для описания эффективности удаления вещества из раствора при фильтрации использовали формулу:

$$R = \frac{C_0 - C_k}{C_0} \cdot 100\%,$$

где C_k – конечная концентрация раствора после прохождения через слой песка, мг/дм^3 .

На рис. 1 для примера представлены кривые процесса сорбции-десорбции тетрадецилсульфата натрия через слой песков.

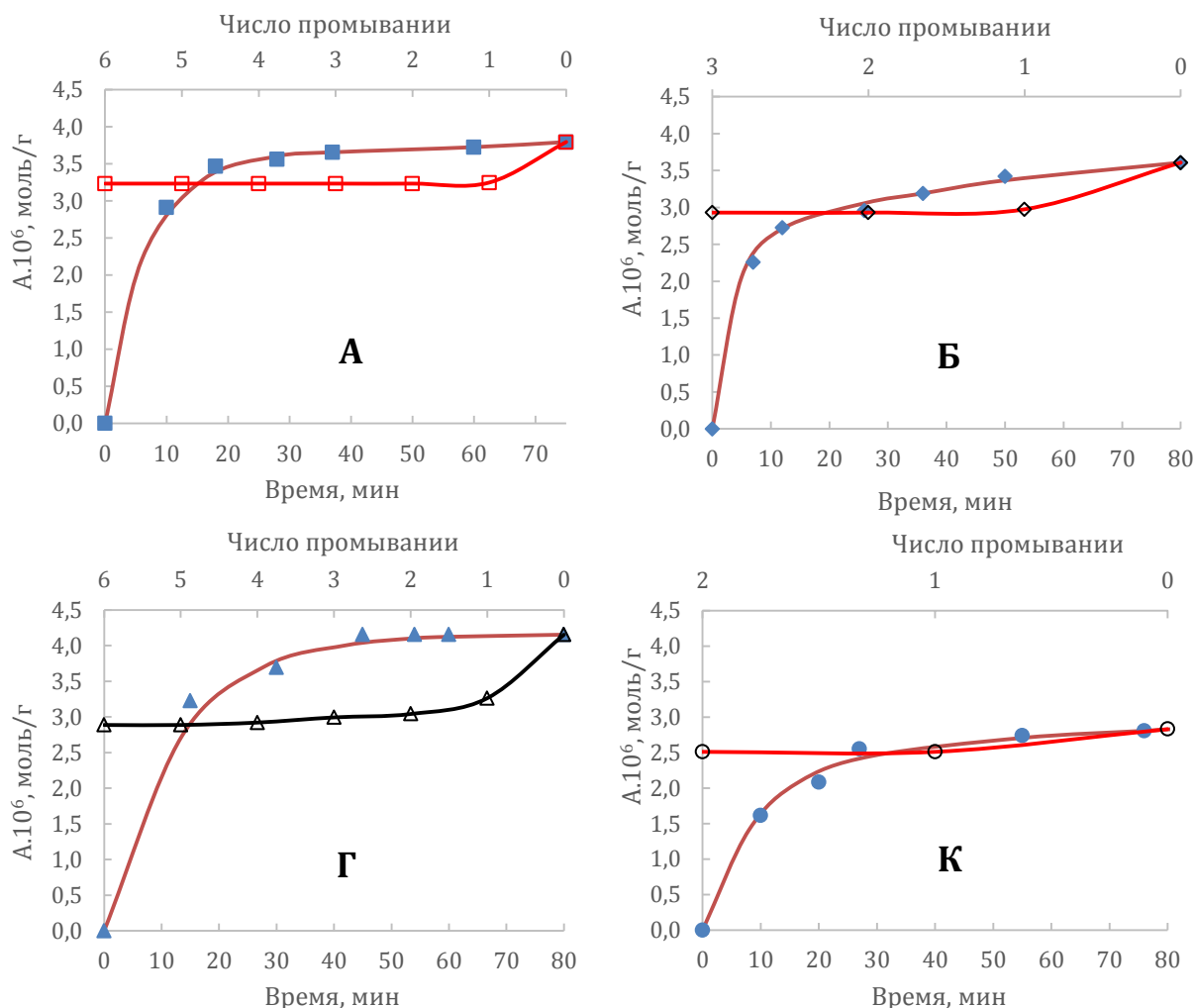


Рис. 1. Процесс сорбции-десорбции тетрадецилсульфата натрия на песках

Видно, что во всех случаях величина предельной адсорбции A_{∞} снижается в последовательности $\Gamma > A > K > B$, что соответствует последовательности увеличения количества оксида алюминия в песках. Геохимические свойства песков определяют их адсорбционные возможности. Пески А и Г принадлежат к группе "чистый кварцевый песок" с содержанием SiO_2 более 98% и характеризуются наибольшей адсорбцией ПАВ.

Пески Б и К принадлежат к группе "кремне-корундовые пески" с присутствием 10 – 11% Al_2O_3 , что снижает A_{∞} . Очевидно, отношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ песка влияет на рельеф поверхности и формирование пленок ПАВ на ней.

Процесс десорбции выявляет влияние среднего размера зерна и однородности частиц песка. Для песков А и Г с меньшим средним размером необходимо большее число промываний для удаления следов ПАВ. Зерен

песка К крупнее после в 2 раза и вымывание ПАВ с их поверхности происходит быстрее.

При исследовании влияния высоты слоя песков ПАВ пропускали через слой песка с различными высотами и контролировали скорость стока. Результаты показывают, что во всех случаях эффективность удерживания ПАВ увеличивается с высотой слоя песка. Эффективность повышается заметно сильнее для гексадецилсульфата натрия на песках Б и К; на песках А и Г сопоставима с олеатом натрия. Это может быть связано с гранулометрическими характеристиками зерен песков, – средний размер частиц у песков А и Г меньше у песков Б и К. Масса и длина молекул ПАВ также влияют на эффективность удерживания слоями песка. На рис. 2 показана эффективность удерживания ПАВ в слое песка при высоте 9 см.

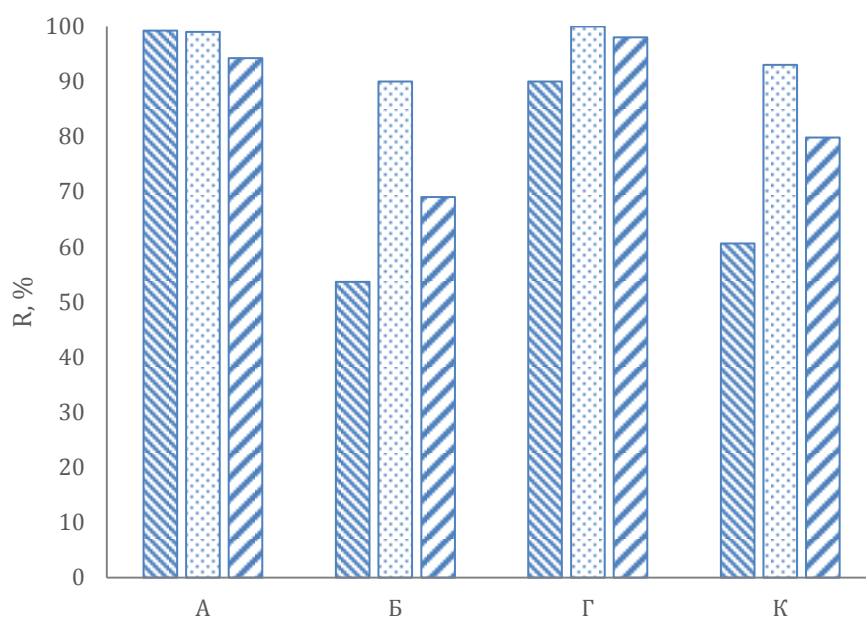


Рис. 2. Удерживаемость ПАВ в слое песка при высоте 9 см
▨ – $C_{14}H_{29}SO_4Na$; ▤ – $C_{16}H_{33}SO_4Na$; ▩ – $C_{17}H_{33}COONa$

Как видно рис. 2, удерживаемость ПАВ слоем высотой 9 см в ряде случаев может достигать почти максимальных значений. Это значит, что в диапазоне исследуемых концентраций песок может удерживать почти 100% ПАВ.

Таким образом, в данной работе с целью оценки роли песка в защите окружающей среды от загрязнения ПАВ исследованы характеристики удерживающей способности образцов речного песка из некоторых частей Вьетнама. Установлено, что удерживающая способность песков по отношению к ПАВ неодинакова. Пески с высоким содержанием кварца характеризуются высоким удерживанием ПАВ на своей поверхности. Результаты свидетельствуют, что по своим природным качествам исследуемые пески

могут служить защитными барьерами для нижележащих почв и подземных вод.

Библиографический список:

1. Волков В.А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки. –М.: Легпромбытиздат. 1985. 2001 с.
2. Алыков Н.М., Алыкова Т.В., Шачнева Е.Ю. Поверхностно-активные вещества и флокулянты в объектах окружающей среды. Методы концентрирования, определения и удаления: монография. Астрахань: Астраханский ун-т. 2011. – 106 с.
3. Ладыгина Ю.Ш., Мец Е.А., Колесников А.В. Адсорбция анионных поверхностно-активных веществ на свежеформированном осадке гидроксида металла. Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 6. С. 46-48.
4. Харитоновна Т.В., Иванова Н.И., Сумм Б.Д. Адсорбции катионного и неионогенного ПАВ на поверхности SiO_2 из водных растворов. 1. Адсорбция бромида додецилпиридиния и тритона X-100 из индивидуальных растворов. Коллоидный журнал. 2005. Т. 67. № 2. С. 274-280.
5. Яковлева А.А., Нгуен Ч.Т. К вопросу о барьерных качествах песков Северного и Центрального Вьетнама. Сорбция ионов железа (III). Рос. хим. ж.. 2020. Т. 64. № 2. С. 80-84.

УДК 665.656.2

АНАЛИЗ РАБОТЫ КОНДЕНСАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЛЕГКОЙ ПРЯМОГОННОЙ НАФТЫ

Т.В. Князева

Студент гр. ХТм19-1

Ангарский государственный технический университет
665835, Иркутская область г.Ангарск, ул. Чайковского, д.60

e-mail: tomatolok@mail.ru

Т.В. Раскулова

Д.х.н., профессор

Ангарский государственный технический университет
665835, Иркутская область г.Ангарск, ул. Чайковского, д.60

e-mail: raskulova@list.ru

АННОТАЦИЯ: проведен анализ работы конденсационного оборудования блоков предварительного фракционирования сырья установок изомеризации прямогонной нефти. Рассмотрены варианты

компоновки конденсационных аппаратов ректификационных колонн, оценена эффективность их работы.

Ключевые слова: изомеризация, аппарат воздушного охлаждения, водяной холодильник-конденсатор.

ANALYSIS OF THE OPERATION OF THE CONDENSING EQUIPMENT OF THE ISOMERIZATION UNITS OF LIGHT RIGHT NAPHTHA

T.V. Knyazeva

Student

Angarsk State Technical University

665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60.

e-mail: tomatolok@mail.ru

T.V. Raskulova

Professor, Head of the Department of Chemical Fuel Technology

Angarsk State Technical University

665835, Angarsk, Chaykovskiy street, 60.

e-mail: raskulova@list.ru

ABSTRACT: the analysis of the operation of the condensation equipment of the units for the preliminary fractionation of raw materials for the isomerization of straight-run naphtha. Variants of arrangement of condensing devices of rectification columns are considered, their efficiency is estimated.

Keywords: isomerization, air cooler, water cooler-condenser.

Согласно современным требованиям к товарным топливам [1], содержание бензола в автомобильных бензинах не должно превышать 1% об. Исходя из этих требований, изомеризация является одним из базовых процессов, позволяющих вырабатывать высокооктановые компоненты бензиновых топлив без значительного увеличения содержания в них бензола.

Изомеризация – это превращение (перегруппировка) предельных углеводородов нормального строения (в основном, пентана и гексана) в углеводороды изостроения с более высокими октановыми числами. Действующие установки изомеризации, как правило, включают в себя блоки предварительного разделения бензинового сырья процесса с целью получения сырья изомеризации – смеси углеводородов с фракционным составом 30-70 °С. От показателей работы блоков предварительного фракционирования сырья зависит эффективность работы реакторного блока, выход изомеризата, его состав и октановые характеристики.

В рамках представленной работы проведен анализ функционирования конденсационного оборудования ректификационной колонны выделения изопентановой фракции, одним из продуктов которой является

сырье блока изомеризации. Принципиальная схема выделения изопентановой фракции приведена на рис. 1.

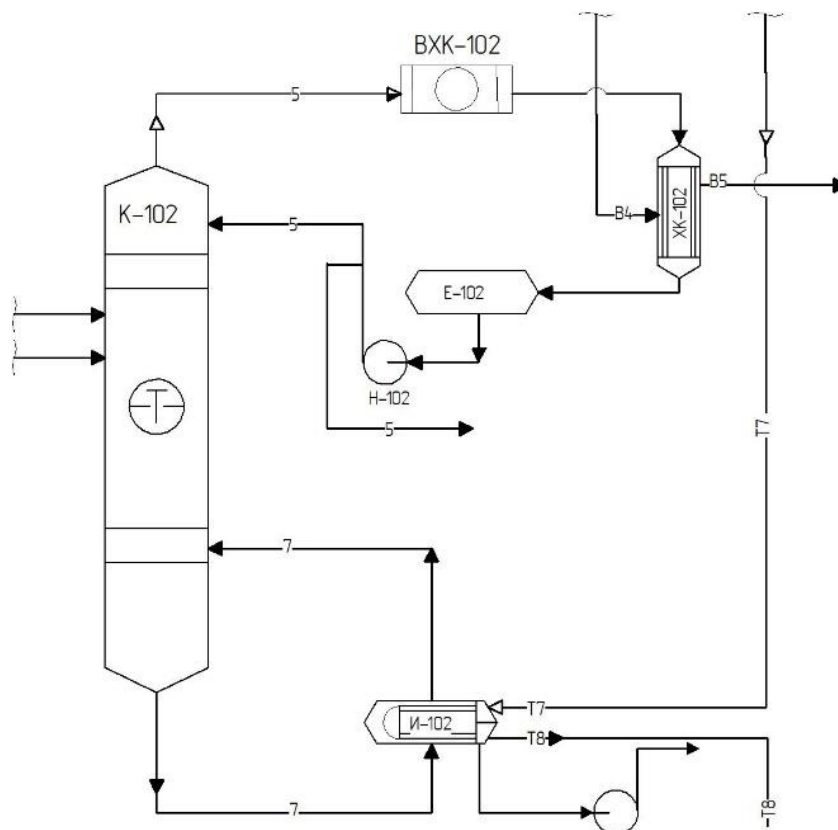


Рис. 1. Принципиальная схема узла выделения изопентановой фракции:
 К-102 – ректификационная колонна; ВХК-102 – аппарат воздушного водяной
 охлаждения; И-102 – испаритель; ХК-102 – холодильник;
 Е-1.2 – рефлюксная емкость; Н-101, Н-1-2 – насосы;
 5 – изопентановая фракция; 7 – сырье изомеризации; Т7 – водяной пар;
 Т8 – конденсат пара; В4, В5 – оборотная вода

В качестве конденсационного оборудования колонны используются последовательно подключенные аппарат воздушного охлаждения (поз. ВХК-102) и водяной холодильник-конденсатор поз. ХК-102. При работе установки в летнее время среднесуточная температура воздуха часто превышает средние значения, что приводит к снижению эффективности конденсации, повышению температуры изопентановой фракции и росту ее потерь с отходящими газами.

Для достижения заданных параметров работы конденсационного оборудования в летний период на основании проведенных расчетов [3,4] нами предложены следующие варианты:

– замена аппарата воздушного охлаждения поз. ВХК-102 на водяной холодильник-конденсатор (рис. 2);

– дооснащение действующего аппарата воздушного охлаждения поз. ВХК-102 дополнительной секцией.

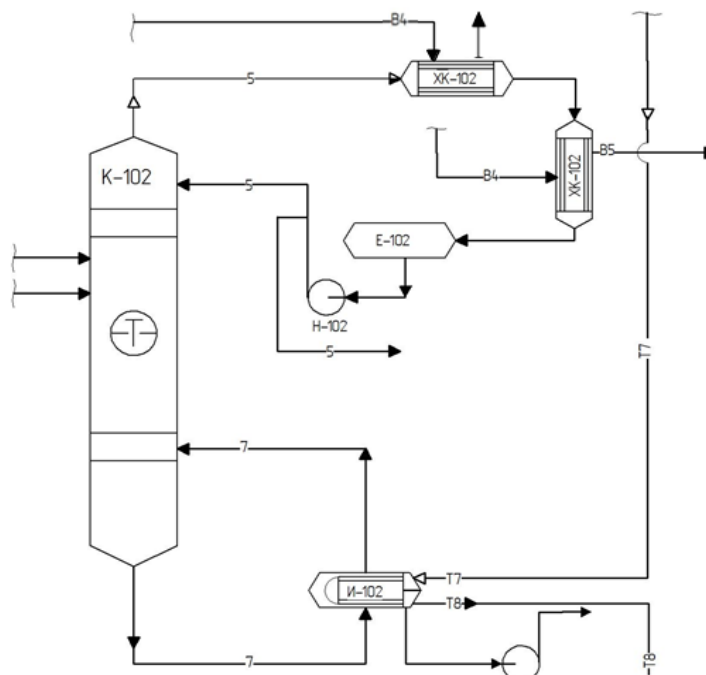


Рис. 2. Принципиальная схема узла выделения изопентановой фракции после реконструкции: К-102 – ректификационная колонна; ВХК – аппарат воздушного водяной охлаждения; И-102 – испаритель; ХК-102 – холодильник; Е-1.2 – рефлюксная емкость; Н-101, Н-1-2 – насосы; 5 – изопентановая фракция; 7 – сырье изомеризации; Т7 – водяной пар; Т8 – конденсат пара; В4, В5 – обратная вода

Для замены действующего аппарата поз. ВХК-102 по результатам расчетов предложен водяной холодильник-конденсатор марки 1000 КНГ-6–25–М1–0/25–У–1–Б) [2]. Масса аппарата составит не более 8650 кг, материал изготовления – сталь 20. Расход воды, необходимой для работы аппарата, составит 22,53 кг/с. Для дооснащения действующего аппарата поз. ВХК-102 необходима секция, состоящая из 718 труб диаметром 25 мм, длиной 4,0 м с числом ходов – 2 и площадью сечения труб – 0,124 м².

Предварительные экономические расчеты показали, что, с учетом обеспечения требуемого качества продуктов разделения (компонента товарного изомеризата и сырья реакторного блока изомеризации), наиболее предпочтительным вариантом является установка дополнительного водяного холодильника-конденсатора вместо аппарата воздушного охлаждения.

Библиографический список

1. ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.

2. ГОСТ 15121-79 Конденсаторы кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе основные параметры и разделы. М.: Издательство стандартов, 1979.

УДК 544.478

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА ZSM-5

К.А. Данилова

Бакалавр гр. НМб-17-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: ksdanilova@bk.ru

С.А. Скорникова

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: sskornikova@mail.ru

АННОТАЦИЯ: На основе промышленного цеолита ЦВМ- аналога структурного типа ZSM-5, методами рекристаллизации исходного цеолита получены микро-мезопористые материалы ZSM-5/MCM-41. Определены оптимальные условия получения данных композитов. Методами рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии определены их физико-химические характеристики.

Ключевые слова: цеолит, десилирование, деалюминирование, гидротермальный синтез, микро-мезопористые материалы, рекристаллизация.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF MICRO-MESOPOROUS MATERIALS BASED ON ZEOLITE ZSM-5

K.A. Danilova

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

e-mail: ksdanilova@bk.ru

S.A. Skornikova

Assistant Professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

e-mail: sskornikova@mail.ru

ABSTRACT: Micro-mesoporous materials ZSM-5/MSM-41 were synthesized by recrystallization of industrial zeolite CVM- analog ZSM-5. Optimal conditions of synthesis of these composites were defined. Prepared materials were characterized by powder X-ray diffraction, scanning electron microscopy.

Keywords: zeolite, micro-mesoporous materials, hydrothermal synthesis, recrystallization, dealumination, desilication.

Одной из основных особенностей применения цеолитов в составе катализаторов является то, что их физико-химические свойства можно направленно регулировать в процессе синтеза, изменяя природу сырьевых реагентов, состав реакционных смесей применяемых в синтезе цеолитов и условия синтеза.

Наиболее востребованными в составе различных каталитических систем и производимыми в промышленных масштабах являются цеолиты структурного типа ZSM-5(пентасилы). Их широкое использование можно объяснить тем, что пентасилы можно синтезировать как с разнообразными органическими соединениями (темплатами), так и без них. Однако цеолиты классифицируются как микропористые материалы, и, несмотря на их многочисленные преимущества, они проявляют диффузионные ограничения при превращении разветвленных молекул.

Поэтому создание микро-мезопористых цеолитных структур, то есть сочетающих в своей структуре одновременно микропоры и мезопоры, является перспективным направлением в области приготовления цеолитных носителей.

Целью данной работы было получение цеолитных материалов с микро-мезопористой структурой на основе цеолита ZSM-5 и исследование их свойств.

Из обзора литературы следует, что для получения вторичной мезопористости в цеолитах применяются традиционные постсинтетические обработки, такие как деалюминирование и десилилирование [1], которые приводят к удалению атомов алюминия и кремния из решетки цеолитов, и как следствие, изменению соотношения Si/Al в цеолитах. Исследования показали [2], что изменение соотношения Si/Al в цеолитах может приводить не только к изменению их кислотности, но и образованию мезопор.

Мезопористость может быть получена в структуре цеолитного материала с использованием катионных поверхностно-активных веществ, таких как гидроксид (или бромид/ хлорид) цетилтриметиламмония (СТАВr) в мягких условиях синтеза, т.е. путем рекристаллизации микропористых цеолитов в микро/мезопористые или мезопористые материалы. Этот процесс предотвращает полное растворение кристаллов, обеспечивая взаимодействие между сурфактантом и цеолитом, и позволяет

достичь почти полной реорганизации цеолитной сети вокруг мицелл сурфактанта [3].

Стратегия двойных шаблонов (метод двойного темплатирования) включает использование фактора управления структурой в синтезе цеолита и поверхностно-активного вещества в качестве матрицы для получения мезофазы в начале синтеза в реакционной среде. Основная идея метода заключается в том, что поверхностно-активное вещество вызывает образование мицелл, которые служат матрицей мезоструктуры, в то время как агент, направляющий структуру в цеолите, приводит к его кристаллизации [4].

Для получения микро-мезопористых образцов использовали промышленный цеолит ЦВМ (структурный аналог цеолита ZSM-5) в натриевой и аммонийной формах производства ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» с $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 30$, содержание оксида натрия в аммонийной форме составляет 0,12 %.

Фазовый состав исходных образцов цеолитов и микро-мезопористых материалов определяли методом рентгенофазового анализа. Все дифрактометрические данные были получены на дифрактометре Shimadzu Maxima XRD 7000. Для определения структуры образцов выполнялось обзорное сканирование области $2\theta = 5-60^\circ$. Морфологию цеолитов определяли на двухлучевом сканирующем (электронном и ионном) микроскопе фирмы JEOL JIB-Z4500 (Япония). Порошки наносили на проводящий скотч, образцы снимали при напряжении 30-40 kV.

Исследование исходного образца цеолита ЦВМ методом рентгенофазового анализа показало, что у образца присутствуют все характеристические рефлексы, соответствующие структуре цеолита ZSM-5 [5]. Были определены параметры элементарной ячейки цеолита ЦВМ, которые также подтверждают его принадлежность к структурному типу ZSM-5 с параметрами кристаллической решетки $a=20,121 \text{ \AA}$, $b= 19,919 \text{ \AA}$, $c= 13,401 \text{ \AA}$ $\alpha= 90^\circ$, $\beta= 90^\circ$, $\gamma= 90^\circ$.

Деалюминирование цеолитов ЦВМ проводили обработкой 2N растворами минеральных кислот (серной, соляной и азотной), а десилилирование – 2N растворами гидроксида натрия и калия. Обработка цеолита минеральными кислотами приводит преимущественно к удалению атомов алюминия и росту отношения Si/Al в цеолитах.

Показано, что после обработки цеолитов кислотами их кристаллическая структура сохраняется, о чем свидетельствует наличие характеристических пиков на рентгенограммах. Несмотря на то, что интенсивность рефлексов снижается (особенно для азотной кислоты), что свидетельствует о некотором снижении степени кристалличности цеолитов ЦВМ, кристаллическая структура цеолитов полностью не разрушается и это подтверждает их устойчивость к действию кислот.

Десилирование представляет собой другой постсинтетический подход к образованию мезопор, который заключается в удалении атомов кремния из каркаса цеолита [6]. Данная обработка цеолита ЦВМ также приводит к частичной аморфизации цеолита, о чем свидетельствует снижение интенсивности характеристических рефлексов на дифрактограммах цеолитов. Согласно [7], щелочная обработка цеолитов является первым этапом получения микро-мезопористых материалов в процессе рекристаллизации, а ее условия обеспечивают формирование микро-мезопористых материалов.

Для получения образцов микро-мезопористого материала использовали метод предварительной деструкции цеолита ЦВМ при обработке его 1,5М раствором гидроксида натрия с последующей гидротермальной кристаллизацией в присутствии ПАВ - бромиды цетилтриметиламмония (СТАВ). Длительность предварительной деструкции (рекристаллизации) цеолита (1 стадия) составляла 2 и 4 часа, а время гидротермальной кристаллизации составляло 48 часов (2-я стадия). Обработку цеолита ЦВМ раствором щелочи проводили при 80°С в течение 1 часа, а гидротермальный синтез 48 часов при температуре 110°С. Методом рентгенофазового анализа показано, что структура полученных образцов соответствует микро-мезопористому материалу ZSM-5/MCM-41, о чем свидетельствует наличие рефлексов в области углов $2\theta = 2-5$ град (мезофаза) и характеристических рефлексов цеолитной фазы в области углов $2\theta = 7-9$ и $2\theta = 22-26$ град. На рисунке 1 представлены электронно-микроскопические снимки полученных материалов.

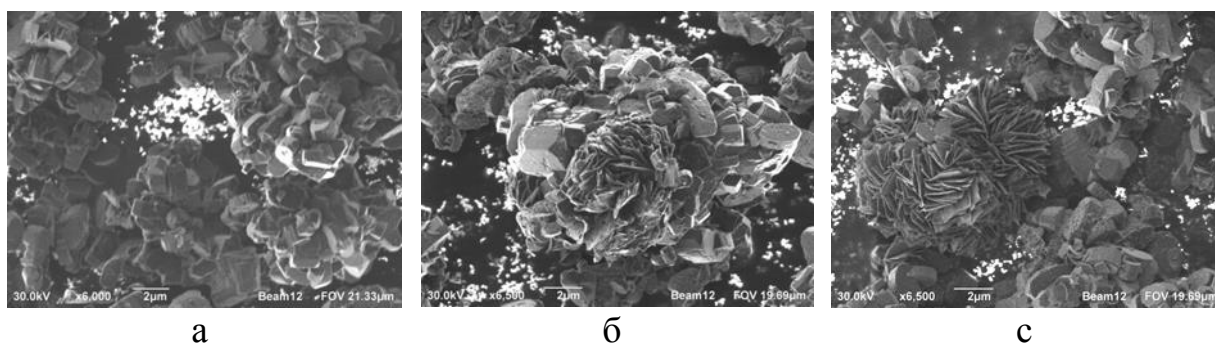


Рисунок 1. Электронно-микроскопические снимки цеолитов:

ЦВМ-исходный (а), б- образец 1 получен методом предварительной деструкции цеолита ЦВМ (рекристаллизация цеолита – 2 часа, гидротермальный синтез– 48 часов); с – образец 2 получен методом предварительной деструкции цеолита ЦВМ (рекристаллизация цеолита – 4 часа, гидротермальный синтез – 48 часов).

Как следует из скан-снимков, формирование микро-мезопористых материалов на основе цеолита ЦВМ сопровождаются и изменением морфологии цеолита.

Таким образом показано, что на основе цеолита промышленного цеолита ЦВМ- аналога цеолита структурного типа цеолита ZSM-5, возможно формирование микро-мезопористых материалов.

Библиографический список:

1. Sarioglan A., Erdem-Senatalar A., Savasci O.T., Taarit Y.B. The effect of dealumination on the apparent and actual rates of aromatization of methane over MFI-supported molybdenum catalysts // J. Catal. – 2004. – V. 226, № 1. – P. 210–214.

2. Groen J.C., Jansen J.C., Moulijn J.A., Pйrez-Ramirez J. Optimal aluminum-assisted mesoporosity development in MFI zeolites by desilication // J. Phys. Chem. B. – 2004. – V. 108. – P. 13062–13065.

3. Perez-Ramirez J., Christensen C. H., Egeblad K. Hierarchical zeolites: enhanced utilisation of microporous crystals in catalysis by advances in materials design // Chem. Soc. Rev. – 2008. – V. 37. – P. 2530–2542.

4. Na K., Choi M., Ryoo R. Recent advances in the synthesis of hierarchically nanoporous zeolites // Microporous Mesoporous Mater. – 2013. – V. 166. – P. 3–19.

5. PDF/ Powder Diffraction File. Hanawaet Search Manual. Inorganic Phases. Sets 1-42, 1992.

6. Marius-Christian Silaghi, Céline Chizallet, Pascal Raybaud /Challenges on molecular aspects of dealumination and desilication of zeolites// Microporous and Mesoporous Materials.- 2014, v.191.- p.82-96.

7. И. И. Иванова, Е. Е. Князева, А. А. Маерле, И. А. Касьянов /Дизайн микро-мезопористых катализаторов на основе цеолитов для процессов нефтехимического и органического синтеза//Кинетика и катализ -2015, том 56. -№. 4- с. 556–568.

УКД 665.637.048.5

РАБОТА БЛОКОВ ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПО ОДНОКОЛОННОМУ ВАРИАНТУ

М.Э. Томчак

Студентка гр. ХТм-19-1

Ангарский государственный технический университет
665835, Иркутская область, г. Ангарск, ул. Чайковского, д.60
e-mail:tomchak.rita@bk.ru

Т.В. Раскулова

К.т.н., доцент

Ангарский государственный технический университет
665835, Иркутская область, г. Ангарск, ул. Чайковского, д.60
e-mail:raskulova@list.ru

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены достоинства и недостатки одно и двухколонной схемы работы блоков вакуумной перегонки мазута установок первичной переработки нефти.

Ключевые слова: вакуумная перегонка, расход водяного пара, расход топливного газа.

OPERATION OF OIL VACUUM DISTRIBUTION UNITS OF PRIMARY OIL REFINING UNITS ON A SINGLE COLUMN OPTION

M.E. Tomchak

Student

Angarsk State Technical University

665835, Irkutsk region, Angarsk, st. Tchaikovsky, 60

e-mail: tomchak.rita@bk.ru

T.V. Raskulova

Assistant professor

Angarsk State Technical University

665835, Irkutsk region, Angarsk, st. Tchaikovsky, 60

e-mail: raskulova@list.ru

ABSTRACT: Advantages and disadvantages of one and two-column operation schemes of vacuum distillation units of fuel oil of primary oil refining units are considered.

Keywords: vacuum distillation, water consumption, fuel gas consumption.

Основными направлениями работы по выявлению имеющихся резервов улучшения технико-экономических показателей действующих технологических мощностей являются:

- разработка и реализация мер по улучшению качества нефтепродуктов, углублению переработки нефти;
- оптимизация энергоиспользования;
- разработка и реализация мер по увеличению загрузки имеющихся мощностей.

Одним из важнейших направлений переработки нефти является процесс вакуумной перегонки мазута. Работа установки вакуумной перегонки мазута по топливно-масляному варианту может осуществляться по двухколонной и одноколонной схеме работы[1]. Достоинствами двухколонной схемы (рис. 1б) являются возможность получения более качественных масляных дистиллятов (заданного фракционного состава), а также большая эффективность использования избыточного тепла промежуточных циркуляционных орошений. Недостатками такой схемы можно считать значительный расход металла на изготовление дополнительной аппаратуры и коммуникаций, увеличение капиталовложений на строительство и дополнительную аппаратуру.

Работа по одноколонной схеме (рис. 1а) характеризуется низкими энергозатратами, меньшей металлоёмкостью, малыми капитальными вложениями, кроме того, использование одной ректификационной колонны позволяет уменьшить расход пара на обогрев. Несмотря на очевидные достоинства, одноколонная схема имеет также ряд недостатков, а именно: снижение четкости ректификации смеси, вследствие чего необходимо увеличение высоты ректификационных колонн для достижения требуемого качества масляных дистиллятов[2].

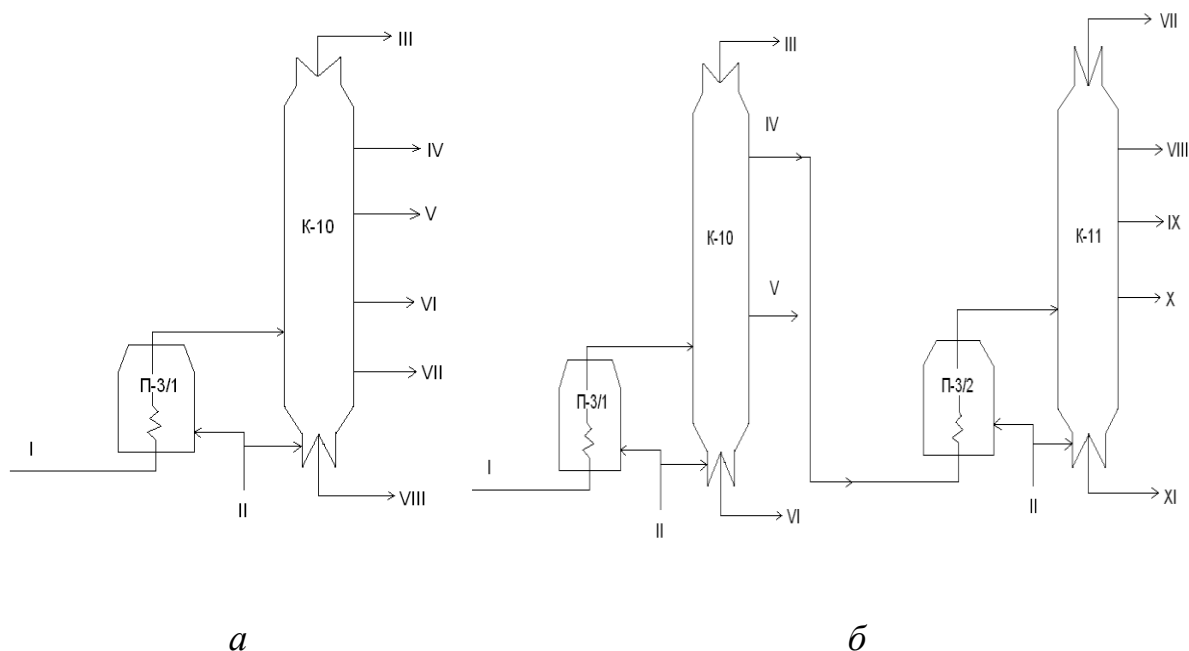


Рис. 1. Варианты работы блоков вакуумной перегонки мазута:

а – одноколонная схема работы; *б* – двухколонная схема работы

а) *I* – мазут; *II* – водяной пар; *III* – дизельное топливо; *IV* – трансформаторное масло; *V* – маловязкая фракция; *VI* – вязкая фракция; *VII* – вакуумный газойль; *VIII* – гудрон;

б) *I* – мазут; *II* – водяной пар; *III, VII* – дизельное топливо; *IV* – широкая масляная фракция; *V* – затемненный продукт; *VI* – гудрон; *VIII* – трансформаторное масло;

IX – маловязкая фракция; *X* – вязкая фракция; *XI* – вакуумный газойль.

Целью данной работы являлось рассмотрение основных технико-экономических показателей работы блока ВТ по одноколонному и двухколонному вариантам.

Одноколонная схема работы предполагает исключение колонны К-11 (рис. 1, б). При этом колонна К-10 оборудуется дополнительными отпарными колоннами для увеличения четкости разделения.

В результате все целевые фракции будут отбираться в колонне К-10, что предполагает наращивание обечайки существующей колонны.

Для оценки результатов реконструкции использовались следующие

показатели:

- темпы роста объема продукции;
- темпы роста прибыли;
- производительность труда;
- годовой экономический эффект;
- условно-годовая экономия от снижения себестоимости единицы продукции;
- срок окупаемости капитальных затрат;
- срок окупаемости дополнительных капитальных затрат.

Результатом технико-экономического обоснования реконструкции блока вакуумной перегонки мазута с переходом на одноколонную схему перегонки мазута является:

- снижение потребления газа топливного в полтора раза;
- снижение потребления пара 15 *ата* в полтора раза ;
- рост объема готовой (основной) продукции на 8,6 %;
- рост прибыли на 10,7 %.

Снижение потребления топливного газа позволяет снизить количество дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу на 15 %. Количество сточных вод, отводимых с установки, снизится, в среднем, на 15 % за счет снижения потребления пара 15 *ата*, что положительно скажется на улучшении состояния воздушного и водного бассейнов.

Библиографический список:

1. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.

2. Морозов В.А., Отрошко Т.П., Моржухина Л.Д., Луговской А.И., Ямпольская М.Х., Назаркина А.П. Современная установка вакуумной перегонки мазута // Нефтепереработка и нефтехимия. 2016. № 10. С.51-58.

УДК 544.6.018.47-0.365

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.К. Кирсанова

Студент гр. ТПб-15-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: kirsanova_nana@bk.ru

С.А. Закарчевский

Аспирант гр. аБТ-18-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: serzh94lan@mail.ru

А.Н. Чеснокова

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: chesnokova@istu.edu

АННОТАЦИЯ: В данной работе изучено влияние функциональных добавок на физико-химические показатели протонообменных мембран, которые включают в себя: протонную проводимость, ионообменную емкость, водопоглощение, механические свойства и изменение размеров при набухании.

Ключевые слова: Протонообменная мембрана, цеолит, протонная проводимость, топливный элемент, полимер.

INVESTIGATION OF COMPOSITE PROTON-CONDUCTING MEMBRANES FOR FUEL CELLS

A.K. Kirsanova

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: kirsanova_nana@bk.ru

S.A. Zakarchevsky

Graduate student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: serzh94lan@mail.ru

A.N. Chesnokova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: chesnokova@istu.edu

ABSTRACT: In this paper the influence of functional additives on the physical and chemical parameters of proton-exchange membranes including proton conductivity, ion-exchange capacity, water absorption, mechanical properties and size changes during swelling was studied.

Keywords: Proton exchange membrane, zeolite, proton conductivity, fuel cell, polymer.

Топливные элементы (ТЭ) на основе протонообменных мембран представляют собой эффективный и экологически чистый способ получения энергии. Они преобразуют химическую энергию в электрическую в процессе электрохимической реакции [1-2].

Раньше ТЭ применялись исключительно в космической отрасли, но постепенно область применения расширяется, и в настоящее время топливные элементы можно встретить в двигателях транспортных средств, в качестве источников питания некоторых электрических приборов и т.д. [3-4]

Протонообменная мембрана представляет собой тонкую твердую полимерную пленку, главной задачей которой является перенос протона в катодную область, который, в свою очередь, образуется в результате ионизации водорода. Поэтому высокая протонная проводимость (ПП) является крайне важным показателем протонообменных мембран [5-6].

В настоящее время наиболее широко применяемой промышленной мембраной является Nafion (США). Она обладает высокой протонной проводимостью и химической стабильностью [5-6]. Однако, в связи с ее высокой стоимостью, синтез и исследование новых композитных мембран, улучшение их физико-химических характеристик, а так же снижение себестоимости является актуальной задачей.

В данной работе мы изучили влияние цеолитов на физико-химические характеристики мембран, которые были синтезированы на основе поливинилового спирта (ПВС), сшитого сульфоянтарной кислотой.

В качестве функциональной добавки в полимерный материал добавляли цеолиты ВЕА в концентрациях от 1% до 25 %. Предварительно цеолит прокаливали течение 5-6 ч при 600 °С до полного выгорания органического компонента. Прокаливание проводилось для удаления воды и остатков органических молекул.

В ходе работы были исследованы физико-химические свойства протонообменных мембран: протонная проводимость, механические свойства, ионообменная емкость, изменение размеров при набухании и водопоглощение.

Изучена температурная зависимость протонной проводимости композитных мембран в диапазоне от 30 до 80 °С при относительной влажности 100%. Наилучший результат продемонстрировала мембрана, содержащая 25% цеолита ВЕА, протонная проводимость которой составляла 23,2 мСм·см⁻¹.

По величине энергии активации процесса протонного переноса композитные мембраны с цеолитом ВЕА сопоставимы с промышленной мембраной Nafion, 26,4 и 22,8 кДж/моль, соответственно.

Установлено, что у синтезированных образцов с возрастанием процентного содержания цеолита от 1% до 25% снижается набухание (в

нашем случае с 38% до 10 % соответственно).

Кроме того, при увеличении содержания функциональной добавки модуль упругости уменьшался с 50,2 Н/мм² до 22 Н/мм², механическая прочность повышалась с 3,7 Мпа до 11,7 Мпа, относительное удлинение уменьшалось с 91,4% до 52%.

По результатам измерения ионообменной емкости (ИОЕ) было замечено, что с увеличением процентного содержания цеолита, ИОЕ повышается с 1,05 мг·моль/г до 3,69 мг·моль/г, что выше чем у сравнительного образца (0,95 мг·моль/г).

В заключение, полученные результаты позволяют рассматривать изученные цеолитные материалы в качестве перспективных добавок для синтеза протонопроводящих мембран.

Авторы благодарят к.х.н., доцента ИрНИТУ Скорникову С.А. за предоставление образцов цеолитов для исследования.

Библиографический список:

1. Maiti, J., Kakati, N., Lee, S.H., Jee, S.H., Viswanathan, B., & Yoon, Y.S. (2012). Where do poly(vinyl alcohol) based membranes stand in relation to Nafion for direct methanol fuel cell applications? *Journal of Power Sources*, 216, 48-66.

2. Premier, G.C., Michie, I.S., Boghani, H.C., Fradler, K.R., & Kim, J.R. (2016). Reactor design and scale-up. *Microbial Electrochemical and Fuel Cells*, 215-244.

3. Ghorbel, N., Kallel, A., & Boufi, S. (2019). Molecular dynamics of poly(vinyl alcohol)/cellulose nanofibrils nanocomposites highlighted by dielectric relaxation spectroscopy, 124, 1-9.

4. Hwang, B.-J., Joseph, J., Zeng, Y.-Z., Lin, C.-W., & Cheng, M.-Y. (2011). Analysis of states of water in poly (vinyl alcohol) based DMFC membranes using FTIR and DSC. *Journal of Membrane Science*, 369(1-2), 88–95.

5. Коровин Н. В. Топливные элементы и электрохими-ческие энергоустановки. М.: Изд-во Моск. энерг. ин-та, 2005. 280 с. 168.

6. Иванчев С.С., Мякин С.В. Полимерные мембраны для топлив-ных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства // *Успехи химии*. - 2010. - Т. 79. № 2. - С. 117-134.

УДК 541.14

ДИОТРОПНАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА ДИАРИЛЭТЕНОВ

К. Э. Куаме

Аспирант гр. аОХ-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: erickofikouame@gmail.com

А. Г. Львов

Ведущий научный сотрудник
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: lvov-andre@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: Проведен анализ литературных данных по реакции диотропной фотоперегруппировки диарилэтен, которая ограничивает цикличность этого класса фотохромных соединений.

Ключевые слова: Фотохромизм, диарилэтен, диотропная перегруппировка.

DYOTROPIC REARRANGEMENT OF DIARYLETHENES

К. Е. Kouame

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: erickofikouame@gmail.com

A. G. L'vov

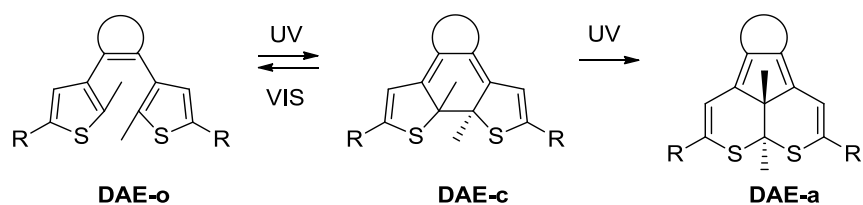
Doctor leading researcher
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: lvov-andre@yandex.ru

ABSTRACT: The analysis of the reaction of dyotropic rearrangement of diarylethenes, which limits the fatigue resistant of this class of photochromic compounds, has been carried out.

Keywords: Photochromic, diarylethene, dyotropic rearrangement.

Фотохромизм – это явление обратимого изменения структуры вещества под действием света.¹ Параллельно с изменением цвета вещество может менять показатель преломления, растворимость, реакционную способность, электропроводимость, другие химико-физические характеристики. Фотохромизм показывает ряд органических и неорганических соединений.

Одним из классов фотохромов являются диарилэтены с гетероциклическими заместителями.² При облучении ультрафиолетовым светом открытая форма диарилэтен **DAE-o** изомеризуется в окрашенный циклический изомер **DAE-c**, обратная реакция идет под действием видимого света. В некоторых случаях, можно осуществить несколько тысяч циклов окрашивания / обесцвечивания. Основной побочной реакцией является диотропная перегруппировка **DAE-c** в «аннелированный» изомер **DAE-a**.



Аннелированные изомеры были неоднократно выделены при фотолизе диарилэтенев разной структуры. В нашей работе мы проанализировали все известные примеры получения аннелированных изомеров. Показано, что соединения **DAE-a** обладают интересными спектральными свойствами и фотоустойчивостью, и могут играть важную роль в новых приложениях фотоактивных диарилэтенев.

Библиографический список:

1. H. Bouas-Laurent, H. Durr., Pure Appl. Chem. // Organic photochromism 2001. № 73. С. 639–665.

2. M. Irie, Fukaminato, K. Matsuda, S. Kobatake., Chem. Rev. // Photochromism of diarylethene molecules and crystals: memories, switches and actuators. 2014. № 114. С. 12174–1227.

УДК 66.092-977, 544.421.081.7

КИНЕТИКА ПИРОЛИЗА ТОРРЕФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ

И.К. Сосновский

Студент гр. МНТм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: sosnovskiy71@gmail.com

В.В. Баденко

Студент гр. МНТм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: vladislavbadenko@gmail.com

АННОТАЦИЯ: Данное исследование посвящено определению с помощью метода Фридмана кинетических коэффициентов (предэкспоненциальных множителей и энергий активации) реакции пиролиза торрефицированного древесного топлива (осина), полученного при различных температурах торрефикации. Полученные данные необходимы для создания математической модели реактора, которая будет достоверно и подробно отображать процесс конверсии топлива.

Ключевые слова: пиролиз, метод Фридмана, кинетика, древесина, древесная биомасса.

KINETICS OF PYROLYSIS OF TORREFIED WOOD BIOMASS

I.C. Sosnovsky

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: sosnovskiy71@gmail.com

V.V. Badenko

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: vladislavbadenko@gmail.com

ABSTRACT: This article focuses on determination of kinetic coefficients (preexponential factors and activation energies) of torrefied wood biomass (aspen) by the Friedman method. Biomass was subjected to torrefaction at different temperatures. The calculated coefficients are necessary for creating a mathematical model of the pyrolysis reactor.

Keywords: pyrolysis, Friedman method, kinetics, wood, wood biomass.

Поскольку экологическая обстановка во всем мире неизбежно ухудшается, а параллельно с этим ископаемых видов топлива становится все меньше, появляется потребность в использовании возобновляемых видов топлива, например древесной биомассы. Древесное топливо имеет большой энергетический потенциал, который можно использовать в разных отраслях промышленности. К тому же, имеется большой запас древесных отходов на лесопилках и деревоперерабатывающих предприятиях. Одним из процессов энергетической переработки древесной биомассы является пиролиз. При пиролизе древесного топлива образуются жидкие продукты, пиролизный газ и древесный уголь, которые впоследствии можно использовать для выработки электро- или тепло-энергии или получения химических продуктов. Процесс пиролиза происходит в специальных реакторах, которые разрабатываются и оптимизируются экспериментально, что ведет за собой значительные материальные затраты. Для того, чтобы минимизировать расходы можно использовать численное моделирование. Чтобы создать модель реактора, которая будет достоверно и подробно отображать процесс конверсии топлива, необходимы исходные данные (кинетические коэффициенты).

Существует несколько математических методов расчета кинетических коэффициентов - интегральные и дифференциальные. Считается, что дифференциальные методы точнее. При этом расчет коэффициентов

можно проводить с учетом механизма и без учета (изоконверсионные методы). К изоконверсионным методам относят дифференциальный метод Фридмана, интегральные методы Озавы-Флина-Уолла, Кисинджера и другие. Особенностью этих методов является то, что процесс проходит в одну стадию с первым порядком реакции. В работе с использованием метода Фридмана определены кинетические коэффициенты пиролиза торрефицированного древесного топлива (осина), полученного при разной температуре торрефикации (200, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 500°C). Пиролиз данных торрефикатов проводили с использованием интегрированного комплекса синхронного термического анализа и масс-спектрометрии (STA 449F1, QMS 403C (Netzsch)). По полученным данным были построены соответствующие аррениусовские графики, из которых были рассчитанные предэкспоненциальные множители и энергии активации. На рисунке 1 представлен пример аррениусовского графика потери веса исследуемых образцов при их пиролизе.

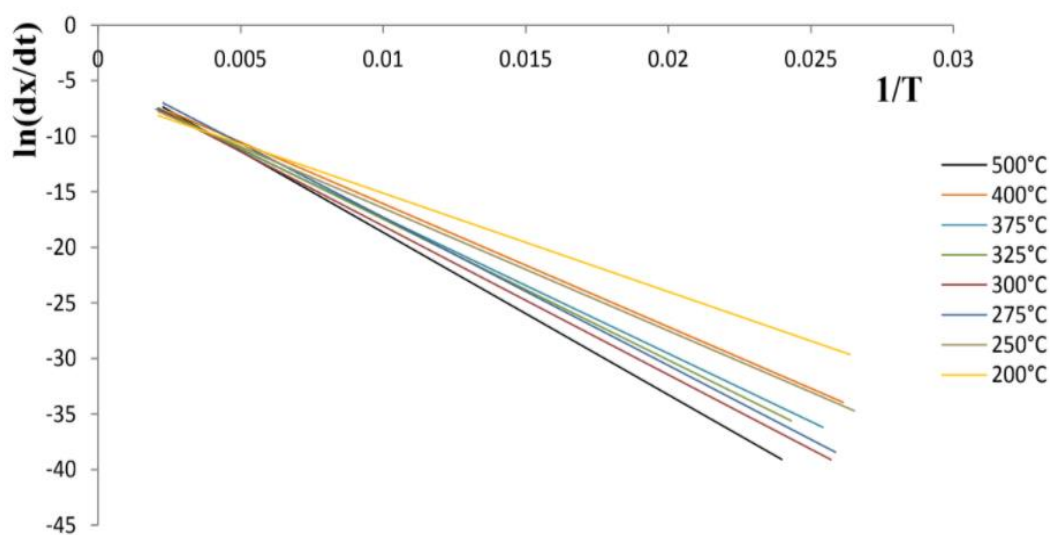


Рисунок 1. Аррениусовский график потери веса исследуемых торрефикатов

Библиографический список:

1. Pyrolysis kinetics of short rotation coppice poplar biomass // Energy Volume 226, 1 July 2021, 120358 [Электронный ресурс]. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220312986> свободный
2. Pyrolysis characteristics and non-isothermal kinetics of waste wood biomass // Energy Volume 226, 1 July 2021, 120358 [Электронный ресурс]. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221006071> свободный

УДК 629.735.33

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В САМОЛЕТОСТРОЕНИЕ

Е.С.Исаева

Студент гр. МТМбд-31

Ульяновский государственный технический университет
432027 ул. Северный Венец, 32, Ульяновск, Ульяновская обл.
3421025@mail.ru

М.В. Бузаева

Профессор

Ульяновский государственный технический университет
432027 ул. Северный Венец, 32, Ульяновск, Ульяновская обл.

АННОТАЦИЯ: В работе приведен общий обзор композиционных материалов, проанализированы преимущества и недостатки композиционных материалов перед традиционными, используемыми в самолетостроение, рассмотрены перспективы их дальнейшего внедрения.

Ключевые слова: самолетостроение, композиционные материалы, современные технологии, полимеры.

MODERN TECHNOLOGIES AND POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN AIRCRAFT

E. S. Isaeva

Student gr. MTMbd-31

Ulyanovsk State Technical University
432027 st. Northern Venets, 32, Ulyanovsk, Ulyanovsk region
3421025@mail.ru

M.V. Buzaeva

Professor

Ulyanovsk State Technical University
432027 st. Northern Venets, 32, Ulyanovsk, Ulyanovsk region

ABSTRACT: The paper provides a general overview of composite materials, analyzes the advantages and disadvantages of composite materials over traditional ones used in aircraft construction, and considers the prospects for their further implementation.

Keywords: aircraft construction, composite materials, modern technologies, polymers.

Волокнистые композиты нашли применение в самолетах, начиная с первого полета Флайера 1 братьев Райт в Северной Каролине 17 декабря 1903 года, до множества применений, которыми они сейчас пользуются как на военных, так и на гражданских самолетах, в дополнение по беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), космическим ракетам-

носителям и спутникам [4]. Составляющие материалы сохраняют свою идентичность в композитах и не растворяются или иным образом полностью не сливаются друг с другом. Вместе материалы создают «гибридный» материал с улучшенными структурными свойствами. Их растущее использование обусловлено их высокой удельной прочностью и жесткостью по сравнению с более традиционными материалами, а также способностью формировать и адаптировать их структуру для создания более аэродинамически эффективных структурных конфигураций.

Разработка легких, стойких к высоким температурам композитных материалов позволит материализовать новое поколение высокопроизводительных и экономичных самолетов. Использование таких материалов позволит снизить расход топлива, повысить эффективность и снизить прямые эксплуатационные расходы самолетов [1].

Композиционные материалы важны для авиационной промышленности, поскольку они обеспечивают структурную прочность, сопоставимую с металлическими сплавами, но при меньшем весе. Это приводит к повышению топливной экономичности и производительности самолета.

Снижение веса является самым большим преимуществом использования композитного материала и одним из ключевых факторов при принятии решения относительно его выбора. К другим преимуществам относятся его высокая коррозионная стойкость и устойчивость к усталостным повреждениям. Эти факторы играют роль в сокращении эксплуатационных расходов самолета в долгосрочной перспективе, повышая его эффективность. Также преимущество композитов в том, что им можно придать практически любую форму с помощью процесса формования, но это усугубляет и без того сложную проблему моделирования [1].

Основным недостатком же композитов является, их высокая стоимость. Высокая стоимость также объясняется трудоемкостью и зачастую сложностью процесса изготовления. Композиты сложно осмотреть на предмет дефектов, а некоторые из них впитывают влагу. Алюминий, хотя он и тяжелее, прост в изготовлении и ремонте. На нем могут быть вмятины или проколы, но он все еще держится. Композиты не такие; если они повреждены, они требуют немедленного ремонта, что сложно и дорого.



Рис.1. Материалы и основные производители в самолетостроении[3].

В настоящее время Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) прилагает большие усилия по разработке легких высокотемпературных композиционных материалов для использования в деталях самолетов. На основании предварительных расчетов на входе в турбину концептуального двигателя ожидается повышение температуры до $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чтобы материалы могли выдерживать такие температуры, требуется использование композитов с керамической матрицей (КМЦ). Использование КМЦ в усовершенствованных двигателях также позволит повысить температуру, при которой двигатель может работать, что приведет к увеличению выхода продукции. Хотя КМЦ являются многообещающими конструкционными материалами, их применение ограничено из-за отсутствия подходящих армирующих материалов, трудностей обработки, срока службы и стоимости.

Еще один перспективный материал для использования в самолетостроении - паучий шелк. Шелк паука демонстрирует высокую пластичность, что позволяет растягивать волокно до 140% от его нормальной длины. Он также сохраняет свою прочность при температурах до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. Эти свойства делают паучий шелк идеальным для использования в качестве волокнистого материала при производстве пластичных композитных материалов, которые сохраняют свою прочность даже при аномальных температурах. Пластичные композитные материалы будут полезны для самолетов в тех частях, которые будут подвергаться переменным напряжениям, например, при соединении крыла с основным

фюзеляжем. Повышенная прочность, ударная вязкость и пластичность такого композита позволит приложить большие напряжения к детали или соединению до того, как произойдет катастрофическое разрушение. Композиты на основе синтетического паучьего шелка также будут иметь то преимущество, что их волокна будут биоразлагаемыми.

Пока было предпринято множество безуспешных попыток воспроизвести паучий шелк в лаборатории, но до сих пор не удалось добиться идеального повторного синтеза[2].

Другим многообещающим материалом может быть нержавеющей сталь, созданная на основе композитов, нанотехнологических волокон и фанеры. Стальные листы изготовлены из того же материала, и их можно обрабатывать точно так же, как и обычную сталь. Но при тех же сильных сторонах он на несколько процентов легче. Это особенно ценно для самолетостроения[1].

Благодаря более высокому отношению прочности к весу композитные материалы имеют преимущество перед обычными металлическими материалами; хотя в настоящее время изготовление композитов обходится дорого. До тех пор, пока не будут внедрены методы, позволяющие снизить начальные затраты на внедрение и решить проблему небiorазлагаемости существующих композитов, этот относительно новый материал не сможет полностью заменить традиционные металлические сплавы.

Библиографический список:

1. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть1: Учебное пособие / И.М. Колганов, П.В. Дубровский, А.Н. Архипов. Ульяновск: УлГТУ, 2003.
2. Паучий шелк. Режим доступа: <http://www.chm.bris.ac.uk/-motm/spider/page2.htm>
3. BBC. Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/features-49150213>
4. Композиты, армированные волокном, в авиастроении. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037604210-5000448>

УДК 544.6.018.47-0.365

ЭЛЕКТРОДЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЙЛОКА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА И ОЛОВА, В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Karthikeyan Gopalsamy^{a,*} and Alexandra Chesnokova^{b,*}

^{a,b}*Baikal School of BRICS, Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov street, 664074, Irkutsk, Russian Federation*

К. Гопальзами

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: karthikeyan.au@gmail.com

С.А. Закарчевский

Аспирант гр. аБТ-18-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: serzh94lan@mail.ru

А.Н. Чеснокова

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: chesnokova@istu.edu

Аннотация: В данной работе приведены результаты исследования электродов на основе углеродного войлока, модифицированного наночастицами кобальта, никеля и олова, в микробных топливных элементах.

Ключевые слова: электрод, микробный топливный элемент, каталитическая активность.

**ELECTRODES BASED ON CARBON FELT MODIFIED
WITH NANOPARTICLES OF NICKEL, COBALT AND TIN
IN MICROBIAL FUEL CELLS**

K.Gopalsamy

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: karthikeyan.au@gmail.com

S.A. Zakarchevsky

Graduate student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: serzh94lan@mail.ru

A.N. Chesnokova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontov st., 83
e-mail: chesnokova@istu.edu

Abstract: This paper presents the results of a study of the influence of nanocomposite electrodes additives in the form of cobalt, nickel and tin salts on microbial fuel cells performance.

Keywords: electrode, microbial fuel cell, catalytic activity.

Микробные топливные элементы (МТЭ) представляют собой устройства, преобразующие химическую энергию в электрическую за счет каталитической активности микроорганизмов. Типичный МТЭ состоит из катода и анода, разделенных между собой протонообменной мембраной [1,2].

В анодной камере происходит окисление органических веществ с образованием протонов и электронов с помощью электрогенных микроорганизмов. Катод играет важную роль в МТЭ, поскольку он участвует в переносе электронов, электрохимической активности и реакции восстановления [3-5].

В качестве электродов широко используются углеродные материалы в виде бумаги, ткани, войлока, сетки, щеток, пластин и стержней. Однако их использование ограничивается низкой скоростью реакции восстановления кислорода, недостаточно высокой проводимостью и удельной поверхностью [6].

Для получения высоких показателей удельной мощности МТЭ применяют добавки катализаторов к электродам в виде благородных металлов, таких как платина и серебро, которые в ходе многочисленных исследований доказали свою эффективность. Однако их использование существенно ограничивается высокой стоимостью и склонностью к отравлению в МТЭ. Поэтому актуальной задачей является исследование добавок к катализаторам, не содержащих платины, таких как железо, цинк, вольфрам, оксиды переходных металлов (оксид ванадия, оксид кобальта, диоксид марганца и др.) [7].

В данной работе были исследованы электроды на основе углеродного войлока, модифицированного наночастицами никеля, кобальта и олова. В качестве базового материала электрода использовался углеродный войлок площадью 10 см².

Навески хлоридов никеля и кобальта (соотношение 1:1) предварительно диспергировали в 5мл дистиллированной воды при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Далее в раствор добавляли 0,1 моль лимонной кислоты. Затем углеродный войлок помещали в автоклав, заливали полученным раствором и нагревали в печи при 180 °С в течение 10 часов. По прошествии времени синтеза, углеродный войлок промывали дистиллированной водой и этанолом, затем высушивали в сушильном шкафу при 60 °С. Аналогично получали углеродные электроды, модифицированные наночастицами олова, используя в качестве прекурсора хлорид олова.

Для проверки эффективности работы электродов, были использованы ячейки МТЭ с электрогенными бактериями *Micrococcus Luteus*.

Результаты опытов МТЭ с модифицированными электродами представлены на рисунке 1.

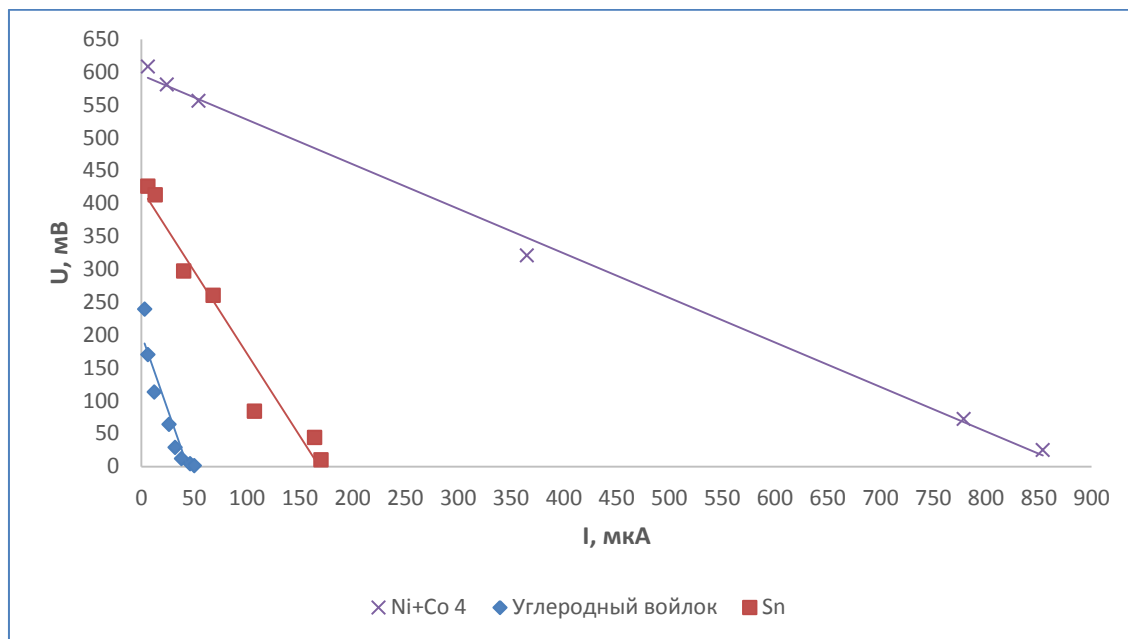


Рисунок 1. Вольт-амперные характеристики МТЭ с электродами, модифицированными наночастицами Ni-Co, Sn и сравнительного образца углеродного войлока

Из рисунка 1 видно, что ток короткого замыкания (КЗ) в МТЭ с электродами, модифицированными наночастицами олова, составляет 186 мкА, соответственно, что существенно выше, чем у сравнительного образца углеродного войлока без добавок (50 мкА). Максимальное среди синтезированных образцов значение тока КЗ показал биметаллический Ni-Co электрод (854 мВ). Также существенно возросли значения напряжения в режимах холостого хода - 426 мВ у электродов с добавками олова и 608 мВ у электродов, модифицированных Ni-Co.

В заключении можно отметить, что модификация электродов переходными металлами имеет преимущества в улучшении каталитической активности и электрохимических характеристик МТЭ. Существенный рост электрических показателей у МТЭ с электродами на основе углеродного войлока, модифицированных солями никеля, кобальта и олова позволяет утверждать о перспективности исследований в данной области.

Библиографический список:

1. Savitha Mathew, Preema C. Thomas (2020). Fabrication of polyaniline nanocomposites as electrode material for power generation in microbial fuel cells. *Materials Today: Proceedings*.

2. S. Lu, H. Li, G. Tan, F. Wen, M.T. Flynn, X. Zhu, Resource recovery microbial fuel cells for urine-containing wastewater treatment without external energy consumption, *Chem. Eng. J.* (2019).
3. S. Gadkari, M. Shemfe, J. Sadhukhan, Microbial fuel cells: a fast converging dynamic model for assessing system performance based on bioanode kinetics, *Int. J. Hydrogen Energy* 44 (2019) 15377–15386
4. C. Santoro, C. Arbizzani, B. Erable, I. Ieropoulos, Microbial fuel cells: from fundamentals to applications. A review, *J. Power Sources* 356 (2017) 225–244
5. M. Zhou, M. Chi, J. Luo, H. He, T. Jin, An overview of electrode materials in microbial fuel cells, *J. Power Sources* 196 (2011) 4427–4435
6. N.A. Garcia-Gomez, I. Balderas-Renteria, D.I. Garcia-Gutierrez, H.A. Mosqueda, E. M. Sánchez, Development of mats composed by TiO₂ and carbon dual electrospun nanofibers: a possible anode material in microbial fuel cells, *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.* 193 (2015) 130–136
7. P. Pattanayak, N. Pramanik, F. Papiya, V. Kumar, P.P. Kundu, Metal-free keratin modified poly(pyrrole-co-aniline)-reduced graphene oxide based nanocomposite materials: a promising cathode catalyst in microbial fuel cell application, *J. Environ. Chem. Eng.* 8 (2020) 103813.

СЕКЦИЯ 2. ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

УДК 663.44

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ИЗ ЛИСТЬЕВ АМАРАНТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА

Н.Ю. Шишкина

Студент гр.2-ФПП-19фпп-1М

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

e-mail: laborant@laguna-rameno.ru

Л.П. Кривова

К.б.н., доцент

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

e-mail: L_kriviva@yahoo.com.

АННОТАЦИЯ: Разработан новый сорт пива, обогащенный биологически активными веществами (использование водного экстракта из листьев амаранта). Исследовано влияние водного экстракта измельченных листьев амаранта на органолептические и физико-химические показатели качества пивного напитка. Установлено, что оптимальное соотношение водного экстракта, добавляемого на стадии кипячения сусла, без применения ферментативных препаратов, составило 5%.

Ключевые слова: пиво, водный экстракт из листьев амаранта, органолептические показатели качества, физико-химические показатели качества.

USING AN AQUEOUS EXTRACT FROM AMARANTH LEAVES IN THE BEER PRODUCTION

Shishkina N.Y.

Student

Samara State Technical University

443100, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244

e-mail: laborant@laguna-rameno.ru

Krivova L.P.

C.b.s. docent

Samara State Technical University

443100, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244

e-mail: L_kriviva@yahoo.com

ABSTRACT: A new variety of beer, enriched with biologically active substances (using of an aqueous extract from amaranth leaves) has been developed. The effect of an aqueous extract of the crushed leaves of amaranth on or-

ganoleptic and physico-chemical indicators of the beer quality was studied. It has been established that the optimal ratio of the aqueous extract added at the wort boiling stage, without the use of enzyme preparations, was 5%.

Keywords: beer, aqueous extract from amaranth leaves, organoleptic quality indicators, physical and chemical quality indicators.

Введение

Для увеличения выхода продукции и создания собственного «характера» производимого пивного напитка, необходимо использовать добавки из вспомогательных сырьевых материалов.

Тип конкретной добавки, доступный тому или иному производителю, в значительной степени зависит от географического местоположения данного пивоваренного предприятия.

Одним из потенциальных источников получения новых сырьевых добавок в пивоварении, является зерновая культура – амарант [1].

В России интерес к растению амарант возрастает: новые поля под растение амарант засевают в Саратовской, Воронежской, Волгоградской и других областях южных регионах страны.

Амарант – травянистое растение семейства Амарантовых (*Amaranthaceae*), достигающее в высоту до 80 см, окрашенное в зеленый, реже – в красный цвет, плодовитость одного растения может достигать до полумиллиона мелких зёрен [1].

Листья амаранта характеризуются высоким содержанием природных антиоксидантов: флавоноидов (до 17%), аскорбиновой кислоты, сквалена, пигмента амарантина [2].

Так, сквален – является незаменимым иммуностимулятором, защищающий организм от свободных радикалов и способствующий повышенной скорости регенерации тканей, что обеспечивает хорошую профилактику образования злокачественных новообразований. Уникальность вещества заключается в проявлении антибактериальных свойств, и в способности стимулирования выработки коллагена, что ведет к замедлению процессов старения [3].

Флавоноиды, входящие в состав листьев амаранта, представлены рутином, кверцетином и трифолоном. Рутин, эффективный антиоксидант, содержится преимущественно в листья амаранта, и его содержание колеблется от 0,5 до 3,0 % [4].

Сок из зеленых листьев амаранта, помимо белка, содержит важные для организма аминокислоты: аргинин, цистин, лейцин, треонин [4].

Общая антиоксидантная активность листьев амаранта сравнима с активностью лимонника китайского и женьшеня [5].

В табл. 1 представлено содержание питательных веществ в 100 граммах листьев амаранта в сравнении с листьями свеклы.

Таблица 1.

Сравнительный химический состав листьев амаранта и свеклы

Вещества	Единица измерения	Листья	
		амаранта	свеклы
Сухая масса	г	13,1	8,9
Энергетическая ценность	кал	36	25
Белок	г	3,5	2,4
Жиры	г	0,5	0,3
Углеводы	г	6,5	4,6
Клетчатка	г	1,3	0,8
Зольные компоненты	г	2,6	1,6
Кальций	мг	267	93
Фосфор	мг	67	39
Железо	мг	3,9	3,2
Натрий	мг	-	14,7
Калий	мг	411	550
Каротин	мг	10,1	11,0
Витамин С	мг	150	118

Анализ представленных данных подтверждает уникальность состава семян амаранта по содержанию основных нутриентов.

Целью исследования является создание нового сорта пива, обогащенного биологически активными веществами, экстрагированными из листьев растения амарант.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать технологию получения водного экстракта из листьев амаранта;
- разработать технологию получения пивного напитка с добавлением водного экстракта из листьев амаранта;
- определить органолептические и физико-химические показатели качества полученных образцов пивных напитков;

1. Технология получения водного экстракта из листьев амаранта [6]

В качестве объекта исследований были использованы листья растения амарант, сорта «Кинес» 2020 года урожая.

Получение водного экстракта из листьев растения амарант проводилось методом настаивания и включало следующие этапы: сборка, сушка, измельчение.

Сбор листьев проводился в летний период, до стадии цветения растения. Сушка листьев проводилась в сушильном шкафу в течение 1 часа при 60°C.

Из измельченных листьев амаранта получили водные экстракта (1:10 в пересчете на сухую массу образца) методом настаивания в течение 12 ча-

сов. В табл. 2 представлены варианты исследованных образцов, концентрации, объемы экстрактов и использованная масса листьев.

Таблица 2

№ варианта	Концентрация, %	Объем экстракта, мл	Масса листьев, г
Контроль	0	0	0
1	1 %	5	0,5
2	2 %	10	1,0
3	3 %	15	1,5
4	4 %	20	2,0
5	5 %	25	2,5

2. Технология получения пивного напитка с добавлением водного экстракта из листьев амаранта [7]

Материалы и методы исследования

Для исследования использовали: листья амаранта сорта «Кинес» (2020 год урожая), дрожжи низового брожения Saflager W34/70, солод ячменный «Курский», хмель «Традиционный».

Для установления возможности использования водного экстракта из листьев амаранта в пивоварении, был использован состав засыпи из 6 вариантов (табл. 3).

Таблица 3

№ варианта	Состав засыпи
Контроль	100 % солод
1	1 % экстракта листьев амаранта+ 99 % солода
2	2% экстракта листьев амаранта+ 98 % солода
3	3 % экстракта листьев амаранта+ 97 %солода
4	4 % экстракта листьев амаранта+ 96 %солода
5	5 %экстракта листьев амаранта+ 95 % солода

В качестве солодового материала использовали светлый ячменный солод «Курский». Процесс затирания проводился настольным методом, без использования ферментных препаратов. Применялся гидромодуль 1:4. Температурный режим предусматривал постепенное нагревание с паузами: при 52°C – 20 минут, при 62°C – 30 минут, при 72°C – 20 минут, на данном этапе был добавлен экстракт листьев амаранта. Далее после подогрева до 78°C сусло фильтровали.

Во время последующего процесса кипячения в течение 1 часа добавили хмель «Традиционный». Добавление хмеля проводилось в 3 этапа: через 5 минут – коагуляция белков; через 30 минут – формирование горечи; через 1 час – придание аромата.

Охлаждение сусла проводили до 10°C, путем естественного охлаждения в ванне с холодной водой, с последующим добавлением низовых дрожжей Saflager 34170.

Этап брожения сопровождался постепенным понижением темпера-

турного режима до 5 °С и составил 7 дней.

Этап дображивания (температура около 1-2°С), длился в течение 21 дня.

3. Определение физико-химических и органолептических показателей качества полученных образцов пива

Физико-химические показатели качества пива были изучены на анализаторе спиртосодержащих напитков Колос-2.

Принцип действия анализатора основан на измерении характеристик ультразвука, проходящего через образец, зависящих от концентрации веществ и температуры пробы. Пробы заливают непосредственно в пробоприемник прибора. Работа анализатора управлялась микропроцессором, выполняющим различные функции. Измерение и выдача результатов происходило в автоматическом режиме, продолжительность одного анализа составляла 2 минуты.

Физико-химические показатели качества полученных образцов пива приведены в табл. 4. Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о том, что внесение экстракта листьев амаранта не ухудшает основные изученные физико-химические параметры напитка. Экстрактивность начального сусла у всех изученных вариантов выше по сравнению с контролем.

Таблица 4

Физико-химические показатели качества образцов пива

№ варианта	Экстрактивность начального сусла, %	Объемная доля спирта, %	Видимый экстракт, %	Действительная степень сбраживания, %	Видимая степень сбраживания, %
Контроль	18,1	6,70	5,96	54,0	67,1
1	19,5	5,59	9,61	40,6	50,7
2	19,8	5,88	7,92	43,2	54,2
3	18,9	7,04	6,31	53,6	66,6
4	19,4	5,83	7,76	44,3	55,2
5	18,4	6,72	6,30	52,8	65,7

Объемная доля спирта оказалась самой высокой у варианта 3, тогда как по видимому экстракту все изученные варианты показали более высокие значения по сравнению с контролем. По действительной и видимой степени сбраживания наиболее близки к контролю варианты 3 и 5.

Для выявления достоинств и недостатков пивного напитка была проведена дегустационная оценка (рис. 1) по основным органолептическим показателям (цвет, вкус, аромат, прозрачность, пеностойкость,

хмелевая горечь) [8]. Пиво оценивалось по следующей балльной шкале: прозрачность – 3, цвет – 3, аромат – 4, вкус – 5, хмелевая горечь – 5, пенообразование – 5 (в сумме 25 баллов).

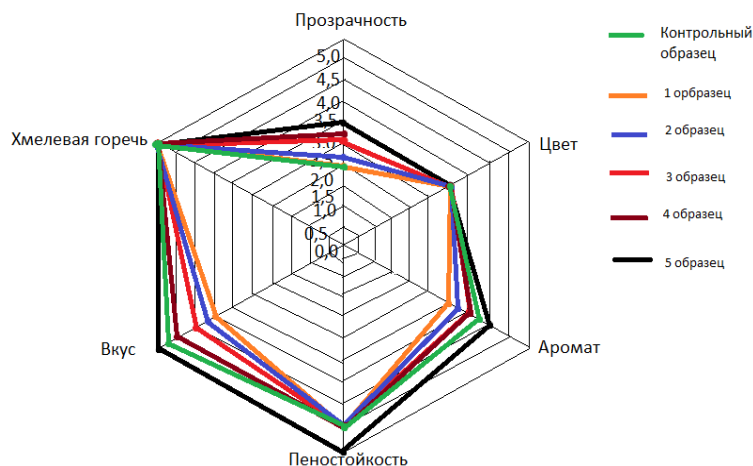


Рис. 1. Диаграмма профиля органолептической оценки образцов пива

Результаты исследований

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что внесение водного экстракта от 1-5 %, приводит к увеличению:

- объемной доли спирта (3-й вариант),
- экстрактивности начального суслу.

При этом, такие показатели, как действительная и видимая степень сбраживания остались на уровне контроля.

Изученные варианты, в отличие от контроля, имели: большую высоту пены и, соответственно, более высокую пеностойкость; отличались более гармоничным вкусом с мягкой хмелевой горечью (в варианте № 5 ощущался ореховый привкус); цвет всех вариантов приобрел выраженный темно-золотистый оттенок; прозрачность с наивысшим баллом (3 балла) была выявлена у 5 образца; аромат опытных образцов был чистым свежим, с едва уловимым запахом цитрусовых.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальное соотношение, применения водного экстракта листьев амаранта в пивоварение, возможно в количестве 5 % .

Разработанная технология пивного напитка с применением водного экстракта листьев амаранта позволяет получить пиво с высокими органолептическими показателями, обогащенное антиоксидантными соединениями, витаминами и другими биологически активными веществами, а также расширить ассортимент пивной продукции.

Библиографический список:

1. Шмалько, Н.А. «Бессмертный» амарант / Н.А. Шмалько, Ю.Ф. Росляков // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2004. – № 1. – С. 71-73.
2. Newmark H.L. Squalene, olive oil, and cancer rise: a review and hypothesis // Cancer epidem. Biomark. Privent.1997. Vol.6.P. 1101-1103.
3. Cai Y., Sun M., Corke H. Antioxidant activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae // J. Agric. Food Chem. 2003. Vol.51. P. 2288-2294
4. Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растит. сырья. 2013. № 2. С.5-14.
5. Патент 2170096 РФ. Антиоксидант / В.К. Гинс, П.Ф. Кононков; В.Ф. Пивоваров, М.С. Гинс, Ф.П. Кононков ; Заявл. 22.04.98. Оpubл. 27.10.99.
6. Уажанова Р.У., Оспанов А., Казбекова А. Физико-химическая характеристика экстрактов из растений семейства амарантовых // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 81-86.
7. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 416 с.
8. Колеснов А.Ю. Биохимические системы в оценке качества продуктов питания (ферментативный анализ). – М.: Пищевая промышленность, 2000. – 416 с.

УДК 54.03

БИОКОРРОЗИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Л.А. Дергунова

Студентка гр.МТМбд-21

Ульяновский государственный технический университет

432027, г.Ульяновск, ул.Северный Венец, 32

e-mail: dergunova.lyuba@inbox.ru

Е.Е. Самаркина

Студентка гр. МТМбд-21

Ульяновский государственный технический университет

432027, г.Ульяновск, ул.Северный Венец, 32

e-mail: caterina.samarkina@yandex.ru

Е.С. Ваганова

Доцент кафедры «ХТКМ»

Ульяновский государственный технический университет

432027, г.Ульяновск, ул.Северный Венец, 32

e-mail: katrin_sv@bk.ru

АННОТАЦИЯ: Биологическая коррозия – является распространенным видом разрушения многих материалов. Наибольшую опасность данный вид

повреждений представляет для тех отраслей промышленности, где используются подземные конструкции. Первые догадки о том, что на коррозию влияют микроорганизмы, были сделаны в XIX веке. В данной статье рассмотрены виды коррозии, её причины и способы устранения.

Ключевые слова: биокоррозия, бактерии, микроорганизмы, коррозия, биоповреждения.

BIOCORROSION AND METHODS OF ITS PREVENTION

L.A. Dergunova

Student

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32

e-mail: dergunova.lyuba@inbox.ru

E.E. Samarkina

Student

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32

e-mail: caterina.samarkina@yandex.ru

E.S. Vaganova

Assistant professor

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32

e-mail: katrin_sv@bk.ru

ABSTRACT: Biological corrosion is a fairly common type of destruction of many materials. This type of damage is considered the most common problem in the industry that uses underground structures. The first guesses that corrosion is affected by microorganisms were made in the XIX century. In this article, we consider the types of corrosion, its causes and ways to eliminate it.

Key words: biocorrosion, bacteria, microorganisms, corrosion, bio-damage.

Материалы, созданные человеком после их внедрения в различные области народного хозяйства, включаются в биосферный круговорот веществ. В процессе эксплуатации материалы и изделия подвергаются воздействию различных факторов среды, которые приводят к потере свойств, частичному, либо полному разрушению (коррозии) [2]. Коррозия является физико-химическим процессом и подвергается влиянию многих факторов. Коррозионные процессы разрушения материалов, вызванные воздействием микроорганизмов называются биокоррозией (биологической коррозией). Биокоррозия представляет собой естественную реакцию окружающей среды на материалы, которые создает или использует человек.

Биокоррозию можно рассматривать, как самостоятельный вид разрушения, однако, чаще всего данный процесс протекает параллельно с

другими видами коррозии: почвенной (грунтовой), морской, атмосферной, коррозией в неэлектролитах и водных растворах. Разрушение вызывается присутствием в среде микроорганизмов. Все микроорганизмы можно разделить на две группы аэробные (для развития необходим кислород) и анаэробные (для чьей жизнедеятельности кислород не нужен). Самыми опасными аэробными микроорганизмами являются серо- и железобактерии, обитающие в почве. В исследованиях [1] установлено, что на поверхности с высоким содержанием железобактерий наблюдается образование нерастворимых соединений железа, которые усиливают гетерогенность среды, что приводит к увеличению скорости почвенной коррозии. Следует отметить, что в результате снижения содержания кислорода микроорганизмами и повышению содержания $\text{Fe}(\text{OH})_3$ происходит увеличение разности потенциалов между катодными и анодными участками поверхности и усилению разрушению материала.

Следует отметить, что бактериальная коррозия провоцируется интенсивным размножением главным образом аэробных бактерий. Разрушение материалов протекает в различных условиях: pH среды может изменяться в широком диапазоне от 1 до 10,5, температура протекания процесса варьируется от 6 до 40°C при наличии сопутствующих органических или неорганических веществ, содержащих кислород, углерод, водород, железо, азот, калий, серу и т.д.

Частным видом биоразрушающего воздействия на материалы является микологическая коррозия, провоцируемая различными видами плесневых грибов. Следует отметить, что объем разрушаемых материалов грибами, больше объема материалов, разрушенных бактериями. Основными представителями грибов, вызывающих биокоррозию в различных климатических зонах, являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* и др.

Микологическая коррозия имеет ряд особенностей. Грибы являются гетеротрофами, поэтому для развития им необходим готовый углерод. Сначала грибы попадают на поверхности с органическими веществами, с которыми контактирует металл, затем по мере роста мицеллия, начинается разрушение всей поверхности (включая и те участки, где отсутствуют органические вещества), и начинается вторичный процесс коррозии, вызванный метаболитами грибов (кислотами и ферментами) [3].

Вопросы коррозии материалов и оборудования имеют огромное значение во всех **отраслях народного хозяйства**, поскольку ущерб может достигать 10% ВВП. В связи с этим встает вопрос о защите от разрушения материалов.

Коррозию можно предотвратить, если вовремя совершить профилактические действия, сводящие потенциальную угрозу к минимуму. Выбор таких действий зависит от материала, его свойств, а так же

свойств окружающей среды. Защищать поверхности от биокоррозии можно путём применения покрытий, которые устойчивы против атмосферной коррозии, которые являются ядами для микроорганизмов или продукты окисления которых являются биоцидами; снижением шероховатости и очисткой от загрязнений поверхности металлов; использованием в растворах, которые предназначены для нанесения металлических и конверсионных покрытий биоцидных веществ; удалением из растворов веществ, адсорбирующихся на поверхностях и в порах покрытия и служащих питательной средой для микроорганизмов; путём физического ограждения поверхности металла от агрессивной среды (нанесение металлического покрытия (например, цинкование), и неметаллических составов (например, полимерные покрытия). Часто для предотвращения распространения микроорганизмов на пористых металлах (как, например, бетон) применяют специальные пропитки [4].

Следует отметить, что биокоррозия - это сложный процесс, механизм которого до сих пор не до конца ясен и нуждается в тщательном изучении. Это позволит создавать более эффективные антикоррозионные средства и разрабатывать новые методы борьбы с ней.

Библиографический список:

1. Букреева В.Ю., Трубицын И.В., Дубинина Г.А., Грабович М.Ю., Епринцев А.Т. Биологическая активность ассоциатов железобактерий при лабораторном моделировании песчаных фильтров в зависимости от условий внешней среды// Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 1. С. 75-79.

2. Хайруллова Р.М., Чиркина А.С., Ваганова Е.С. Биологические полимеры //Актуальные проблемы техносферной безопасности: II Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей (Россия, г Ульяновск , 20 мая 2020 г.): сборник научных трудов / под ред. Е.Н. Ерофеевой. [Электронный ресурс]: - Ульяновск: УлГТУ, 2020. – С 86-90.

3. Заикина Н.А.,Дуганова Н.В. Образование органических кислот грибами, выделенными с образцов, пораженных биокоррозией.// Микология и фитопатология. Т.9, №4. 1975. с.303.

4. Н. Н. Колесникова, Ю. К. Луканина, А. В. Хватов, А. Н. Лихачев, А. А. Попов, Г. Е. Заиков, Х. С. Абзальдинов. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее// Вестник Казанского технологического университета. Том 16, №1, 2013. – С 170-174.

УДК 579.66

**БИОКОНВЕРСИЯ ОПИЛОК БАЗИДИАЛЬНЫМ ГРИБОМ
РОДА *TRAMETES***

С.С. Шашкина

магистрант гр.БПм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

В.А. Чхенкели

Ведущий научный сотрудник, д.б.н., доцент
Иркутский государственный университет
664003, г.Иркутск, ул. Ленина,3

С.Н. Евстафьев

д.х.н, профессор

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ. В работе представлены результаты исследования возможности применения базидиального гриба *Trametes pubescens* в качестве продуцента для биоконверсии лигноцеллюлозных отходов. Твердофазное культивирование осуществляли в течение 45 суток. Процесс биоконверсии сопровождался снижением содержания целлюлозы и лигнина. Также, отмечали прирост биомассы продуцента. Содержание общего белка увеличилось на 15 % по сравнению с контролем. Полученные данные подтверждают возможность применения выбранного продуцента для биоконверсии опилок с последующим использованием полученной биомассы.

Ключевые слова: базидиомицеты, биоконверсия, твердофазное культивирование.

**BIOCONVERSION OF SAWDUST BY BASIDIOMYCETE
OF THE GENUS *TRAMETES***

S.S. Shashkina

Master student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

V.A. Chkhenkeli

Dr. Sci (Biology), Leading researcher, Associate , Professor
Irkutsk State University

S.N. Evstaf'ev

Dr. Sci. (Chemistry), Professor
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: This paper presents the results of investigating the possi-

bility of using basidiomycete *Trametes pubescens* as a producer for bioconversion of lignocellulotic waste. Solid-state cultivation was carried out for 45 days. Bioconversion process followed by a decrease in cellulose and lignin content. Also, an increase in producer biomass was noticed. The protein content increased by 15 % compared to the control sample. The results of investigation confirmed the possibility of using this producer for bioconversion of a sawdust and further usage of biomass.

Keywords: basidiomycetes, bioconversion, solid-state cultivation.

Активная деятельность заводов деревоперерабатывающей промышленности обуславливает ежегодный прирост одного из основных отходов – опилок. Эти крупнотоннажные залежи являются серьезной экологической угрозой. В настоящее время, одна из актуальных задач биотехнологии – поиск путей переработки этих отходов с получением ценных продуктов. Биоконверсия происходит под воздействием мультиферментного комплекса базидиальных дереворазрушающих грибов. Процесс зависит от множества факторов. Для продуцента это биологические особенности штамма и условия культивирования, для субстрата – состав и способ предварительной обработки.

Цель работы: изучить возможность применения гриба-ксилотрофа рода *Trametes* в качестве продуцента для биоконверсии лигноцеллюлозных отходов и получения ценных продуктов на основе биомассы.

В качестве продуцента использовался гриб-ксилотроф *Trametes pubescens* (Shumach. : Fr.) Pilat штамм 0663 (Рисунок 1) из коллекции базидиальных грибов лаборатории биохимии грибов Ботанического института им. В.Л.Комарова РАН (г.Санкт-Петербург).



Рисунок 1. Траметес пушистый (*Trametes pubescens*)

Исследуемый гриб относится к отделу Basidiomycota, подотделу Agaricomycotina, классу Agaricomycetes, порядку Polyporales, семейству Polyporaceae. *T. pubescens* имеет половинчатые, сидячие плодовые тела.

Верхняя поверхность бархатистая либо мохнато-сухая, легкая. Входит в группу грибов, вызывающих белую коррозионную гниль древесины. Представители этой группы, обладают способностью к продуцированию целлюлозолитических и лигнолитических ферментов [1].

Гриб культивировали и хранили на плотной питательной среде Сабуро (ООО «Биотехновация») с добавлением микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) в течение 10 сут при температуре 28-30°C. Затем осуществляли культивирование на жидкой питательной среде [2], pH 6±0,2, в течение 5 сут при температуре 28-30°C и постоянном перемешивании на шейкере Elmi (120 rpm). Для твердофазного культивирования на опилках продуцент вносили в количестве 10 % от массы субстрата. Эксперимент проводили в течение 45 сут при температуре 28-30°C. Влажность субстрата 60-65 %.

Содержание общего белка определяли по методу Кьельдаля [3]. Определение аминокислотного состава белка биомассы с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105М» на базе Иркутской межобластной ветеринарной лаборатории (отдел биохимии и токсикологии). Условия анализа: длина волны 190-200 нм, пневматический ввод пробы (давление 30 мбар, время 15 сек), напряжение плюс 20 кВ, время 17 мин.

В качестве сырья для биоконверсии использовались сосновые опилки. Компонентный состав опилок, % на абсолютно сухую массу: целлюлоза – 50,9; лигнин – 25,9; экстрактивные вещества – 5,8. Влажность – 7,78 %, зольность – 0,48 %.

Отбор проб производили на 10, 15, 24 и 45 сут культивирования. В пробах определяли целлюлозу, лигнин и белок. Динамика изменения компонентного состава биомассы приведена на Рисунке 3.

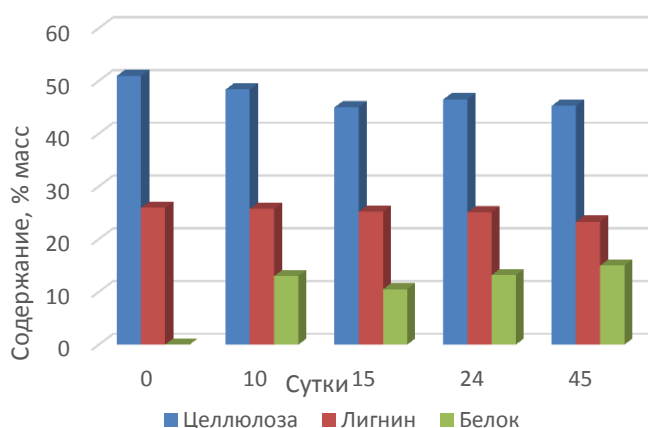


Рисунок. Компонентный состав биомассы

Установлено, что в процессе биоконверсии содержание целлюлозы снизилось на 5,6% и составило 45,3 %, содержание лигнина уменьшилось с

26 % до 23,3%. Процесс сопровождался увеличением содержания общего белка и в утилизируемом субстрате его содержание составило 15 %. По результатам аминокислотного анализа был идентифицирован ряд аминокислот аспарагиновой группы (Таблица 1).

Таблица 1

Аминокислотный состав белка биомассы, %

Аминокислота	Продолжительность культивирования, сут	
	10	31
Лизин	-	2,30±0,77
Треонин	0,22±0,09	6,30±1,91
Цистин	0,25±0,11	0,21±0,09
Метионин	0,44±0,21	-

Введение кормовых добавок в рацион животных и птиц обусловлено дефицитом содержания важных компонентов, одним из которых является белок. Большое значение имеет аминокислотный состав белка. Сбалансированное питание предполагает удовлетворение потребности в незаменимых аминокислотах [4]. В составе исследуемого белка были идентифицированы треонин, метионин и лизин. В рационе животных, как правило, наблюдается дефицит содержания лизина. Это одна из важнейших лимитирующих аминокислот. В составе белка после 31 суток культивирования его содержание составило 2,3 %. Также отмечено значительное увеличение содержания треонина – с 0,22 до 6,30 %.

Установлено, что в процессе культивирования гриба *T.pubescens* на выбранном субстрате происходит уменьшение содержания целлюлозы и лигнина, а также наблюдается прирост содержания белка. В составе полученного белка присутствуют аминокислоты, состав и содержание которых делает возможным применение утилизируемого субстрата в качестве кормовой добавки после проведения токсикологических исследований.

Библиографический список:

1. Чхенкели В.А. Препараты последнего поколения на основе грибов-ксилотрофов рода *Trametes*: обнаруженные эффекты, механизмы действия и применение. Монография / В.А.Чхенкели. – М.: Изд-во «Перо», 2014. – 256 с.
2. Чхенкели В.А, Пат.№ 2545986, Российская Федерация. Препарат траметин для лечения желудочно-кишечных болезней телят и способ его применения / В.А. Чхенкели, С. В. Юденич, Н.А. Шкиль, Г.Д. Чхенкели, Е.Д. Романова // Заявитель и патентообладатель Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Россельхозакадемии; № 2013139184/15; заявл. 22.08.2013; опубл. 10.04.2015. Бюл. № 10.
3. Ивановская А.М. Количественный анализ лекарственных средств органической природы: учебно-методическое пособие для студентов фармацев-

тического факультета / А.М. Ивановская, А.В. Воронин, А.Н. Серякова // Самара: Издательство «ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава РФ», 2018. – 88 с.

4. Леконцева И.В. Древесная зелень пихта как субстрат для биоконверсии базидиальных грибов / И.В.Леконцева, О.О.Мамаева, Е.В.Исаева // Хвойные бореальной зоны. 2019. №3-4. С. 265-270.

УДК 663.44

**НАПИТКИ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ
НА ОСНОВЕ ЯЧМЕННОГО СОЛОДА
С ДОБАВЛЕНИЕМ ЭКСТРАКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

В.М. Харченко

Студент гр. БПм-19-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: slavvv2015@mail.ru

Е.А. Привалова

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: epriv@istu.edu

Н.П. Тигунцева

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: tignadezhda@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: С целью удовлетворения суточной потребности человека в аминокислотах и микроэлементах разработана рецептура и технология приготовления напитка с повышенной пищевой ценностью. Основное сырье – ячменный солод, дополнительные виды сырья: вода, соки брусники и черной смородины, перечная мята, пивоваренные дрожжи. Получены напитки, обладающие повышенным содержанием аминокислот, имеющие характерный вкус и аромат вносимого сырья. В дальнейшем планируется улучшение органолептики напитков путем увеличения сладости.

Ключевые слова: Ячмень, солод, напиток, аминокислота, брусника, смородина, мята.

INCREASED NUTRITIONAL VALUE BEVERAGES BASED ON BARLEY MALT AND EXTRACTS OF RAW MATERIALS

V.M. Kharchenko

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: slavvv2015@mail.ru

E.A. Privalova

Associate professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: epriv@istu.edu

N.P. Tiguntseva

Associate professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: tignadezhda@yandex.ru

ABSTRACT: To satisfy the daily human need for amino acids and microelements the new increased nutrition value beverages were obtained. The recipe and production technology were tested. The main raw material was barley malt, additional raw materials were: water, lingonberry and black currant juices, peppermint, yeast. The obtained drinks have a high content of amino acids and have specific taste and aroma of the introduced raw materials. The organoleptic properties of beverages can be improved by enhancing the sweetness.

Keywords: Barley, malt, beverages, amino acid, lingonberry, currant, mint.

В настоящее время среди населения возрастает популярность пивобезалкогольной продукции, обогащенной экстрактами растительного сырья. Ассортимент включает в себя различные сокодержущие напитки, такие как: морсы, газированные напитки, комбинированные напитки с использованием продуктов животного и растительного происхождения, слабоалкогольные и безалкогольные напитки на основе ячменного и пшеничного солодов. Это связано с популяризацией движения «ЗОЖ» и ухудшением экологической обстановки в ряде крупных населенных пунктов. В связи с вышеизложенным, актуальным является вопрос разработки новых продуктов питания функционального назначения и повышенной пищевой ценности.

В рационе питания современного городского жителя недостаточно белка, витаминов, микроэлементов, некоторые из которых имеют большое значение для сохранения и укрепления здоровья [1]. Для восполнения дефицита микро- и макроэлементов в данной работе была предпринята по-

пытка создания рецептуры безалкогольного напитка, обогащенного экстрактами растительного сырья.

Источником аминокислот и микроэлементов может служить ячменный солод. Дополнительные витамины и вкусоароматические компоненты содержатся в плодово-ягодном и эфирно-масличном сырье.

В качестве основного сырья был использован ячменный солод, богатый крахмалом и белком, которые в процессе затирания расщепляются соответственно на легко усваиваемые сахара, придающие сладкий вкус напитку, и аминокислоты, повышающие его пищевую ценность. По данным [2], аминокислотный состав солода позволяет частично удовлетворить потребность организма в незаменимых аминокислотах (таблица 1). Солод был любезно предоставлен ООО «Объединенные пивоварни Хейнекен. Пивоварня Хейнекен Байкал».

Таблица 1

Содержание незаменимых аминокислот в ячменном солоде

Аминокислота	Содержание в 100 г солода, г	Содержание в 100 г эталонного белка, г [3]	Аминокислотный скор	% от рекомендуемого суточного потребления
Валин	0,5	5	0,97	26
Изолейцин	0,36	4	0,88	24
Лейцин	0,75	7	1,04	23
Метионин	0,45	3,5	1,25	30
+Цистеин				
Треонин	0,41	4	0,99	26
Триптофан	0,13	1	1,26	33
Фенилаланин	0,20	6	0,32	20
+тирозин				

В качестве дополнительных вкусоароматических компонентов были выбраны брусника, черная смородина и перечная мята, произрастающие в Иркутской области. Брусника и черная смородина были приобретены в ООО «Дикая Сибирь», мята перечная – в ООО «Шалфей». Для сбраживания использовали бельгийские дрожжи “Saflager”, расы W-34/70, приобретенные в ООО «Добрые традиции».

Из свежих ягод брусники и черной смородины методом прессования были получены соки, характеристика которых представлена в таблице 2. Содержание сухих веществ и титруемых кислот в соках было определено по стандартным методикам [4].

Таблица 2

Результаты исследования соков из ягод брусники и черной смородины

Показатель	Сок из ягод	
	брусники	черной смородины
Содержание сухих веществ, %	9,5	22,4

Кислотность, мл 1 н NaOH/100 мл сока	5,0	6,25
--------------------------------------	-----	------

Технология приготовления напитка включала следующие стадии: измельчение и затирание солода, отделение солодовой дробины, кипячение сусла, сбраживание и выдержка. Затирание проводили настойным методом [5], при этом выдерживались следующие паузы для действия ферментов: цитолитическая 20 мин, белковая 40 мин, мальтозная 20 мин, осахаривание – до положительной йодной пробы. Белковая пауза была увеличена с целью углубления степени гидролиза белка и повышения содержания аминокислот в сусле.

Сусло отделяли от дробины центрифугированием, кипячение сусла проводили в течение 1 ч с добавлением высушенной измельченной травы мяты перечной в количестве 2,5 г/л. Осадок скоагулировавших белков отделяли центрифугированием. Далее полученное сусло охлаждали и разделили на две части, в одну из которых были добавлены соки ягод брусники и черной смородины в количестве 10% от объема сусла, после чего вносили предварительно разброженные дрожжи в количестве 1,12 г/л.

Главное брожение проводили в течение 2 дней при температуре 20°C с целью недопущения образования значительных количеств этилового спирта. Брожение останавливали путем резкого охлаждения молодого пива до 5°C. На данном этапе в молодое пиво, полученное без использования сквов на стадии главного брожения, вносили 10% сока брусники и черной смородины.

Таким образом, было получено всего четыре образца молодого пива, в два из которых соки были внесены на стадии главного брожения, а в два других – на стадии дображивания. Дображивание молодого пива проводили при температуре 5°C в течение 2 недель.

Полученное сусло и готовые напитки были исследованы стандартными методами, принятыми в отрасли [6]. Содержание спирта в напитках определяли методом ГХ-МС с применением газового хроматографа 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies» при следующих условиях: энергия ионизации – 70 эВ; температура сепаратора – 280 °С, ионного источника – 230 °С, кварцевая колонка 30000 x 0,25 мм со стационарной фазой (95% диметил-5% дифенилполисилоксан); температура колонки 50 °С.

Результаты исследования сусла и полученных из него напитков приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3

Характеристика сусла

Показатель	Значение
Относительная плотность	1,0695
Содержание сахара, %	14,7

Продолжение таблицы

Цветность, мл I ₂ на 100 мл дистиллированной воды	3,25
Экстрактивность, %	16,9
Содержание аминного азота, мг/100 мл	586,3

Данные таблицы свидетельствуют о том, что полученное сусло имело повышенную экстрактивность, содержало значительное количество сбраживаемых сахаров и аминного азота.

Готовые напитки, в которые сок вносился на стадии дображивания, обладали ярко выраженной окраской, характерной для использованного сока брусники и черной смородины, а напитки, в которые сок вносился на стадии главного брожения, имели соломенно-желтую окраску. В аромате всех напитков отмечены яркие ноты перечной мяты, а в напитках, где сок вносился на стадии дображивания, наблюдался узнаваемый аромат брусники и черной смородины. Вкус напитков напоминал квас с винным привкусом.

Таблица 4

Характеристика полученных напитков

Показатель	Напиток с добавлением сока			
	брусники		черной смородины	
	1*	2**	3*	4**
Содержание спирта, % об.	1,2	2,0	1,1	1,0
Содержание аминного азота, мг/100 мл	525,0	647,5	472,5	726,3
Видимое содержание сухих веществ, %	9	7	10	11
Относительная плотность	1,026	1,0158	1,024	1,0315
Видимый экстракт, %	6,572	4,027	6,077	7,926
Видимая степень сбраживания, %	46,7	58,6	40,8	34,9

*соки внесены на стадии главного брожения;

**соки внесены на стадии дображивания

Как видно из данных таблицы 4, полученные напитки имели сравнительно низкую видимую степень сбраживания, что связано с укороченным сроком главного брожения, а также с внесением дополнительных количеств экстрактивных веществ с соком. Соответственно, содержание спирта в напитках значительно ниже, чем в пиве по ГОСТ 31711-2012, но недостаточно низкое для того, чтобы классифицировать напитки как безалкогольные. Напитки содержали значительные количества аминного азота, что позволяет их отнести к группе напитков с повышенной пищевой ценностью. Причем в напитках 2 и 4 было отмечено более высокое содержание аминного азота, чем в исходном сусле. Вероятно, это связано с тем, что с ягодным сырьем были внесены дополнительные

аминокислоты [7], которые в процессе дображивания не были ассимилированы дрожжами.

Сравнение основных показателей качества в приготовленных напитках с напитками, произведенными в ООО «Пивоваренная компания Балтика» (таблица 5), показало, что содержание аминного азота в разработанных нами напитках существенно выше, чем в напитках, приготовленных по классической технологии пива.

Таблица 5

Характеристика коммерческих напитков

Показатель	S&R's Garage Hard Lingonberry	Amstel 0.0 Natur Lime
Видимое содержание сухих веществ, %	8	7,5
Относительная плотность	1,0276	1,0187
Видимая экстрактивность, %	6,967	4,755
Содержание аминного азота, мг/100 мл	341,25	437,5
Содержание спирта (по данным производителя), % об.	4,6	Менее 0,5

Таким образом, в результате проведенной работы разработаны рецептуры и технология приготовления напитков на основе ячменного солода с добавлением экстрактов растительного сырья, которые могут быть отнесены к группе напитков с повышенной пищевой ценностью. Для получения данных напитков следует увеличить время белковой паузы, что будет способствовать максимально полному протеканию процесса гидролиза белка до аминокислот. С целью снижения содержания спирта в напитках необходимо принимать меры по недопущению его образования путем дальнейшего сокращения сроков главного брожения и снижения температуры главного брожения и дображивания.

Библиографический список:

1. Березнев С.В. Оценка уровня удовлетворения физиологических потребностей населения в продуктах питания/ С.В. Березнев, Н.В. Кудреватых // Региональная экономика: Теория и практика. – 2011. - № 1. – С. 54 – 62.
2. USDA National Nutrient Database for Standard Reference [Электронный ресурс]. – офиц. База. – Режим доступа: <https://fdc.nal.usda.gov/> (19.11.2020).
3. WHO/FAO/UNU (2007) Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, World Health Organization Technical Report Series 935. WHO, Geneva.

4. Привалова Е.А. Технология бродильных производств: Учеб. пособие / Е.А. Привалова – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 62 с.

5. Кунце В. Технология солода и пива. / В. Кунце; пер. с нем. Г.В. Даркова, В.А. Калашникова, А.М. Калашниковой, А.А. Куреленкова, Л.А. Шумаковой. – СПб.: Профессия, 2001. – 912 с.

6. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г.А. Ермолаева. – СПб.: Профессия, 2004. -536 с.

7. Лютикова М.Н. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы / М.Н. Лютикова, Э.Х. Ботиров // Химия растительного сырья. -2015. - № 2. – С. 5 – 27.

УДК 547.024

ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АЦЕТОНА В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.С. Шашкина

магистрант гр.БПм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.С. Фомина

к.х.н., доцент,

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Н.П. Тигунцева

к.х.н., доцент,

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

С.Н. Евстафьев

д.х.н., профессор

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: esn@istu.edu

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты исследования химических превращений ацетона в суб- и сверхкритических условиях в диапазоне температур 200-300 °С. Установлено, что ацетон при температурах выше 200 °С является источником свободных радикалов. Основным процессом при термообработке смеси толуола и ацетона являются реакции алкилирования с образованием алкилбензолов с преобладающим выходом ксилолов. Наряду с радикальными превращениями ацетон участвует в реакциях нук-

леофильного присоединения. Доля продуктов, полученных в результате этих реакций, при температурах выше 230 °С является преобладающей.

Ключевые слова: суб- и сверхкритические условия, свободные радикалы, ацетон, алкилирование, радикальные превращения, толуольный метод.

CHEMICAL TRANSFORMATIONS OF ACETONE UNDER SUB- AND SUPERCRITICAL CONDITIONS

S.S. Shashkina

Master student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.S. Fomina

Cand. Sci (Chemistry), Associate professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

N.P. Tiguntseva

Cand. Sci (Chemistry), Associate professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

S.N. Evstaf'ev

Dr. Sci. (Chemistry), Professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: esn@istu.edu

ABSTRACT. The paper presents the results of investigation of chemical transformations of acetone under sub- and supercritical conditions in the temperature range 200-300 °С. It was found that acetone acts as a source of free radicals at temperatures above 200 °С. The main process during the heat-treatment of toluene\acetone mixture is alkylation which cause the formation of alkylbenzenes predominantly xylols. Acetone participated in nucleophilic addition reactions as well as radical transformations. The content of the products resulting from these reactions is prevail at temperatures above 230 °С.

Keywords: sub- and supercritical conditions, free radicals, acetone, alkylating, radical transformations, toluene method.

Изучению механизма процесса сжижения биомассы растительного сырья с использованием органических растворителей в суб-и сверхкритических условиях уделяется большое внимание во многих странах [1]. Общеизвестно, что многие растворители в условиях процесса являются не только экстрагентами, но и реагентами. В частности, могут быть источниками свободных радикалов. Уточнение механизмов этих превращений

должно привести к лучшему пониманию процесса преобразования биомассы растительного сырья.

Одним из наиболее используемых растворителей является ацетон [2]. Термическое и фотохимическое разложение его являются классическим примером реакций с участием свободных радикалов. Однако механизм термических превращений ацетона в газовой фазе может отличаться от превращений его во флюидной среде. Применительно к условиям суб- и сверхкритической обработки лигноцеллюлозного сырья ни механизм процесса, ни состав продуктов, образующихся с участием ацетона, детально не исследован. Поэтому целью работы являлось изучение химических превращений ацетона в суб- и сверхкритических условиях.

Для обнаружения в реакционной среде свободных радикалов использован толуольный метод Шварца [3]. Метод основан на образовании при взаимодействии толуола со свободными радикалами стабильного бензильного радикала, не способного инициировать радикальный разрыв связей. Для него предпочтительнее реакции рекомбинации с присутствующими в реакционной среде радикалами с образованием различных соединений, в том числе, продукта димеризации – дибензила.

Эксперимент выполнен в автоклаве объемом 8 см³, изготовленном из нержавеющей стали, при температурах 200, 230, 250, 280, 300 °С. В автоклав заливали 1 см³ толуола (ч.д.а.) и 7 см³ ацетона. После загрузки смеси автоклав герметично закрывали, встряхивали и помещали в предварительно нагретую керамическую печь. Скорость нагрева 20°С/мин, охлаждения – 50°С/мин. Продолжительность обработки 10 мин.

После охлаждения автоклава состав смеси анализировали на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies» с использованием кварцевой колонки 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил - 5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа: подъем температуры с 50 до 200°С со скоростью 10 °С/мин, выдержка в течение 10 мин при температуре 200°С. Идентификацию соединений осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST 11». Относительное содержание идентифицированных соединений вычисляли по площадям пиков без корректирующих коэффициентов чувствительности.

Критические параметры ацетона: $T_{кр} = 235^{\circ}\text{C}$, $P_{кр} = 4,8 \text{ МПа}$ [4].

Согласно полученным данным (таблица), в рассматриваемом интервале температур химические превращения компонентов смеси протекают с различной интенсивностью. В интервале 200-230°С преобладают реакции алкилирования толуола, а при температурах выше 230°С – химические превращения ацетона.

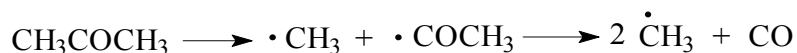
Таблица

Состав продуктов термообработки смеси толуола и ацетона, % отн. на сумму идентифицированных соединений

Продукты обработки	Температура, °С				
	200	230	250	280	300
Толуол	81,8	72,4	64,1	58,4	56,6
Продукты превращения толуола:	11,9	14,5	13,6	12,4	13,0
этилбензол	0,9	1,0	0,6	0,6	0,7
ксилолы	9,8	9,6	7,0	7,1	6,6
триметилбензолы	1,0	1,5	1,3	0,9	2,0
бензальдегид	–	1,3	1,7	1,3	1,2
бензиловый спирт	0,2	0,8	2,5	1,9	1,3
дибензил	–	0,2	0,3	0,2	0,3
4-фенил-3-бутен-2-он	–	0,1	0,1	0,2	0,6
4-фенил-2-бутанон	–	–	0,1	0,2	0,3
Продукты превращения ацетона:	5,7	13,2	22,4	29,2	30,5
2,5-гександион	–	–	0,2	0,1	0,2
4-метил-3-пентен-2-он	5,7	4,9	7,9	15,8	20,5
4-гидрокси-4-метил-2-пентанон	–	8,0	14,0	12,7	8,8
2,6-диметил-2,5-гептадиен-4-он	–	0,3	0,3	0,6	1,0

Образование дибензила наблюдается при 230°C, но, согласно составу продуктов термообработки, радикальные превращения компонентов смеси, происходят, вероятно, уже при 200°C. При этом основными продуктами превращения являются *o*- и *n*-ксилолы. В меньших количествах присутствуют этилбензол и триметилбензолы. С повышением температуры обработки выход продуктов метилирования толуола возрастает с сохранением доминирующего содержания ксилолов. Поскольку образование этих соединений в условиях эксперимента возможно лишь при рекомбинации бензильного и метильного радикалов, то для объяснения состава полученных продуктов может быть предложен следующий механизм процесса.

Начальная стадия радикальных превращений ацетона включает гомолиз С-С- и С-Н-связей. В результате гомолиза С-С-связей в реакционную среду поступают метильный и ацетильный радикалы:



Так как продукты превращения с участием ацетильного радикала не обнаружены, то, вероятно, в условиях эксперимента он полностью диссоциирует на метильный радикал и оксид углерода (II).

При рекомбинации метильного радикала и резонансных структур бензильного радикала происходит образование *o*- и *n*-ксилолов, этилбензола и триметилбензолов.

Появление в реакционной среде ацетонильного радикала возможно в результате гомолиза С–Н-связи при термическом воздействии, либо при взаимодействии метильного радикала с молекулой ацетона. Последующие его превращения сопровождаются образованием 2,5-гександиона и 4-фенил-2-бутанона.

Присутствие в составе продуктов обработки бензальдегида и бензилового спирта может быть следствием окисления бензильного радикала кислородом воздуха, поскольку обработка смеси проводилась не в инертной среде.

Установлено, что в исследуемом интервале температур наряду с радикальными превращениями ацетон участвует в реакциях нуклеофильного присоединения. Доля продуктов, полученных в результате этих реакций при 230°C соизмерима с долей продуктов превращения толуола, а при 300°C превышает их содержание в 2,5 раза. Основными из них являются продукты альдольной и кротоновой конденсации двух молей ацетона – 4-гидрокси-4-метил-2-пентанон и 4-метил-3-пентен-2-он соответственно. В меньших количествах выделены продукты альдольной конденсации с последующей дегидратацией трех молей ацетона – 2,6-диметил-2,5-гептадиен-4-он, а также бензальдегида и ацетона – 4-фенил-3-бутен-2-он.

Библиографический список

1. Balan V., Kumar S., Bals B., Chundawat S., Jin M., Dale B. Biochemical and Thermochemical Conversion of Switchgrass to Biofuels // Switchgrass: Online, 2012. Pp. 153–185. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2903-5_7
2. Li W., Xie X., Sun J., Fan D. & Wei X. Investigation of cornstalk cellulose liquefaction in supercritical acetone by FT-TR and GC-MS methods // Green Chemistry Letters and Reviews. 2019. Vol. 12. Pp. 299–309. DOI: 10.1080/17518253.2019.1643928
3. Потехин В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. СПб., 2014. 896 с.
4. Mazaheri H., Lee K.T., Bhatia S., Mohamed A.R. Sub/supercritical liquefaction of oil palm fruit press fiber for the production of bio-oil: Effect of solvents // Bioresource Technology. 2010. Vol.101. Pp. 7641–7647. <https://doi:10.1016/j.biortech.2010.04.072>

УДК 663.41

**К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ СОРТА ПИВА С ДОБАВКАМИ
ЛЕКАРСТВЕННО-СЪЕДОБНЫХ ВЫСШИХ ГРИБОВ**

В.Н.Быков

Магистрант гр. БПм-19

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83
e-mail: bwn_17.12.1997@mail.ru

И.А.Мякина

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83
e-mail: miakina.irina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: В качестве добавки был выбран гриб шиитаке. Одним из главных действующих компонентов гриба шиитаке является полисахарид лентинан, который относится к β -D-1,3-глюканам. Этот полисахарид обладает иммуномодулирующими и антиоксидантными свойствами. Добавки гриба шиитаке вводили в молодое пиво на стадии дображивания. Концентрацию добавок изменяли от 0,5 до 5 г/дм³. Выявлена оптимальная концентрация гриба в пиве – от 0,5 до 1,5 г/дм³.

Ключевые слова: пиво, гриб шиитаке, полисахарид лентинан, иммуномодулятор, антиоксидант.

**ON THE DEVELOPMENT OF A BEER VARIETY WITH
ADDITIVES OF EDIBLE MEDICINAL MUSHROOMS**

V.N.Bikov

Magistrant

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: bwn_17.12.1997@mail.ru

I.A.Miakina

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: miakina.irina@yandex.ru

ABSTRACT: Shiitake mushroom was chosen as an additive. One of the main active components of the Shiitake mushroom is the polysaccharide lentinan, which belongs to β -D-1,3-glucans. This polysaccharide has immunomodulatory and antioxidant properties. Shiitake mushroom additives were introduced into young beer at the stage of additional fermentation. The concentration of ad-

ditives was changed from 0.5 to 5 g / dm³. The optimal concentration of the fungus in beer was revealed - from 0.5 to 1.5 g / dm³.

Keywords: beer, shiitake mushroom, leutinan polysaccharide, immune modulator, antioxidant

Пиво - популярный напиток, объемы производства которого постоянно растут.. Традиционное пиво содержит только четыре основных компонента: вода, солод, хмель и дрожжи. С целью придания ему новых органолептических характеристик в состав пива вводят дополнительные компоненты, как правило, растительного происхождения.

Известно пиво и способ его приготовления путем введения вкусовых добавок в виде экстрактов лекарственных трав: девясила, донника лекарственного и зверобоя продырявленного, а в качестве тонизирующей добавки - пантогематогена [1]. Этот способ направлен на коррекцию вкуса и повышение тонизирующего действия напитка. Применение добавок, предлагаемых в этом способе, направленно воздействует на защиту организма. Есть информация о пиве с гепатопротекторными свойствами и способ его производства путем введения в молодое пиво на стадии дображивания и в готовое пиво водно-спиртового раствора экстракта растения солянки хмелевой (фитопрепарат «Лохеин») [2]. Этот способ в основном направлен на снижение токсического воздействия на печень организма и способствует снятию определенных симптомов токсических проявлений. Из патента [3] известно нетоксичное пиво, обладающее лечебно-профилактическими свойствами при сохранении его органолептических характеристик. Этот способ предлагает внесение биомассы дрожжей с добавлением селенита натрия на этапе основного брожения. Предлагаются способы, при использовании которых перед розливом в готовое пиво добавляют нетоксичное соединение селена с антиоксидантными свойствами, вводят в качестве гепатопротектора раствор стандартного экстракта расторопши, а в качестве адаптогенов - экстракт элеутерококка в количествах, не изменяющих органолептические характеристики напитка. В известном техническом решении в готовый продукт вносят селеносодержащее органическое соединение, приготовленное путем предварительного смешивания в воде неорганического соединения селена и аскорбиновой кислоты в соотношении 1:2. В сусле перед сбраживанием вносят органическое соединение селена в количестве 5-40 мкг/л. Изобретение позволяет получить пиво с повышенной биологической ценностью [4].

Одним из перспективных источников биологически активных соединений для производства пива являются лекарственные и лекарственно-съедобные высшие грибы. Метаболиты этих грибов обладают антиоксидантной, бактерицидной, противовоспалительной, радиопротекторной, противовирусной, противоопухолевой, иммуностимулирующей, гепатопротекторной, гипогликемической, противоаллергической активностью.

Они могут служить адаптогенами для нормализации функционирования организма при повышенных физических, интеллектуальных и эмоциональных нагрузках. Опубликованы способы получения пива, содержащего экстракты из лекарственных и лекарственно-съедобных высших грибов. Способ предусматривает приготовление затора, его осахаривание, фильтрование, кипячение суслу с хмелем, осветление, охлаждение, брожение и дозревание пива. При этом на стадии брожения в состав суслу вводят грибной экстракт из лекарственно-съедобных грибов. Полученное грибное пиво содержит грибной экстракт в количествах, эквивалентных 0,5-5,0 г/л воздушно-сухого гриба. пива. Способ обеспечивает получение напитка, обладающего ароматом грибного экстракта, физиологически функциональными свойствами и увеличенным сроком хранения [5].

О лечебных свойствах лекарственных и лекарственно-съедобных высших грибов известно давно, традиция их применения для лечения и профилактики различных болезней сформировалась еще в древнейшие времена. Физиологически активные соединения грибов привлекали и привлекают внимание специалистов всего мира. Многие из них стали основой широкого спектра антибиотиков, другие - препаратов онкостатического, иммуномодулирующего действия. К концу XX - началу XXI веков были накоплены данные, показывающие, что грибы, благодаря большой гетерогенности физиолого-биохимических свойств, могут стать новыми перспективными продуцентами в биотехнологии. Повышенному интересу к грибам способствовали многочисленные исследования, показавшие, что эти организмы могут стать незаменимыми источниками для получения лекарственных препаратов, имеющих ранозаживляющую, противовирусную, иммуномодулирующую и, особенно, противоопухолевую активности. Именно на основании этих достижений к 90-м годам прошлого столетия была создана новая область медицины - фармацевтическая микология.

Отсутствие в рационе питания физиологически функциональных, незаменимых для человека соединений приводит к нарушениям обмена веществ и, как следствие, к тем или иным заболеваниям. Природные биополимеры высших грибов и, в частности, β -D-глюканы стали объектом исследований во всем мире благодаря своим противоопухолевым, иммуномодулирующим, противовирусным, противоаллергическим, сахароснижающим и другим ценным лечебным эффектам. Приоритет в этом направлении принадлежит восточной медицине (вьетнамской, китайской, японской), применяющей высшие базидиомицеты на протяжении многих веков. Сегодня уже доказано, что многие лекарственные и лекарственно-съедобные высшие грибы имеют противоопухолевые свойства. В частности, в Японии 30% всех лекарственных препаратов для лечения онкологических заболеваний - это препараты на основе целебных грибов. Лекарственные грибы включены Правительством Японии в программу «Здоров-

вье нации», как способствующие укреплению здоровья и увеличению продолжительности жизни людей [7].

В последнее время культивированию лечебных грибов уделяется наибольшее внимание. Это такие виды, как шиитаке - *Lentinus edodes*, грифола курчавая - *Griffola frondosa*, рейши - *Ganoderma lucidum*, вешенка легочная - *Pleurotus pulmonarius*, фламмулина бархатистоножковая - *Flammulina velutipes* и др.

Описан способ получения фракций полисахаридов, обладающих иммуномоделирующими свойствами из сухого порошка плодовых тел высших грибов. . Полисахаридную фракцию выделяли посредством двукратной обработки 100 г порошка в 350 мл кипящей дистиллированной воды в течение 3-х часов с последующей очисткой диализом и гель-фильтрацией. Выход целевого продукта составил 5,8 % от массы исходного сырья. Недостатком этой технологии является низкий выход полисахаридов, обусловленный неполным извлечением целевого продукта. Выход был увеличен применением линейного ускорителя электронов. Выявлено влияние дозы облучения на выход полисахаридов гриба вешенки. Достигнутый максимум составил 16%. [6]

Целью настоящего исследования является создание сорта пива с определенной направленностью биологической активности в зависимости от используемого при его приготовлении грибного экстракта из лекарственно-съедобного высшего гриба Шиитаке. Определить возможности управления органолептическими показателями готового продукта, сохраняя их характерными для традиционного пивоварения или придавая напитку новый оригинальный вкус и аромат грибного экстракта. Выявить условия, приводящие к увеличению сроков хранения готового продукта за счет грибных антиоксидантов и сохранению биологической активности грибных метаболитов в процессе приготовления пива.

В рамках проводимого исследования были поставлены следующие задачи:

1. Выбрать рецептуру пива на основе которого получить функциональный напиток с введением грибов Шиитаке на стадии дображивания.
2. Определить оптимальный вариант введения грибов (в сухом виде или водных экстрактов различной концентрации).
3. Исследование нормативных показателей получаемого пива в соответствии с общепринятыми требованиями.

Китайские грибы шиитаке – это представители древесных пластинчатых грибов. Шляпка коричневого окраса, тон меняется от светло-коричневого до темного. Мякоть белого цвета, пластинки тоже белые, мякоть ножки белая, жесткая. На вкус грибы напоминают шампиньоны. Из них делают суп, салаты жаренные блюда. Произрастает гриб в природных условиях на мертвой древесине деревьев. Другие названия — «черный

лесной гриб», «японский гриб». Название гриба образовывается от слова «Ши́и» – вид карликового каштана (*Castanopsis cuspidate*), а «таке» по-японски – гриб, получается «гриб, растущий на каштане». При этом дерево может быть необязательно каштаном, а, например, ольхой, клёном, грабом или дубом, шиитаке всё равно вырастет целебным. Современное латинское название гриба шиитаке - *Lentinula edodes*. Иногда встречается более старое латинское наименование *Lentinus edodes*

Гриб шиитаке содержит витамины (А, D, С, группы В), полезные микроэлементы, аминокислоты, жирные кислоты и полисахариды. В составе этих грибов обнаружили даже коэнзим Q10. В грибах шиитаке открыт полисахарид лентинан, который способен бороться с раковыми клетками, а также фитонциды, которые помогают противостоять вирусным заболеваниям.

Биологическая активность (иммуномодулирующее и противовирусное действие) порошка и экстракта гриба шиитаке преимущественно связана с наличием в его составе полисахаридов, ведущим из которых является лентинан, относящийся к группе модификаторов биологического ответа. Аналогичным действием обладают и другие полисахариды, входящие в состав шиитаке: эмитанин и KS-2. Полисахариды шиитаке действуют путем нормализации и активизации иммунных процессов. В составе грибов содержатся аминокислоты, в том числе, незаменимые (лейцин, изолейцин, лизин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, валин). Также шиитаке повышает противовирусную защиту организма за счёт грибных фитонцидов, что помогает при любых вирусных инфекциях.

Шиитаке экстракт. Органолептические признаки: аморфный порошок, бежево-коричневого цвета, специфического запаха, растворимый в воде и спирте [7,8]. В состав экстракта входят: β -глюкан (лентинан) - 17%; аминокислоты - 15%; полифенольный комплекс; растительные стеролы; ванилин; витамины В1, В2, α -токоферол, β -каротин; терпены. Одним из главных действующих компонентов экстракта шиитаке является полисахарид *лентинан*. Впервые лентинан был экстрагирован из шиитаке и изучен доктором Сихара Горо в 1969 году. В чистом виде он представляет собой полисахарид (молекулярная масса около 400000-800000 Да) β -D-1, 3 – глюкан. Свойства β -глюкана довольно хорошо изучены. Известно, что лентинан является иммуномодулирующим агентом. Обладает антиоксидантным потенциалом. Кроме того, экстракт шиитаке содержит уникальный аминокислотный комплекс. Аминокислоты представлены в идеальном нутритивном соотношении: лейцин – 7%, фенилаланин – 6,4%, лизин – 5,5%, валин 5,5%, изолейцин -5%, треонин – 4%, гистидин – 2,5%, метионин -1,7%, цистеин – 2,8 %.

Для проведения исследования была выбрана рецептура пива «Лагер», которое выпускается на малой пивоварне - ООО «Фабрика пива».

Для производства пива «Лагер» используется светлый солод, хмель «Perle», дрожжи расы S-23, подготовленная вода.

Таблица 1

Показатели качества пива «Лагер»

Наименование показателя	Значение показателя
Концентрация начального сусла, %	11,2
Содержание спирта, мас. %	3,65
Содержание спирта, об. %	4,66
Видимый экстракт, %	2,38
Действительный экстракт, %	4,04
Видимая степень сбраживания, %	78,7
Действительная степень сбраживания, %	63,8
Срок дображивания, сут.	7

Таблица 2

Последовательность процесса затираания

Наименование паузы	Температура °С	Время, мин
Начало затираания	45	-
Белковая пауза	52	15
Мальтозная пауза	63	25
Осахаривание	72	20
Инактивация ферментов	78	-

Сусло подвергают кипячению в течении 1,5 чалов, с добавлением хмеля «Perle». Первая закладка хмеля осуществляется после 30 минут от начала кипячения сусла, вторая закладка осуществляется через 60 минут от начала кипячения сусла. Общее время кипячения сусла с хмелем составляет 90 мин. По окончании кипячения сусло сразу же вирпулируется и вводится третья закладка хмеля. Вирпуление идет в течении 15 минут, затем сусло отставляется в течении 10 минут и направляется на охлаждение и перекачку.

При перекачке сусло охлаждается в пластинчатом теплообменнике до температуры 15°С, если это первая генерация дрожжей, если вторая и более генерация, то при 12°С. Охлаждённое сусло перекачивается в цилиндрико-конический танк для осуществления брожения. Брожение осуществляется при температуре 14°С, если используется первая генерация дрожжей, при второй и последующих генерациях при температуре 12°С. Основное брожение протекает до плотности сусла 5 %, затем молодое пиво шпунтуется, и дображивается до плотности 4 %. На момент дображивания вводятся добавки гибов Шиитаке. После дображивания молодое пиво захлаживают до 4°С, уменьшая по 1°С в день. При 4°С осуществляется забор дрожжей для следующих генерация. Далее молодое пиво охлаждают до 1°С. Во время брожения производится слив дрожжевого осадка.

В рамках исследования в молодое пиво вводились добавки гриба Шиитаке в двух вариантах: 1. в сухом тонко измельченном виде. 2. в виде водных экстрактов, в которых содержание гриба изменялось - 0,5 г - 5 г /дм³. В результате проведенного исследования было выявлено, что введение гриба Шиитаке в сухом измельченном виде при концентрациях выше 2 г/дм³ не дает желаемых результатов. На основе органолептического анализа выявлены следующие недостатки: 1. ощущается интенсивный привкус грибов, который уменьшается по мере снижения концентрации; 2. наблюдается потемнение пива за счет окисления полифенольных веществ, присутствующих в грибах. Присутствие этих веществ в грибах проверено экспериментально методом определения содержания полифенольных веществ, который основан на измерении интенсивности окрашивания раствора в присутствии хлорного железа III в щелочной среде при pH 10 на фотоэлектроколориметре [9]. Использование водных экстрактов дает положительные результаты, но наиболее оптимальные результаты наблюдаются при концентрациях 0,5-1,5 г/дм³.

Одним из признаков хорошего и качественного пива является стойкая и густая пена. Пиво с плотной пеной обладает полнотой вкуса и на протяжении долгого времени остается свежим. Пена – это дисперсная система, которая образуется из пузырьков газа, разделенная пленками жидкости. Пивная пена состоит из дисперсной фазы, являющейся углекислым газом, и дисперсной среды, представляющей собой пленку из поверхностно-активных веществ таких как: пептоны; горькие вещества хмеля; некоторые гуммиобразные вещества и красящие вещества.

Стойкость – это продолжительность существования пены, является важной характеристикой при производстве пива. Пеностойкость – это время в секундах или минутах, которое измеряется с момента появления пены до ее разрушения. Во время налива пива в пивной бокал, необходимо, чтобы происходило медленное выделение пузырьков диоксида углерода с образованием устойчивой пены. Сначала скорость образования пены намного превышает скорость ее исчезновения, из-за чего образуется плотная шапка пены. Далее скорость выделения диоксида углерода замедляется, разрушение пены начинает преобладать над ее образованием и объем пены начинает уменьшаться. Стойкость зависит от скорости исчезновения пены [10].

При производстве пива на стабильность пены влияют α - и β -глюканы, характеризующиеся гидрофильными свойствами. Глюканы солода повышают вязкость жидкости, замедляют ее сток из сегментов пены и, тем самым, способствуют продливанию времени существования пены, также углеводы могут соединиться с полипептидами, за счет чего образуются гликопротеиды, замедляющие распад газового пузыря. Полипептиды и гликопротеиды благоприятно влияют на этот процесс, за счет того, что имеют высокую молекулярную массу. В проведенном исследовании влия-

ние белковых продуктов и β -глюканов грибов Шиитаке очень значительно проявляются в показателях пеностойкости (табл.3).

Таблица 3

Результаты исследования пеностойкости и пенообразования

Пиво	Показатели	Масса гриба, г	1 варка	2 варка
Изначальное пиво	Пенообразование, мм	-	15	10
	Пеностойкость, с	-	60	60
Пиво с грибным порошком	Пенообразование, мм	0,5	20	20
		1,0	25	25
		1,5	40	45
	Пеностойкость, с	0,5	60	60
		1,0	420	360
		1,5	480	420
Пиво с экстрактом грибов	Пенообразование, мм	0,5	50	45
		1,0	35	30
		1,5	25	20
	Пеностойкость, с	0,5	420	360
		1,0	300	300
		1,5	120	120

Выводы:

1. Подобраны оптимальные концентрации гриба шиитаке, вводимые в молодое пиво на этапе дображивания.

2. Выявлено преимущество водных экстрактов гриба по сравнению с введением в молодое пиво сухих тонко измельченных грибов.

3. Пенообразование и пеностойкость пива значительно возрастают, что свидетельствует о позитивном влиянии фракций грибов на качество пива.

Библиографический список:

1. Быков А.В., Вепров К.Г., Игнатович А.П., Локтев С.А. Способ получения пива. Патент РФ № 2129593, опублик. 27.04.1999.

2. Шишков Ю.И., Гусева-Донская Т.Н., Пожидаев Ю.И., Лебедев Д.П., Плахова Г.С., Терешина Э.В., Шишелов В.И., Чупин А.С., Яковлева Л.Г. Способ производства пива с гепапротекторными свойствами. Патент РФ № 2162883 С2, опублик. 10.02.2001.

3. Третьяк Л.Н., Герасимов Е.М. Способ производства пива. Патент RU № 2383587, опублик. 10.03.2010.

4. Плахова Г.С., Саришвили Н.Г., Шишков Ю.И., Терешина Э.В., Яковлева Л.Г., Шишелова В.И., Карманова Л.В. Способ получения пива с повышенной биологической ценностью. Патент РФ № 2209237 С2, опублик. 27.07. 2003.

5. Барков А.В., Винокуров В.А. Грибное пиво и способ его получения. Патент RU № 2608497, опублик. 10.03.2010.

6. Теплякова Т.В., Ананько Г.Г., Мирошников П.Н., Артамонов А.В., Бекарев А.А., Мадонов П.Г. Способ получения биологически активных веществ из грибов. Патент РФ 0002657431, опубл. 13.06.2018 г.

7. Низковская О.П. Противоопухолевые свойства высших базидиомицетов. Микология и фитопатология. – 1983. Т. 17, вып. 3. с. 243.

8. Шиврина А.Н. Биологически активные вещества высших грибов. – Л.: Наука, 1965, 199 с.

9. Крахмалева Т.М. Химия пивоваренного и безалкогольного производств. Методические указания к лабораторному практикуму. -2007. Оренбург, 37 с.

10. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. – СПб.: Профессия, 2004. – 536 с.

**СЕКЦИЯ 3. КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ
ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

УДК 10167

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИСКВИТНЫХ
ПОЛУФАБРИКАТОВ ДИЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В.С. Трофимова

Студент гр. ФПП-1

Самарский государственный технический университет

443010, г. Самара, ул. Куйбышева, 153

e-mail: vichka.trofimova.99@bk.ru

О.Е. Темникова

Доцент, к.т.н

Самарский государственный технический университет

443010, г. Самара, ул. Куйбышева, 153

e-mail: mionagrey@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Разработана технология бисквита диетического назначения на основе амарантовой муки с повышенной пищевой ценностью. Описано влияние амарантовой муки на органолептические и физико-химические показатели качества бисквита.

Ключевые слова: мучное кондитерское изделие, бисквитный полуфабрикат, амарантовая мука, диетические продукты питания.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF BISCUIT SEMI-FINISHED
PRODUCTS FOR DIETARY PURPOSES**

V.S. Trofimova

Student

Samara State Technical University

443010, Samara, st. Kuibysheva, 153

e-mail: vichka.trofimova.99@bk.ru

O.E. Temnikova

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

Samara State Technical University

443010, Samara, st. Kuibysheva, 153

e-mail:

mionagrey@mail.ru

ABSTRACT: The technology of a dietary sponge cake based on amaranth flour with increased nutritional value has been developed. The influence of amaranth flour on the organoleptic and physico-chemical parameters of the biscuit quality is described.

Keywords: flour confectionery, semi-finished sponge cake, amaranth flour, dietary food products.

Мучные кондитерские изделия как в России, так и за рубежом пользуются большим спросом.

Совершенствование технологии и улучшение качества, расширение ассортимента бисквитных полуфабрикатов, а также получение изделий с заранее заданными свойствами возможно за счет поиска новых нетрадиционных видов муки [1].

В связи с чем производство мучных кондитерских изделий диетического назначения, обогащенных функциональными компонентами, является актуальной темой исследования. При производстве бисквитного полуфабриката диетического назначения в качестве источника функциональных ингредиентов чаще всего используются различные виды мучного и растительного сырья [2].

Одним из видов такого сырья служит амарант.

В настоящее время амарант занимает особенное место среди растительных продуктов, поскольку эта нетрадиционная культура является концентрированным функциональным продуктом. Пищевая ценность семени амаранта определяется высоким содержанием белка (до 18-20 %), липидов (7-10%), витаминов и минеральных компонентов [3].

Органолептическая и физико-химическая оценка бисквита проводилась по общепринятым методикам на кафедре «Технология хлеба, макаронных и кондитерских изделий» Самарского государственного технического университета. Была исследована возможность замены части пшеничной муки высшего сорта на амарантовую муку. Для разработки рецептуры использовалась амарантовая мука в дозировках 5 %, 10 %, 15 % к муке высшего сорта. В результате оценки было выявлено, что бисквит с добавлением 10 % амарантовой муки обладает наилучшими показателями.

Органолептическая и физико-химическая оценка качества бисквитных полуфабрикатов приведены в табл.1

Таблица 1

Показатель	Контрольный образец	Образцы с внесением амарантовой муки, %			
		5	10	15	20
<i>Органолептические показатели</i>					
Форма	Правильная, соответствующая данному виду изделия	Правильная, соответствующая данному виду изделия			
Цвет	Светло-коричневый с бежевым оттенком	Светло-бежевый	Светло-бежевый	Бежевый с коричневым оттенком	Бежевый с коричневым оттенком
Вкус, запах	Соответствует данному	Соответствует данному	Слегка ощущается приятный	Слегка ощущается приятный	Ощутимый привкус амаранта

Продолжение таблицы

	наименованию, без посторонних привкусов и запахов	наименованию, без посторонних привкусов и запахов	привкус амаранта	привкус амаранта	
Пористость	Равномерная	Равномерная	Равномерная	Равномерная	Равномерная
<i>Физико-химические показатели</i>					
Содержание влаги, %	30,04	30,35	32,7	30,5	28,23
Удельный объём, см ³ /г	4,3	3,9	4,3	4,1	3,7
Содержание сахара, %	1,008	1,012	1,010	0,012	0,013
Пористость, %	85,9	84,8	86,7	85,7	85,4

Анализируя данные, полученные в процессе оценки органолептических и физико-химических свойств образцов бисквита, содержащих амарантовую муку, был сделан следующий вывод.

Наиболее высокую оценку по органолептическим показателям качества получил образец, содержащий 10 % амарантовой муки. Было отмечено, что образцы бисквита с содержанием амарантовой муки 10 % по органолептическим характеристикам были очень близки к контрольному образцу, в состав которого входит только пшеничная мука [1].

Влажность, содержание сахара контрольного и исследуемых образцов бисквита оставались на сравнимом уровне. Было выявлено, что с увеличением содержания амарантовой муки пористость бисквита и его удельный объём снижаются. Это объясняется тем, что амарантовая мука относится к безглютеновому сырью [4].

На основании проведенного анализа образцов бисквитных полуфабрикатов можно сделать вывод, что наиболее оптимальной дозировкой амарантовой муки является 10 %. Бисквит с добавлением 10 % амарантовой муки обладает наилучшими органолептическими и физико-химическими характеристиками.

Библиографический список:

1. Киселев, В.М. Разработка рецептуры бисквитного полуфабриката повышенной пищевой ценности / В.М. Киселёв, Р.З. Григорьева, Н.Н. Зоркина // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4. – С. 14-20
2. Корячкина, С.Я. Методы исследования хлебобулочных изделий /

С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелёва. – Орёл: ОрелГТУ, 2010 – 166 с.

3. Магомедов, Г.О. Бисквитный полуфабрикат на основе амарантовой муки / Г.О. Магомедов [и др.] / Матер. III Междунар. науч. –техн. конф. – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С.98-100

4. Шмалько, Н.А. Амарант в пищевой промышленности / Н.А. Шмалько, Ю.Ф. Росляков. – Краснодар: Просвещение – Юг, 2011. – 489 с

УДК 663.813.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СИРОПА С ВЫРАЖЕННЫМИ ПРОТИВОВИРУСНЫМИ СВОЙСТВАМИ

С.А. Верхотурова

студент гр.ТПб-19-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул.Лермонтова, 83

e-mail:20verkhoturovasofa02@mail.ru

Н.П. Супрун

Аспирант гр. аТХП-18-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: suprun_np@mail.ru

Г.С. Гусакова

к.т.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83

e-mail:gusakova58@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В статье приведены данные обзора литературных источников о свойствах трав, которые произрастают в Иркутской области и обладают противовирусными свойствами. Был получен настой из трав и разработан метод приготовления сиропа.

Ключевые слова: Противовирусные свойства, сироп, душица, лист малины, лист крапивы, сосновые почки, шалфей.

THE DEVELOPMENT OF THE SYRUP RECIPE WITH EXPRESSED ANTIVIRAL PROPERTIES

S.A. Verkhoturova

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail:20verkhoturovasofa02@mail.ru

N.P. Suprun

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: suprun_np@mail.ru

G.S. Gusakova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: gusakova58@mail.ru

ABSTRACT: The article provides data from a review of literary sources about the properties of herbs which grow in the Irkutsk region and have antiviral properties. An infusion of herbs has obtained and a method for preparing the syrup has developed.

Keywords: Antiviral properties, syrup, marjoram, raspberry leaves, nettle leaves, pine buds, sage.

В рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», перед органами государственной власти поставлена стратегическая задача сохранения здоровья нации, снижения уровня смертности, увеличения продолжительности жизни и преодоления демографического спада в стране. В этой связи обеспечение населения качественным питанием является одним из приоритетов национальной политики. Для решения поставленных проблем в ИРНТУ ведутся разработки инновационных продуктов. В ноябре 2020 года сертифицирован сироп «Черная смородина», обогащенный лецитином и пектином с пониженным содержанием сахара 50%, который с декабря 2020 года поставляется через муниципального оператора питания в образовательные учреждения.

Для расширения ассортимента напитков была поставлена цель: подобрать композицию трав с противовирусными свойствами и разработать рецептуру приготовления сахарного сиропа.

На основе проведенного маркетингового исследования было принято решение использовать сырье хорошо знакомое жителям Иркутской области: сосновые почки, душицу, шалфей, листья крапивы и малины. По фармакологической характеристике выбранное сырье не токсично, в народной медицине часто используется как дезинфицирующее, потогонное, противовоспалительное, жаропонижающее, болеутоляющее витаминное средство. Сырье применяют в виде настоев, настоек, отваров, бальзамов.

На первом этапе проектирования каждому компоненту была дана органолептическая и физико-химическая характеристика (табл. 1).

Таблица 1

Органолептическая и физико-химическая характеристика сырья [4,7]

Наименование сырья	Органолептическая характеристика	Физико-химическая характеристика
Сосновые почки	Поверхность почек покрыта сухими бахромчатыми чешуйками, склеенными между собой выступающей смолой. Под чешуйками – неразвитые парные зеленые иглы. Запах почек ароматный, смолистый; вкус горьковато-смолистый.	Эфирное масло (до 0,36%); смола; дубильные вещества; горькое вещество (пиницикрин); витамин С.
Душица	Травянистые стебли с соцветиями. Запах ароматный. Вкус горьковато-пряный, слегка вязущий.	Эфирное масло (тимол - до 50%, цимол, карвакрол, бициклические и трициклические сесквитерпены (12,5%), свободные спирты (до 15%), геранилацетат, селинен, α -туйен, α -терпиен; флавоноиды; апигенин, лютеолин, 7-глюкуронид и 7-глюкозид лютеолина, изоройфолин, космосиин; дубильные вещества (до 19%); аскорбиновая кислота (до 565 мг)
Шалфей	Цвет листьев серо-зеленый. Запах интенсивный, характерный, приятный. Вкус горьковато-пряный, вязущий.	Эфирное масло (до 2,5%) (до 15% – α - и β -пинен, линалоол, борнеол и его ацетат, туйон, другие терпеновые соединения; алкалоиды; флавоноиды (генкванин, гиспидулин, б-меокси-генквинин, лютеолин, сальвитин, 6-дигидроксилютеолин, непетин, цирзилиол, цинарозид); дубильные, смолистые вещества; три-терпеноиды (олеановая и урсоловая кислоты); дитерпен сальвин; фенол-карбоновые кислоты (кофейная, хлорогеновая, ноохлорогеновая, криптохлорогеновая, розмариновая); фитонциды, горечи; витамины Р и РР.
Листья крапивы	Листья цельные или частично измельченные, простые, яйцевидно-ланцетовидные или широкояйцевидные, с заостренной верхушкой и сердцевидным основанием. Края листа остро- и крупнопильчатые, с изогнутыми к верхушке зубцами. Поверхность шер-	Витамины: К ₁ (0,2 %); витамин С (до 0,6 %); витамины В ₁ , В ₂ , каротиноиды (50 мг); хлорофилл (до 5 %); пантотеновую кислоту; дубильные вещества (3,2%); флавоноиды (1,96%): 3-О-гликозиды и 3-О-рутинозиды кверцетина, кемпферола, изорамнетина; органические кислоты (щавелевую,

	шавая от обилия жгучих волосков. Цвет листьев темно-зеленый. Запах слабый. Вкус горьковатый.	янтарную, лимонную, молочную, муравьиную, хинную, фумароновую); фенолкарбоновые кислоты (галловую, кофейную, феруловую, кумарную); алкалоиды (0,019–0,29%): никотин, ацетилхолин, гистамин, 5-гидрокситрипамин; крахмал (до 10%); кумарин эскулетин
Малиновые листья	Листья очередные, сложные, непарноперистые, с 5 листочками, верхние – тройчатые; листья сверху зеленые, снизу сероволочноопушенные.	Витамин С – (250–280 мг); флавоноиды – гликозиды кемперферола; дубильные вещества; органические кислоты (янтарная, яблочная, молочная), минеральные соли с большим количеством калия, а также сахара, смолы и слизи

Приведённые данные показывают, что все выбранные растения в своем составе содержат целый комплекс биологически активных компонентов, отвечающих за достаточно выраженные противовирусные свойства.

Эфирные масла, содержащиеся в представленном сырье имеют самый сложный химический состав и содержат биологически активные соединения, схожие по строению и механизму действия с антибиотиками, антисептиками, гормонами и витаминами [8].

Эфирные масла угнетают жизнедеятельность патогенных организмов, оказывают благотворное влияние на защитные силы организма, иммунную систему, действуя непосредственно на иммунокомпетентные клетки.

Исследования ученых показывают, что сочетания эфирных масел и лекарственных веществ усиливают действие вторых в 4-10 раз [9]. Компоненты эфирных масел способны усиливать или ускорять проникновение веществ в кожу. Они обеспечивают достаточный, а главное, точно направленный терапевтический эффект [10].

Такие компоненты, как линалоол, гераниол, цитронеллол, линалилацетат, входящие в состав масла шалфея и содержание которых достигает до 75% обуславливают применение эфирного масла в борьбе с вирусом герпеса. Наличие дубильных веществ в составе рассматриваемых растительных материалов позволяет применять их как вяжущее и бактерицидное средство при воспалительных процессах слизистых оболочек.

На втором этапе исследования изучали технологические свойства компонентов: структурно-механические показатели, растворимость, отношение к температуре. Готовили водные настои с разным соотношением компонентов. По органолептическим показателям выбрана композиция приведенная в таблице 2.

Таблица 2

Условия приготовления настоев

Продукт	Кол-во продукта, г	Кол-во воды (1-2 залив), мл	Температура/ продолжительность 1 залива, час	Температура/ продолжительность 2 залива, час	Выход настоя, мл	Содержание сухих веществ, %
Сосновые почки	25					
Душица	50					
Шалфей	50	1250	90/24	90/24	900	19
Крапива (листья)	25					
Малины (листья)	50					
Итого	200	1250	90/24	90/24	900	

На основе данного настоя приготовили сахарный сироп (65%). Для приготовления сиропа, взяли 650 г сахара и смешали с 100 мл кипящей воды. Для удаления слизиобразующих бактерий кипятили в течении 15 мин, при этом постоянно перемешивая. Затем охлаждали до 70°C. Далее добавляли 250 г настоя трав и выдерживали при той же температуре 20 мин.

По органолептическим показателям сироп имеет коричневый цвет, как у густого настоя чая. Аромат сложный соответствующий компонентам сырья, с пряными нотами. Вкус сладкий. Содержание сухих веществ – 65 %.

При условиях асептического розлива рекомендованный срок хранения при температуре 0– минус 5 °С не более 1 года.

Полезные свойства продукции обеспечены её натуральным составом.

Таким образом, в ходе работы был обоснован состав сырья. Описаны компоненты химического состава, которые обеспечивают достаточный, а главное, точно направленный терапевтический эффект. На основе органолептических показателей пробных купажей обоснован компонентный состав. С учетом технологических свойств сырья отработаны и уточнены режимы приготовления сахарного сиропа. Получен лабораторный образец.

Библиографический список:

1. Ловкова М.Я., Рабинович Л.М. и др. Почему растения лечат. – М.: Наука, 1990. – 256с. – ISBN 5–02–004021–5
2. Лавренова Г. В., Лавренов В. К. Энциклопедия лекарственных растений. В 2 т. Т 1. – Донецк: Донеччина, 1997. – 471 с. — ISBN 966-556-110-3.
3. Муравьева Д.А. Фармакогнозия (с основами биохимии лекарственных растений) — М: Медицина, 1978. 656 с
4. Гаммеран Л. Ф. Гром, И. И. Дикорастущие лекарственные растения

СССР. М., «Медицина», 1976, 288 с., ил.

5. Куркин В.А. Фармакогнозия учебник самарский государственный медицинский университет, 2004. 1179 с.

6. Онищенко В.В. Справочник травника: Изд. «Фолио», 2006. 492 с.

7. Жохова Е.В., Гончаров М.Ю., Повыдыш М.Н., Деренчук С.В. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических колледжей и техникумов / - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 544 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-2192-5.

8. Натуральные растительные и эфирные масла для дыхания, питания и здоровья: научно-популярная литература / сост.: Бикмурзин Н.И., Каракуцев С.В. – Тверь: Сатори, 2005. – 32 с.

9. Левачкова Ю.В., Литвинова А.Н., Ярных Т.Г., Чушенко В.Н. К вопросу создания лекарственных препаратов с эфирными маслами для лечения генитального герпеса в гинекологии // Фармация Казахстана. 2015. №1 Номер: 1 (164) Год: 2015 Страницы: 40-44

10. Ароматерапия: научно-популярная литература / Д. В. Браун ; Пер. с англ. А. Дробышева. – М.: ГРАНД : ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 272 с.

УДК 664.68

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.С. Клычкова

Студент гр. 1-ФПП-4

Самарский государственный технический университет

443100, г. Самара, Ул. Молодогвардейская, 244

e-mail: klychkova37@gmail.com

О.Е. Темникова

К.т.н., доцент

Самарский государственный технический университет

443100, г. Самара, Ул. Молодогвардейская, 244

e-mail: mionagrey@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Была исследована возможность замены сырья в рецептуре кексов для получения изделий функционального назначения. Были проведены пробные выпечки кексов. Готовые изделия анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Ключевые слова: функциональные продукты, кексы, подсолнечное масло, гречневая мука.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FUNCTIONAL CUPCAKES

A. S. Klychkova

Student gr. 1-FPD-4

Samara State Technical University

443100, Samara, Molodogvardeyskaya Str. 244

e-mail: klychkova37@gmail.com

O. E. Temnikova

Ph. D., Associate Professor

Samara State Technical University

443100, Samara, Molodogvardeyskaya Str. 244

e-mail: mionagrey@mail.ru

ABSTRACT: Test baking of cupcakes was carried out, on the basis of which the analysis of finished products was carried out according to organoleptic and physico-chemical parameters. The possibility of replacing some ingredients was established.

Keywords: functional products, cupcakes, sunflower oil, buckwheat flour.

Кондитерские изделия отличаются высокой питательностью и усвояемостью. Указанные свойства присущи им благодаря использованию для их производства разнообразного по химическому составу и свойствам сырья. Исходная рецептурная смесь может представлять довольно сложную композицию разнообразных компонентов, что позволяет вырабатывать широкий ассортимент кондитерских изделий. В зависимости от применяемого сырья, технологии его переработки и конечного продукта, все кондитерские изделия, вырабатываемые на предприятиях России, подразделяются на две большие группы: сахарные и мучные кондитерские изделия [1].

Цель работы – оценка возможности использования нетрадиционного сырья для изготовления кексов функционального назначения является актуальной.

В качестве исходной рецептуры была взята рецептура кекса «Столичного» № 425 из сборника [2]. Были проведены пробные выпечки, на основании которых была произведена оценка качества готовых изделий в соответствии ГОСТ.

Органолептическую оценку производили путём визуального осмотра готовых изделий в соответствии с ГОСТ 5897-90 [3].

Органолептическая оценка показала, что качество образцов из гречневой муки и с сиропом топинамбура соответствует требованиям ГОСТ, образец с подсолнечным маслом не соответствует требованиям ГОСТ, вследствие ярко выраженного вкуса и запаха масла, непеченного мякиша и крупных подрывов на верхней поверхности. Результаты оценки представлены на рисунке 1 в виде профилограммы.

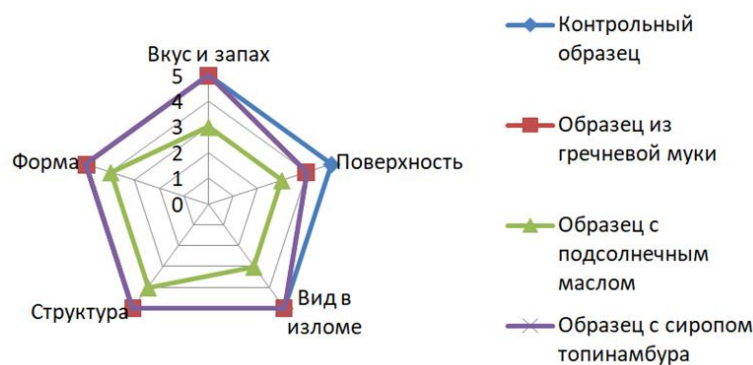


Рис. 1. Профилограмма органолептических показателей качества готовых изделий

В ходе оценки качества изделий по физико-химическим показателям были также выявлены несоответствия требованиям нормативного документа. Массовую долю влаги определяли высушиванием по ГОСТ 5900-73, массовую долю сахара и жира рефрактометрическим методом, плотность по ГОСТ 15810-2014 и щёлочность по ГОСТ 5859-87 методом титрования.

В результате анализа было установлено, что в образцах со 100 % заменой сахара на сироп топинамбура выявлена повышенная массовая доля влаги, а в образцах со 100 % заменой на масло подсолнечное нерафинированное повышенное содержание жира, что и приводит к непропечённости мякиша.

Таким образом, в результате проведенных исследований была установлена возможность замены 100 % пшеничной муки на гречневую. При замене сахара-песка на сироп топинамбура в соотношении 2:1 изделия получились с повышенной влажностью, в связи с чем в ходе дальнейших экспериментов уточнена рецептура и технологические режимы. Замена сливочного масла на масло подсолнечное нерафинированное в соотношении 1:1 привело к получению изделий неудовлетворительного качества

Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование рецептуры и технологических приемов для производства кексов функционального назначения.

Библиографический список

1. Румянцева, В.В. Технология кондитерского производства: конспект лекций для вузов / В.В. Румянцева. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 141 с.
2. Павлов, А.В. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. – СПб: Гидрометеиздат, 1998. – 299 с.
3. ГОСТ 15052-2014 «Кексы. Общие технические условия»

УДК 663.32.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА В ПРОИЗВОДСТВЕ СИДРА

Р.А. Мазаева

Студент гр.БПм-19-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: mra-270597@mail.ru

Г.С. Гусакова

К.с-х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: gusakova58@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В статье обоснована и экспериментально подтверждена необходимость обогащения яблочным пектином сидра, получаемого из концентрированного сока. Показана возможность повысить физиологическую ценность напитка и стойкость к коллоидным помутнениям.

Ключевые слова: сидр, пектин, полисахариды, концентрированный яблочный сок.

USING PECTIN IN CIDER PRODUCTION

R.A. Mazaeva

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: mra-270591@mail.ru

G.S. Gusakova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: gusakova58@mail.ru

ABSTRACT: In the article necessity of enriching cider which obtained from concentrated juice with apple pectin has substantiated and experimentally has confirmed. The possibility of increasing the physiological value of the beverage and its resistance to colloidal opacities has shown.

Keywords: cider, pectin, polysaccharides, concentrated apple juice.

Актуальность работы. Пектины используются в пищевой промышленности – в качестве структурообразователей (гелеобразователей), загустителей, а также в медицинской и фармацевтической промышленности. – в качестве физиологически активных веществ. В промышленных масшта-

бах пектиновые вещества получают в основном из яблочных и цитрусовых выжимок, жома сахарной свёклы, корзинок подсолнечника и тыквы [1].

В винах пектиновые вещества являются одной из причин формирования коллоидных помутнений. Содержание пектиновых веществ в вино-материалах не должно превышать 0,8 г/л [2]. Но их полное отсутствие в сидрах приготовленных из концентрированного яблочного сока снижает физиологическую ценность напитков [3]. Кроме того, являясь гидрофильными коллоидами, полисахариды выполняют роль защитных коллоидов и предохраняют вина от коллоидных помутнений. По данным ряда авторов [4] хорошие результаты по стабилизации виноматериалов получаются при добавлении в них виноградного и яблочного пектинов.

Предприятие ООО «Мастерская Олден» производит яблочный сидр из концентрированного яблочного сока. Из-за дефицита пектина в концентрированном яблочном соке предложено обогащать полученный сидр яблочным пектином.

Цель исследования: обогащение яблочным пектином сидровых вино-материалов, произведенных из концентрированного яблочного сусла.

Исследования проводились на виноматериалах полусухого сидра компании «Мастерская Олден» от 29.03.2021.

Органолептическая и физико-химическая характеристика исследуемого образца приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исследуемого образца сидра

Наименование показателя	Значение
Органолептические показатели	
Внешний вид	Прозрачный, без осадка и посторонних включений
Цвет	Светло-соломенный
Аромат	Фруктовый, с яблочными нотками
Вкус	Терпкий, с кислинкой
Физико-химические показатели	
Объемная доля этилового спирта, %	4,7
Массовая концентрация сахаров, г/дм ³	14,6
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, г/дм ³	5,1
Массовая концентрация остаточного экстракта, г/дм ³	37,5

В начале эксперимента приготовили 20 % водную суспензию пектиновых веществ. Для этого использовали яблочный пектин 1 сорта фирмы «Проксима». 10 г сухого пектина растворили в 50 мл холодной воды и оставили 4 часа для набухания. Полного растворения добивались путем перемешивания с помощью миксера.

Испытуемый виноматериал поместили в 6 цилиндров по 200 мл и пронумеровали. Далее последовательно градуированной пипеткой вводили

раствор пектина в количестве (г/л): 1–0,2; 2–0,4; 3–0,5; 4–0,6; 5–0,8. В шестой цилиндр пектин не добавляли, так как его использовали как контрольный образец. Через сутки проводили органолептическую оценку.

Все образцы сидра остались прозрачными, цвет, запах и вкус сидра не изменился.

Далее провели проверку на склонность к физико-химическим помутнениям [4]. Установлено, что все виноматериалы устойчивы к коллоидным и биохимическим помутнениям. Образцы 2–5 имеют склонность к полисахаридным помутнениям.

Таким образом, в работе показана возможность обогащения пектином сидровых виноматериалов, произведенных из концентрированного яблочного суслу в дозировке 0,2 г/л что составит 13% суточной потребности [5].

Библиографический список:

1. Донченко Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – Москва: ДеЛи принт, 2007. – 275 с.
2. Литовченко А. М. Технология плодово-ягодных вин / А. М. Литовченко, Тюрин С. Т. – Симферополь: Таврида, 2004. – 368 с.
3. Барышева И. Н. Яблочные напитки функционального назначения / И. Н. Барышева // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам II научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – 2016. – 400-409 с.
4. Валуйко Г. Г. Стабилизация виноградных вин / Г. Г. Валуйко, В. И. Зинченко, Н. А. Мехузла. – 3-е изд., доп. – Симферополь: Таврида, 2002. – 208 с.
5. Истомин А. В. Гигиенические аспекты использования пектина и пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании: пособие для врачей / А. В. Истомин, Т. Л. Пилат. – Москва, 2009. – 44 с.

УДК 663.813.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ СОКОВ

Д.Р. Фаизов

студент гр.ТПб-19-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул.Лермонтова, 83

e-mail: faizovdaulat@gmail.com

Г.С. Гусакова

к.с-х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский

технический университет

664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83

e-mail: gusakova58@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Обеспечение полноценного питания и профилактика заболеваний за счет производства продуктов питания на основе местного растительного сырья является актуальной задачей для региона. На основе ягод облепихи и брусники разработана рецептура купажного напитка. В качестве функциональных компонентов использованы пищевые добавки: пектин и лецитин.

Ключевые слова: функциональный напиток, брусника, облепиха, пектин, лецитин.

DEVELOPMENT OF THE RECIPE FOR THE PREPARATION OF ENRICHED JUICES

D.R. Faizov

Student

Irkutsk National Research

Technical University

664074, Irkutsk, st.Lermontova, 83

e-mail: faizovdaulat@gmail.com

G.S. Gusakova

PhD. Agr. Sci., associated professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: gusakova58@mail.ru

ABSTRACT: Providing good nutrition and preventing diseases through the production of food products which is based on local plant materials is an urgent task for the Irkutsk region. Using of sea buckthorn berries and lingonberries has developed the blended drink recipe. Such food additives like pectin and lecithin were used as functional components.

Keywords: functional drink, lingonberry, sea buckthorn, pectin, lecithin.

Анализ фактического питания населения России показывает, что структура питания не соответствует современным представлениям нутрициологии, питание характеризуется повышенной калорийностью, недостаточным или несбалансированным потреблением макро- и микронутриентов. Проблема коррекции пищевого статуса заключается в том, что в последние годы с изменением условий и образа жизни большей части населения произошло объективное снижение потребности в энергии, и, следо-

вательно, в объеме потребляемой пищи, а физиологическая потребность в микронутриентах практически не изменилась [1,2].

Научно-исследовательская работа, которая проводится в ИРНИТУ на кафедре химии и пищевой технологии имени профессора В.В. Тутуриной ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения.

Цель исследования разработка рецептура купажного напитка на основе сока брусники и облепихи с обогащающими добавками.

Для изучения были выбраны ягоды брусники и облепихи (поставщик ООО «Дикая Сибирь», урожая 2020г). Физико-химические показатели ягод брусники и облепихи представлены в таблице 1.

Брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), вид рода Вакциниум семейства Вересковые – плоды темно-красная ягода, шаровидной формы, на верхушке ягод сохраняются остатки цветочной чашечки. Вкус кислый терпкий.

Облепиха (*Hippophaë*), род растений семейства Лоховые (Elaeagnaceae). – плод оранжевая ягода, овальной формы, на верхушке сохраняются остатки цветочной чашечки. Вкус кислый.

Таблица 1

Физико-химический состав ягод брусники и облепихи

Содержание компонента, % на сырую массу	Брусника	Облепиха
Сухие растворимые вещества, %	13,1	18,20
Пектиновые вещества, %	1,4	0,90
Дубильные вещества, г/дм ³	0,2	0,15
Титруемые кислоты по яблочной кислоте, мг/дм ³	2,2	2,80
Сахара, %	7,8	4,20
Витамин С, мг/100г	20,0	219,00

На основе пробных купажей определили оптимальное соотношение соков. В качестве обогащающей добавки выбрали пектин и лецитин. По литературным данным [3,4] они обладают уникальными полезными свойствами.

Пектин. Природный полисахарид. Попадая в организм, участвуют в нормализации обмена веществ. Пектин способствует понижению уровня холестерина, улучшает периферическое кровообращение и перистальтику кишечника. Хорошо связывает и выводит тяжелые металлы, радиоактивные элементы, пестициды и прочие вредные соединения. За что специалисты прозвали пектин «санитаром организма».

Лецитин – это натуральный продукт, получаемый при переработке масла сои, подсолнечника, рапса. Суточная потребность в лецитине для организма зависит от пола и возраста: взрослым мужчинам – 4–7 г в сутки; беременным женщинам – 6–10 г в сутки; детям – 1–4 г в сутки.

Регулярное применение лецитина на протяжении 1,5–2,0 и более месяцев вызывает заметное улучшение функционирования печени. Кроме гепатопротекторных свойств лецитина как поставщика основных классов фосфолипидов, данная пищевая добавка, при приёме натощак, проявляет желчегонное действие, способствует сокращению жёлчного пузыря и жёлчевыводящих путей, а также перистальтике кишечника. Применение лецитина приводит к снижению уровня холестерина в крови и стенках кровеносных сосудов, повышает способность желчных кислот выводить это соединение из кровотока. Способствует нормализации кровообращения, процесса транспортировки витаминов и других питательных веществ к различным тканям и органам и стимуляции мозговой активности, повышению интеллектуальной, физической работоспособности, стрессовой устойчивости [4].

Для получения соков использовали шнековую соковыжималку, выход сока составил: брусника 50%, облепиха 65%.

Экспериментальным путем, на основе пробных купажей была подобрана рецептура напитка. Основные компоненты напитка: соки облепихи, брусники и вода. Обогащающие компоненты: пектин и лецитин. Органолептические и физико-химические показатели полученного напитка представлены в таблице 2.

Таблица 2

Органолептические и физико-химические показатели напитка

Наименование показателя	Полученный результат
Цвет	Красный насыщенный с оранжевым оттенком, соответствующий типу
Аромат	Хорошо развитый, со смолистыми нотами присущими бруснике, цветочно-цитрусовыми оттенками облепихи и легким лекарственным тоном
Вкус	Кисло-сладкий, терпкий, с легкой горчинкой и масленичными нотами
Массовая доля сухих веществ, %	10,5
Кислотность, г/дм ³	4,5

Установлено, что образец полностью соответствует регламенту на соковую продукцию ТР ТС 023/2011 [5].

Таким образом, на основе литературных данных и технологических показателей местного ягодного сырья разработана рецептура купажного бруснично-облепихового напитка с повышенной физиологической ценностью. Определены физико-химические и органолептические показатели. Показано соответствие технологическому регламенту. Продукт может быть предложен для расширения ассортимента напитков на основе местной сырьевой базы.

Библиографический список:

1. Литвинова О.С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка // ЗНиСО. 2016. № 5. С. 11-14.
2. Под редакцией: Козырева П.М. Вестник Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS-HSE) Вып. 4. М.: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2014. С 131-166
3. Типсина Н.Н. Место пектина в функциональном питании // Вестник КрасГАУ. 2009. №3. С. 213-216.
4. Дзяк Г.В. Дроздов А.Л. Шульга С.М. Глух А.И. Глух И.С. Современные представления о биологических свойствах лецитина (лекция для врачей)// Лекції для практикуючих лікарів 10/Том XV/2 С.123-135
5. ТР ТС 023/2011 Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей.

УДК 663.32

ПРОИЗВОДСТВА ПЕКТИНОВОГО ЭКСТРАКТА

М.Н. Нехта

Студент гр. ТПб-19-1

Иркутский Национальный Исследовательский

Технический Университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: nekhta@mail.ru

Д. Р. Фаизов

Студент гр. ТПб-19-1

Иркутский Национальный Исследовательский

Технический Университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: faizovdaulat@gmail.com

Г.С. Гусакова

к.с-х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский

технический университет

664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83

e-mail:gusakova58@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Разработан способ производства пектинового экстракта из выжимок смородины черной. Уточнены технологические параметры приготовления. Получен лабораторный образец с содержанием пектиновых веществ 18 % . Выход составил 3%.

Ключевые слова: смородина чёрная, пектиновый экстракт, ферменты.

PECTIN EXTRACTOR PRODUCTION METHOD

M.N. Nekhta

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st.Lermontova, 83

e-mail: nekhta@mail.ru

D.R. Faizov

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st.Lermontova, 83

e-mail: faizovdaulat@gmail.com

G.S. Gusakova

PhD. Agr. Sci., associated professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail:gusakova58@mail.ru

ABSTRACT: A method for the production of pectin extract from the pomace of black morel has been developed. The technological parameters of cooking have been clarified. A laboratory sample with a pectin content of 18% was obtained. The yield was 3%.

Key words: black currant, pectin extract, enzymes.

На основе литературного обзора показано, что с появлением корона-вирусной инфекции резко возросла заболеваемость населения [1]. В этих условиях особое значение имеет профилактика и расширение ассортимента функциональных продуктов питания и биологически активных добавок (БАД) [2]. За счёт входящих в их состав витаминов, гидроколлоидов (пектин, альгинат, ксантан) и других ценных пищевых веществ, функциональные продукты приобретают новые свойства, которые оказывают благоприятные воздействия организм, улучшая состояние здоровья человека и повышая иммунитет. В качестве пищевых гидроколлоидов часто используют различные полисахариды, полученные из природного сырья, модифицированные полисахариды и синтетические гидрофильные полимеры. Одним из природных гидроколлоидов является пектин [2].

Наиболее крупные компании производители пектина CP Kelco, GENU, DuPont Nutrition & Health, Herbstreith & FoxKG, Degussa, YAndre Pectin, Cesalpina Food SpA, Citrico, Obipektini Unipektin располагаются в странах США, Германия, Франция, Китай, Италия, Испания, Швейцария. Россия в основном импортирует пектин. Наибольшая доля приходится на Китай [4]. Следовательно, организация производства на территории России, в частности в Иркутской области, является актуальной проблемой.

Для её решения предлагается организовать производство пектинового экстракта, из местного сырья.

Целью исследования является разработка способа производства пектинового экстракта из выжимок смородины черной.

Работа выполнена на кафедре химии и пищевой технологии имени В.В. Тутуриной.

В качестве сырья использовали выжимки, полученные в результате приготовления сока из смородины чёрной урожая 2020 года. Ягоды заготавливали в садоводствах Слюдянского района.

Смородина чёрная содержит витамины (В3, В5, С, Е и др.), минералы (К, Са, Р и др.) и большое количество пектина (0,6%–2,7%), который в основном содержится в виде протопектина в твёрдой части ягоды (кожице и семенах).

Традиционная технология предусматривает перед экстракцией пектиновых веществ, промывку выжимки ледяной водой, для удаления оставшихся сахаров. Экономически это не выгодно: высокие энергетические затраты и потеря сахара. В предлагаемом способе удаление сахаров проводится ферментативно.

На первом этапе для сохранения пектиновых веществ и интенсификации процесса экстракции выжимка замораживается (температура минус 5–18°C). При переработке, после размораживания, загружается в ферментер. Пектиновые вещества экстрагируются водой (гидромодуль 1:2) при температуре 40–45 °С. Для разрушения плодовой ткани и высвобождения протопектина используется фермент Целлолюкс (3 г/кг). Продолжительность процесса 4–6 часов. Далее твердую и жидкую фазу разделяем. Для этого продукт подается на стекатель, стекшая мезга загружается в пресс. Полученный экстракт ферментируется для удаления сахаров, фильтруется и передается на концентрирование под вакуумом (температура 45–55 °С, вакуум 0,9–1 атм, продолжительность 6–8 часов). Выход пектинового экстракта варьировал от 2,5 до 3 % на сырую массу сырья. Содержание сухих веществ составило в среднем 18 %.

Результаты исследования свидетельствуют о целесообразности приготовления пектинового экстракта из выжимки смородины черной. Предлагаемый способ производства исключает энергетические потери на получение ледяной воды и непроизводительные потери сахаров.

Библиографический список:

1. <https://yandex.ru/covid19/stat>
2. Типсина Н.Н. Место пектина в функциональном питании // Вестник КрасГАУ. 2009. № 3. С 213-216.
3. Донченко Л.В. Анализ современного рынка пектина и пектинопродуктов // Сахар. 2019. № 8. С. 50-53

4. Пектин и параметры его получения / Н. П. Шелухина, Р. Ш. Абаева, Г. Б. Аймухамедова; АН КиргССР, Ин-т орган. химии. - Фрунзе: Илим, 1987. - 108,[1] с. : ил.; 20 см.

5. Разработка пектина из створок зелёного горошка и его использование в производстве хлебобулочных изделий / Созаева Джамиля Расуловна

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 579.6

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА РАСТВОРА НА ТОКСИЧНОСТЬ БЕЛОГО ФОСФОРА ДЛЯ *ASPERGILLUS NIGER*

А.З. Миндубаев

старший научный сотрудник, кандидат химических наук, доцент,
ИЭПТ КазНЦ РАН, г. Казань,
e-mail: a.mindubaev@knc.ru; mindubaev-az@yandex.ru

Э.В. Бабынин

кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики КФУ /
Института фундаментальной медицины и биологии, 420000,
г. Казань, ул. Университетская, д. 18,
e-mail: edward.b67@mail.ru

Е.К. Бадеева

научный сотрудник, кандидат химических наук, Институт
органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН,
г. Казань,
e-mail: ybadeev.61@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В представленной работе впервые описаны попытки увеличить концентрацию белого фосфора в культуральной среде до значений выше 1%. Для этого мы добавляли в культуральные среды оливковое масло – растворитель, в котором белый фосфор сравнительно хорошо растворим. Оказалось, что в присутствии этого компонента минимальная ингибирующая концентрация белого фосфора резко падает.

Ключевые слова: белый фосфор, *Aspergillus niger*, минимальная ингибирующая концентрация.

EFFECT OF SOLUTION CHARACTER ON WHITE PHOSPHORUS TOXICITY FOR *ASPERGILLUS NIGER*

A.Z. Mindubaev

Ph.D. in Chemistry, S.R., associate professor of IPEAT Kazan Scientific
Center of Russian Academy of Sciences, Kazan,
e-mail: a.mindubaev@knc.ru; mindubaev-az@yandex.ru.

E.V. Babynin

Ph.D. in Biology, associate professor, Kazan (Volga region) federal
university, Kazan,
e-mail: edward.b67@mail.ru

E.K. Badeeva

Ph.D. in Chemistry, r., State Budgetary-Funded Institution of Science
A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry of Kazan Scientific
Center of Russian Academy of Sciences, Kazan,
e-mail: ybadeev.61@mail.ru

ABSTRACT: In the present work, we describe attempts made to increase the concentration of white phosphorus in the culture medium to values above 1%. To do this, we added olive oil (a solvent in which white phosphorus is relatively soluble) to the culture medium. It turned out that in the presence of this component, the minimum inhibitory concentration of white phosphorus drops abruptly.

Key words: white phosphorus, *Aspergillus niger*, minimum inhibitory concentration.

Главное преимущество биодegradации [1], по сравнению с существующими альтернативными методами обезвреживания, заключается в том, что при использовании биодegradации в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители. Представленная на рисунке 1 схема метаболизма токсичного вещества метанол, изображенная на основе литературных источников [2], указывает на совершенство биохимии микроорганизмов, позволяющее обезвреживать даже вещества первого, наивысшего класса опасности. Такие, как белый фосфор.

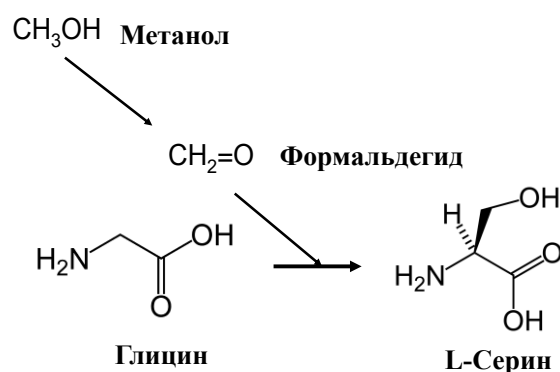


Рис. 1. Включение метанола и его метаболита формальдегида в состав аминокислоты в одну стадию – убедительный пример биодegradации. Рисунок А.З. Миндубаева

До сих пор максимальная концентрация белого фосфора в культуральных средах составляла 1% [3, 4, 5]. Поскольку минимальная ингибирующая концентрация (МИК) данного вещества для аспергиллов не была найдена, были основания полагать, что аспергиллы могут расти в средах с концентрацией P_4 более 1%. Это имеет важное практическое значение, поскольку расширяет возможности создаваемого метода. Поэтому, возникла идея увеличивать концентрацию белого фосфора в средах путем добавления его в виде масляного раствора. Оливковое масло стерилизовали в автоклаве. Благодаря использованию ультразвука (ванна «Сапфир», 25°C) нам удалось получить пересыщенный раствор белого фосфора в стерильном оливковом масле концентрацией 1.75% (0.35 г P_4 в 20 мл масла).

При ультразвуковой обработке даже без нагрева белый фосфор за час растворяется в масле быстрее, чем за несколько недель без влияния ультразвука. При стоянии часть белого фосфора из раствора выпадала в осадок, т.е. реальная концентрация была чуть меньше. В атмосфере аргона масло с белым фосфором сохраняло консистенцию и оливковый цвет, т.е. образовывался истинный раствор. Но при контакте с воздухом поверхность масла начинала дымить и покрываться темно-коричневой пленкой. Возможно, окисление белого фосфора кислородом воздуха приводило к образованию свободных радикалов и полимеризации компонентов масла. Посев проводился в планшет с 24 лунками объемом по 2 мл. В трех рядах лунок по горизонтали в среду добавлялось 5%, 2.5% и 1.25% масла с белым фосфором, соответственно. Концентрации белого фосфора в среде, таким образом, составляли 0.0875%, 0.04375% и 0.021875%. Четвертый ряд лунок представлял собой контроль, среду без белого фосфора и с фосфатом.

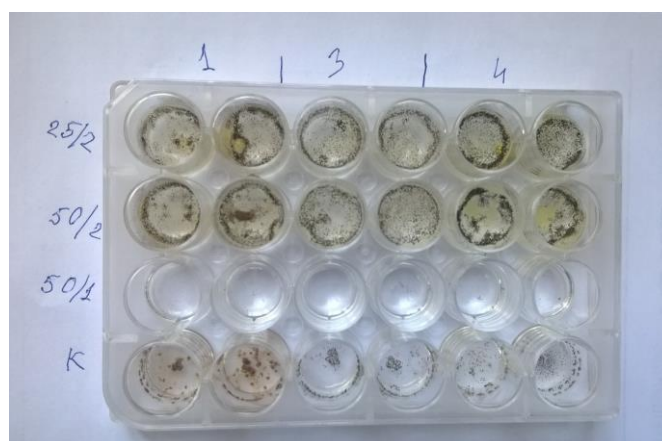


Рис. 2. 1 – штамм *A. niger* AM1, 3 – FW2731, 4 – FW2664. К – контроль, 1.2, 2.5 и 5% - содержание оливкового масла с растворенным белым фосфором. Снимок сделан через 32 суток после посева. В ряду лунок с 5% масла рост так и не начался.

Оливковое масло не оказывает на *A. niger* AM1 токсическое действие. Гриб растет в среде, содержащей оливковое масло в качестве единственного источника углерода, хотя медленнее, чем в среде с глюкозой. Однако, токсичность белого фосфора в виде масляного раствора оказалась намного выше, чем в виде водной эмульсии [6]. В ряду лунок с 5% масляного раствора (0.0875% в пересчете на P₄) рост не наблюдается даже спустя 32 суток после посева (рис. 2). Эта концентрация, по всей видимости, представляет собой МИК белого фосфора. Как показывали наши предыдущие исследования, в случае водной эмульсии P₄ аспергиллы росли даже при его концентрации 1%, т.е. как минимум в 11 раз выше. Возможно, такая разница объясняется крайне низкой растворимостью

белого фосфора в воде: он выпадает в осадок. Соответственно, только незначительная его часть проникает в клетки гриба и оказывает токсическое действие. В оливковом масле его растворимость выше, чем в воде, почти в 6000 раз, что значительно увеличивает эффективность проникновения белого фосфора внутрь живых клеток.

Библиографический список:

1. Миндубаев А.З. Микроорганизмы деструкторы и их роль в очистке природных сред (обзор) // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. С. 1-20.

2. Chistoserdova L., Kalyuzhnaya M.G., Lidstrom M.E. The Expanding World of Methylophilic Metabolism // Annu Rev Microbiol. 2009.Vol.63. P. 477-499.

3. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Влияние двухвалентной меди на биодеградацию белого фосфора // Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг». Иркутск, 15-17 апреля 2020 г. С. 110-113.

4. Миндубаев А.З., Кузнецова С.В., Евтюгин В.Г., Даминова А.Г., Григорьева Т.В., Романова Ю.Д., Романова В.А., Бабаев В.М., Бузюрова Д.Н., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Влияние белого фосфора на выживаемость, протеом и клеточную морфологию *Aspergillus niger* // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т.56. №.2. С.156-164.

5. Mindubaev A.Z., Kuznetsova S.V., Evtuyugin V.G., Daminova A.G., Grigoryeva T.V., Romanova Y.D., Romanova V.A., Babaev V.M., Buzyurova D.N., Babynin E.V., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. Vol.56. No.2. P.194-201.

6. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Низамов И.С., Хасиятуллина Н.Р., Пирут Л.М., Барская Е.Е., Акосах Й.А. Биодеградация соединений фосфора культурой черного аспергилла // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. №12. С.1-24.

УДК 628.34

ПОДБОР ФЛОКУЛЯНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

А.В. Раимов

Студент гр. МТМБд-41

Ульяновский государственный технический университет 432027,

г. Ульяновск, ул.Северный Венец, 32

e-mail: almaz_raimov@mail.ru

М.В.Бузаева

Д.х.н., доцент

Ульяновский государственный технический университет 432027,
г. Ульяновск, ул.Северный Венец, 32
e-mail: m.buzaeva@mail.ru

АННОТАЦИЯ: В данной статье рассмотрена проблема очистки нефтесодержащих сточных вод. В наше время очистка воды нельзя представить без использования флокулянтов - катионных, анионных или неионогенных полимеров на основе полиакриламида. Наибольшего эффекта стоит ждать в том случае, если флокулянты применять после коагулянтов.

Ключевые слова: полиакриламид, флокулянты, коагулянты, водоснабжение

SELECTION OF FLOCCULANTS FOR PURIFICATION OF OIL-CONTAINING WASTE WATER

A.V. Raimov

Student

Ulyanovsk State Technical University 432027,
Ulyanovsk, Severny Venets str., 32
e-mail: almaz_raimov@mail.ru

M.V. Buzaeva

Associate Professor

Ulyanovsk State Technical University 432027,
Ulyanovsk, Severny Venets str., 32
e-mail: m.buzaeva@mail.ru

ABSTRACT: This article deals with the problem of oily wastewater treatment. Nowadays, water purification cannot be imagined without the use of flocculants - cationic, anionic or nonionic polymers based on polyacrylamide. The greatest effect should be expected if flocculants are used after coagulants.

Key words: polyacrylamide, flocculants, coagulants, water supply

Нефтяная промышленность является одной из ключевых отраслей в экономике России, и ее развитие происходит быстрыми темпами. Но при добыче, транспортировке, переработке, а также при различных авариях наблюдается загрязнение окружающей среды.

Особую актуальность приобретает проблема загрязнения водных объектов. Такое загрязнение наносит ущерб не только окружающей среде, но и прежде всего здоровью человека.

Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» обязует предприятия проводить очистку нефтесодержащих сточных вод перед их сбросом в окружающую среду. Согласно действующему нормативу,

утвержденному в Постановлении Правительства РФ №644 от 29 июля 2013г, предельно допустимая концентрация (ПДК) нефтепродуктов в стоках составляет не более 10 мг/дм³. Вода может быть безопасной и может быть повторно использована в сельскохозяйственных или бытовых целях, не нанеся вреда природе, если соблюдать данные нормативы.[2]

Однако фактические показатели содержания нефтепродуктов в технологических средах после производственного цикла на различных предприятиях следующие:

Сферы производства	Концентрация нефтепродуктов в стоках, мг/л
Металлургия	100-300
Горное дело	7,6 – 300
Нефтеперерабатывающие заводы	350 – 75 000
Химическая промышленность	30 – 1 900
Машиностроение	1 – 1 800
Фармацевтика	300
Легкая промышленность	20 - 300
Заводы ЖБИ	30 – 600
Локомотивное и вагонное депо	116 – 60 000

Очистка нефтесодержащих сточных вод может осуществляться различными способами. Одним из способов является физико-химическая очистка. [3]

В наше время очистка воды нельзя представить без использования порошкообразных флокулянтов - катионных, анионных или неионогенных полимеров на основе полиакриламида. Наибольшего эффекта стоит ждать в том случае, если флокулянты применять после коагулянтов.

Все флокулянты делят по типу их заряда, что и определяет сферу их применения.

1. Анионный тип или положительно заряженный. Данная группа состоит из полимета акрилата натрия, чистого полиакрилата и других активных органических соединений.

Такие флокулянты притягивают противоположные по заряду загрязнения, формируя прочные водородные связи. Применяются для устранения фосфорных соединений, для ускорения процесса осаждения и нейтрализации неорганических веществ.

2. Катионные флокулянты. Применяются для удаления положительно заряженных остатков органического происхождения. Это происходит за счет образования прочных молекулярных цепочек между анионами загрязняющих частиц и катионами полимера. Применяется для очистки вод промышленного назначения.

3. Неионогенные флокулянты. Являются нейтрально заряженными, поэтому их действие основано на формировании водородных связей. Водород, который входит в состав молекулы полимера, взаимодействует с

атомами азота, кислорода или другими органическими составляющими, образуя плотное соединение. К длинному полимеру приклеиваются частицы коллоидного раствора. Нейтральные флокулянты имеют меньшую активность по сравнению с катионными и анионными, поэтому применяется для очистки слабозагрязненных вод.

Главной характеристикой данных флокулянтов являются: заряд макромолекулы в растворе (катионный, анионный или его отсутствие в случае неионогенных флокулянтов), молекулярная масса (которую можно варьировать в процессе синтеза от 6 млн. до 20 млн. у.е.), катионный мономер (один из 7 наиболее часто используемых), посаженный на остов молекулы полиакриламида (для катионных флокулянтов).[5]

Их применение в незначительном количестве (0,1-2 мг/л) позволяет интенсифицировать необходимый технологический процесс очистки нефтесодержащих вод методом напорной флотации) в десятки, а то и сотни раз. В настоящее время широко используются флокулянты концерна BASF- низкоанионный Магнафлок 10 (M10), среднеанионный Магнафлок 155 (M155) и высокоанионный Магнафлок 919 (M919). Наилучшая степень очистки может достигаться при использовании среднеанионного Магнафлок 155, так как в составе M155 присутствуют 50-70% групп, подвергшихся гидролизу при его получении и данный флокулянт имеет оптимальную молекулярную массу 15-18 млн. Активные функциональные группы, адсорбируясь, связывают компоненты нефтяных стоков в нерастворимые соединения, агломерируют нефтяные капли и нейтрализуют другие органические примеси. [5]

Были проведены лабораторные исследования очистки нефтесодержащих стоков промышленного предприятия г. Ульяновска с использованием анионных флокулянтов Аквафлок - 2510 и Аквафлок – 2540. После введения коагулянта в пробу сточной воды добавляли флокулянт в дозах 3 - 5 мг/л. Эффективность очистки оценивали по скорости осветления, содержанию взвешенных веществ и нефтепродуктов в очищенной воде. Показатели определялись по стандартным методикам.

Флокулянты по показателю скорости осветления сходные результаты. На формирование и осаждение хлопьев требуется 2-5 минут при использовании как слабоанионного так и сильноанионного флокулянта. Очистка от нефтепродуктов и взвешенных происходит более эффективно при использовании Аквафлок – 2510. При этом концентрация нефтепродуктов снижается 100-120 раз, содержание взвешенных веществ снижается 7-10 раз.

Таким образом, для очистки нефтесодержащих сточных вод использование флокулянтов позволит не только улучшить качество воды, но и сделает процесс очистки быстрым и эффективным. Это современный метод, который в совокупности с коагулянтами позволит полностью

реконструировать систему фильтрации без лишних затрат и временных вложений. Однако не всегда достигается оптимальный результат, так как выбор флокулянта и его эффективность будут зависеть не только от характеристик сточной воды и свойств флокулянтов, но и от технологической схемы с заданными параметрами очистки воды.

Библиографический список

1. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов. - М.: АСВ, 2017. - 766 с.
2. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. - М.: Изд-во РУДН, 2004. – 131с.
3. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. — Ленинград: Химия, 1987. — 202 с.
4. Патент 2077495 РФ, МКИ С 02 F1/28. Зайданберг А.З., Рябченко В.А., Дюккиев Е.Ф. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов-1997. Бюл. №11.
5. Яблокова М.А., Петров С.И. Комплексная технология очистки сточных вод от маслонефтепродуктов // Химическая промышленность.- 2003.т.80, №11— С.54.

УДК 504.43.064.36: 504.064.47(46)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ВОДЫ, ОТОБРАННЫХ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Е.И. Каненкин

Аспирант гр. аЭК-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: KanenkinEvgeniu@mail.ru

Л.А. Бегунова

к.т.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: lbegunova@mail.ru

Е.Н. Карасева

Магистрант гр. ФХм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: ekaterina.n.karaseva@mail.com

АННОТАЦИЯ: В статье представлены данные по исследованию проб воды на содержание тяжёлых металлов и некоторых основных компонентов. Пробы отбирались на границе полигона ТКО и санитарно-защитной зоне. Для исследования проб на содержание хлоридов, нитритов, нитратов и фосфатов использовали спектрофотометрический и меркуриметрический методы анализа. Содержание металлов, в том числе тяжёлых в пробах воды определяли методом масс спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Ключевые слова: обращение с отходами, мониторинг, загрязнение среды.

RESEARCH OF WATER SAMPLES TAKEN IN THE AREA OF THE LOCATION OF SOLID COMMUNAL WASTE LANDSCAPE

E. I. Kanenkin

Postgraduate student gr. аЕС 20-1
Irkutsk National Research
Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: KanenkinEvgeniu@mail

L.A. Begunova

Ph.D., Associate Professor
Irkutsk National Research
Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: lbegunova@mail.ru

E.N. Karaseva

Master student gr. FHM-20-1
Irkutsk National Research
Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: ekaterina.n.karaseva@mail.com

ABSTRACT: The article presents data on the study of water samples for the content of heavy metals and some of the main components. Samples were taken at the border of the MSW landfill and the sanitary protection zone. To study samples for the content of chlorides, nitrites, nitrates and phosphates, spectrophotometric and mercurimetric methods of analysis were used. The content of metals, including heavy metals, in water samples was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry.

Key words: waste management, monitoring, environmental pollution.

В настоящее время к основным природоохранным проблемам Байкальского региона относится отсутствие отвечающих требованиям

экологического законодательства для захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО). Согласно данным, в Иркутской области на каждого жителя образуется от 270 до 450 кг. отходов в год [1]. Отсутствие системы отдельного сбора образующихся отходов производства и потребления в Иркутской области является причиной опасного загрязнения всех компонентов окружающей среды, значительного эколого-экономического ущерба, и представляющего реальную угрозу уникальной экосистеме оз. Байкал, а отсутствие налаженной системы мониторинга говорит о необходимости изучения параметров техногенной нагрузки и определения воздействия на компоненты окружающей природной среды при эксплуатации полигонов твердых коммунальных отходов.

По расчётам Управления Росприроднадзора по Иркутской области, за прошлый год, на полигоны ТКО было передано около 56 млн. тонн мусора [2]. По объёму переработки и утилизации мусора регион занимает одно из последних мест в РФ.

Одной из задач исследований являлась оценка негативного воздействия полигона ТКО г. Иркутска на окружающую среду. Для исследования были отобраны пробы воды на границе с территорией Маратовского полигона ТКО, единственного санкционированного объекта для захоронения муниципальных отходов, и на расстоянии 500 метров - санитарно-защитная зона. Отбор производился с разных сторон полигона с учётом преобладающих ветров, ландшафта местности и условий обводнённости. Производилась фотосъёмка и снятие координат с места отбора проб.

По данным предыдущих циклов наблюдения (2014 год) в зоне воздействия полигона ТКО г. Иркутска сформирован очаг загрязнения подземных вод. При взаимодействии твердых коммунальных отходов с атмосферными осадками образуется фильтрат, который является самым опасным фактором загрязнения территории депонирования отходов. Анализ ранее проведённых исследований воды показал, что в фильтрате полигона превышены нормы ПДК по многим показателям, в том числе по тяжёлым металлам: никелю, свинцу, кадмию [3].

Для оценки процессов эмиссии и динамики изменения состояния среды в рамках настоящего проекта решено продолжить исследование территории, прилегающей к полигону и определить в первую очередь те показатели, которые имели превышения нормативных значений в 2014 году в теле самого полигона.

Исследования отобранных проб воды из водотоков проводились в аккредитованных лабораториях. Для исследования проб на содержание хлоридов, нитритов, нитратов и фосфатов использовали спектрофотометрический и меркуриметрический методы анализа. В результате проведённого анализа установлено, что превышений ПДК не наблюдается.

Необходимо отметить следующее: в пробе №2 многие показатели находятся на верхней границе нормативных значений, следовательно, необходимо обратить внимание на работу очистных сооружений.

Содержание металлов, в том числе тяжёлых в пробах воды определяли методом масс спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований проб воды полигон ТКО г. Иркутска 2019 г.

Показатель (кислотность, концентрация)	Измеренное значение, мг/л		ПДК водоёма рыбо- хозяйственного назначения, мг/л [5]
	Проба №1	Проба № 2	
рН	7,98	7,37	6,0-9,0
хлориды	59,6±7,2	253±28	300
нитраты	0,09±0,04	0,86±0,34	9
нитриты	0,034±0,017	0,004±0,002	0,2
фосфаты	< 0,040	< 0,040	0,2
аммоний	< 0,1	< 0,1	0,5
никель	0,00465	0,00476	0,01
кобальт	0,00043	0,000640	0,01
медь	0,0128	0,00165	0,001
свинец	0,000028	0,000029	0,006
кадмий	0,000098	0,000021	0,005
марганец	0,0029	0,00194	0,01
железо	0,0055	0,00383	0,1
мышьяк	0,00144	0,00376	0,05
цинк	0,065	0,0046	0,01
алюминий	0,021	0,00236	0,04

Основной причиной наличия сравнительно высокого содержания тяжёлых металлов является захоронение на полигоне опасных отходов (ртутных ламп, термометров, батареек, банок из-под краски). Атмосферными осадками эти металлы из тела полигона постепенно вымываются, образуется фильтрат, загрязняющий почву. Если фильтрат не утилизировать, то просочившись сквозь почву он попадает в основной водоносный горизонт. В направлении движения потока подземных вод (в северном) наблюдается ежегодное увеличение концентрации химических веществ, что в ближайшее время может привести к загрязнению основного водоносного горизонта, являющегося источником питьевой воды для деревни Карлук и Глазунова, расположенной в 3 км от полигона.

В ходе исследований была произведена оценка воздействия полигона на окружающую среду. Можно сделать вывод, что полигон ТКО г. Иркутска практически выработал свой ресурс и необходимо совместно с региональным оператором разработать стратегию развития управления отходами в нашей области, которая позволила бы снизить техногенную нагрузку на природу в Байкальском регионе. Производственный контроль

полигона ТБО должен предусматривать постоянное наблюдение за состоянием воды в зоне возможного влияния полигона. Необходимо, как можно скорее начать раздельный сбор отходов, и начать переработку, чтобы уменьшить влияние полигона на окружающую среду.

Библиографический список:

1. Реализация новой системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами на территории Иркутской области. Материалы правительства Иркутской области. / [Электронный ресурс] <https://irkobl.ru/sites/gkh/ТКО/Презентация%20ТКО.pdf>

2. Территориальная схема Иркутской области. Материалы правительства Иркутской области. Министерство природных ресурсов и экологии. [Электронный ресурс] <https://irkobl.ru/sites/ecology/working/-ohrana/page1.php>.

3. Карлушина Н.В. и др. Комплексная оценка воздействия полигона твердых бытовых отходов г. Иркутска на компоненты окружающей среды. // Инженерная геология. – 2014 г. - № 2, С.54-62.

4. ГН.2.1.5.1315-03 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

5. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 522 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

УДК 628.16.087

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ NI(II), ZN(II) И CU(II) ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЕМЫМ ГИББСИТОМ

Е.В. Субботина

Магистрант гр. ФХм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: sev@istu.edu

Р.А. Николаенко

Студент гр. МЦб-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: rodyaniko@gmail.com

Е.Г. Филатова
К.т.н., доцент каф. ХиПТ
Иркутский национальный
исследовательский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: efila@list.ru

АННОТАЦИЯ: Электрогенерируемый гиббсит (гидроксид алюминия γ -модификации), получали электролизом водных растворов с использованием алюминиевых электродов. В работе использован гиббсит, полученный в течение первых пяти минут электролиза. Такой адсорбент имеет аморфное состояние и сетчатую структуру и как следствие хорошую адсорбционную способность. Исследование адсорбционных свойств электрогенерируемого гиббсита по отношению к токсичным ионам Ni(II), Zn(II) и Cu(II) проводили на модельных растворах. Величина адсорбции для ионов Ni(II) составила 437,0 мг/г; для Zn(II) – 362,5 мг/г и для Cu(II) – 148,8 мг/г. Полученные изотермы имеют ступенчатый характер что объясняется неоднородностью адсорбирующей поверхности, на которой расположены группы активных центров, резко отличающихся друг от друга по своей активности.

Ключевые слова: электрогенерируемый гиббсит, гидроксид алюминия γ -модификации, ионы Ni(II), Zn(II) и Cu(II).

STUDY ADSORPTION Ni (II), Zn (II) AND Cu (II) IONS ELECTRIC GENERATED GIBBSITE

E.V. Subbotina
Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: sev@istu.edu

R.A. Nikolaenko
Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: rodyaniko@gmail.com

E.G. Filatova
Assistant professor
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: efila@list.ru

ABSTRACT: Electricgenerated gibbsite(γ -modification aluminum hydroxide) was obtained by electrolysis of aqueous solutions using aluminum electrodes. Gibbsite obtained during the first five minutes of electrolysis was

used in the work. The choice of the initial concentration of the model solutions is justified by the real composition of industrial wastewater. The adsorption isotherms of Ni (II), Zn (II), and Cu (II) ions have been obtained. The adsorption value for Ni(II) ions was 437.0 mg / g; for Zn(II), 362.5 mg / g; and for Cu(II), 148.8 mg / g. The obtained isotherms are stepped in nature, which is explained by the inhomogeneity of the adsorbing surface, on which groups of active centers are located, which sharply differ from each other in their activity.

Keywords: electrogenerated gibbsite, aluminum hydroxide of γ -modification, Ni(II), Zn(II) and Cu(II) ions.

Для удаления ионов Ni(II), Zn(II) и Cu(II) из сточных вод применяют различного рода адсорбенты. Широко используют активные угли [1], природные и модифицированные цеолиты [2, 3], синтетические адсорбенты [4] и др. Использование на практике электрогенерируемых адсорбентов-коагулянтов, т.е. гидроксида алюминия, полученного электрохимическим путем, существенно повышает эффективность удаления загрязнений, а также позволяет избегать вторичного загрязнения воды.

Целью работы явилось исследование адсорбции ионов Ni(II), Zn(II) и Cu(II) из водных растворов электрогенерируемым гиббситом (гидроксидом алюминия γ -модификации).

В качестве объекта исследования использовали электрогенерируемый гидроксид алюминия, полученный при электролизе водных растворов с использованием алюминиевых электродов [5]. Установка по проведению электролиза включала: электрохимическую ячейку; источник питания Б5–71; амперметр М–1104; вольтметр М–243; кулонометр, реостат и термостат УТУ–4. В табл. приведены технические показатели и параметры электрохимической установки с алюминиевыми анодами и катодами.

Таблица

Технические показатели и параметры электрохимической установки

Характеристика	Величина
Объем установки, см ³	100
Площадь алюминиевых анодов, см ²	8–16
Расстояние между электродами, см	1
Плотность тока, мА/см ²	0,5– 10,0
Сила тока, мА	4–160
Напряжение, В	12

Согласно результатам рентгенофазового исследования установлено, что полученный спектр идентичен спектру гидроксида алюминия γ -модификации – гиббситу. Известно, что образовавшийся электрохимическим путем, гидроксид алюминия имеет аморфное состояние и сетчатую структуру [6]. Активность такого

электрогенерируемого образца оказывается значительно выше, чем у аналога полученного реагентным путем [5]. Исследование адсорбционной способности полученного гиббсита проводили с помощью изотерм адсорбции (рис.). Время установление адсорбционного равновесия адсорбат-адсорбент составило 10 минут.

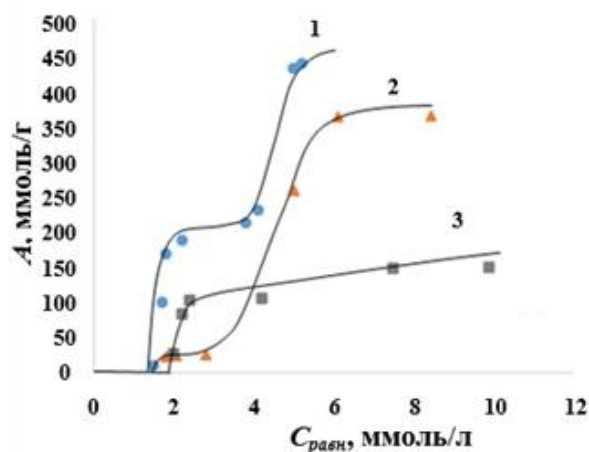


Рис. Изотермы адсорбции токсичных ионов: (1 - Ni(II); 2 - Zn(II); 3 - Cu(II))

Известно, что изотермы, полученные при адсорбции растворенных веществ на гидроксиде алюминия, имеют ступенчатый характер [5]. На поверхности адсорбента, которая является неоднородной, находятся группы активных центров, резко отличающихся друг от друга по своей адсорбционной активности. К таким поверхностям можно отнести агрегаты $Al(OH)_3$, в которых наблюдается цепочечная структура, что свидетельствует о наличии на шарообразных частицах более активных центров. Величина адсорбции ионов Ni(II) составила 437,0 мг/г; для Zn(II) – 362,5 мг/г и для Cu(II) – 148,8 мг/г. Известно, что адсорбционная емкость синтетических адсорбентов при извлечении токсичных ионов может достигать: 122,4 мг/г – для Ni(II); 72,32 мг/г – для Zn(II) [7, 8]. При этом величина адсорбции ионов Zn(II) и Ni(II) исследуемым адсорбентом, превышает представленные значения в 5 и 3,6 раза соответственно. Для ионов Cu (II) величина адсорбции практически сопоставима.

Библиографический список:

1. Zhai K., Li Z., Li Q. Study on preparation of luffa activated carbon and its adsorption of metal ions. *Advances in materials, machinery, electronics. AIP Conference Proceedings*. 2017. 1820. UNSP 030013.
2. Oter O., Akcaу H. Use of natural clinoptilolite to improve, water quality: Sorption and selectivity studies of lead(II), copper(II), zinc(II), and nickel(II). *Water environment research*. 2007. V. 79. N 3. P. 329–335.
3. Nezamzadeh-Ejhih A., Kabiri-Samani M. Effective removal of Ni(II)

from aqueous solutions by modification of nano particles of clinoptilolite with dimethylglyoxime. Journal of hazardous materials. 2013. V. 260. P. 339–349. DOI: 10.1016 / J.Jhazmat. 2013.05.014.

4. Ji F., Li C., Xu J., Liu P. et al. Dynamic adsorption of Cu(II) from aqueous solution by zeolite/cellulose acetate blend fiber in fixed-bed. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2013. V. 434, N 5. P. 88–94. DOI: 10.1016 / J.Colsurfa. 2013.05.045.

5. Филатова Е.Г., Дударев В.И. Оптимизация электрокоагуляционной очистки сточных вод гальванических производств. Иркутск : ИрГТУ, 2013. 140 с.

6. Филатова Е.Г. Оптимизация электрокоагуляционной технологии очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Химия и технология воды. 2016. Т. 38. № 3. С. 300-310.

7. Oliveira M.L.M., Miranda A.A.L., Barbosa C.M.B.M., Cavalcante Jr. C.L., Azevedo D.C.S. Adsorption of thiophene and toluene on NaY zeolites exchanged with Ag(I), Ni(II) and Zn(II). Fuel. 2009. V. 88, N 10. P. 1885–1892.

8. Филатова Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С. 97-109.

УДК 546.776

ОЧИСТКА ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

А.В.Драгунский

соискатель

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: vol-sok@ yandex.ru

О.В.Рыбарчук

К.т.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: oklim89@mail.ru

В.И.Дударев

Д.т.н., профессор

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: vdudarev@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Гальваническое производство, связанное с хромированием металлов, должно соответствовать современным нормам и стандартам, направленных на совершенствование в создании высокоэффективной, малоотходной, экологически безопасной технологии. Сорбционные методы проявили себя как весьма эффективные для решения вышеуказанных проблем машиностроительных производств. Изучены кинетических свойства, адсорбционная способность углеродных сорбентов по отношению к ионам хрома(VI), возможность проведения регенерации сорбента насыщенного ионами хрома и дальнейшем многократном использовании после восстановления сорбционных свойств. Применение углеродных сорбентов для извлечения хрома из техногенных растворов позволило сократить выбросы загрязняющих веществ в водные объекты.

Ключевые слова: очистка, хромсодержащие стоки, адсорбция, углеродные сорбенты

CLEANING CHROMIUM-CONTAINING RUNOFF WITH CARBON SORBENTS

A.V.Dragunsky
Applicant

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Street Lermontova, 83,
e-mail: vol-sok@ yandex.ru

O.V.Klimova

assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: oklim89@mail.ru

V.I.Dudarev

professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: vdudarev@mail.ru

ABSTRACT: Galvanic metal chromium production must meet modern standards and standards to improve the development of highly effective, low-waste, environmentally friendly technology. Sorbation methods have shown themselves to be very effective in solving the above problems of engineering industries. Studied kinetic properties, the absorption capacity of carbon sorbents in relation to chromium ion (VI), the possibility of regeneration of sorbent saturated with ion chromium and further reuse after the recovery of chromium. The use of carbon sorbents to extract chromium from man-made solutions has reduced emissions of pollutants into water facilities.

Keywords: cleaning, chromiumcontaining drains, adsorption, carbon sorbents.

Гальваническое производство, связанное с хромированием металлов, обязательно должно соответствовать современным нормам и стандартам, направленных на совершенствование в создании высокоэффективной, малоотходной, экологически безопасной технологии. Соединения шестивалентного хрома являются генотоксичными канцерогенами, (вызывая мутации внутри клетки) которые приводят к возникновению рака. На промышленных предприятиях очистка высококонцентрированных, агрессивных хромсодержащих растворов в основном производится химическими, сорбционными, электрохимическими методами. Но, к сожалению, по отдельности указанные методы не обеспечивают полное извлечение ионов шестивалентного хрома, и поэтому возникают большие трудности при создании экономически выгодного оборотного водоснабжения, а также повторного использования ценных компонентов в технологическом процессе.

Сорбционные методы проявили себя как весьма эффективные для решения вышеуказанных проблем машиностроительных производств. Углеродные сорбенты являются уникальными, устойчивыми и высокопористыми материалами, показывающими в растворах электролитов селективные ионообменные и адсорбционные свойства. Эти свойства проявляются благодаря наличию в их составе разнообразных сорбционно активных группировок, представленных разнообразными кислородсодержащими группами, алкильными или циклоалкильными заместителями. Установлено, что сорбционное взаимодействие в системе хромсодержащий раствор – углеродный сорбент протекает достаточно интенсивно. Адсорбционную способность сорбентов по отношению к ионам хрома(VI) оценивали с помощью изотерм и кинетических кривых адсорбции. Извлечение ионов из растворов проводили в статических и динамических условиях, используя при этом методы постоянных концентраций и переменных навесок. В начальный момент адсорбции при малых концентрациях ионов наблюдается максимальная скорость сорбции, внешняя диффузия ионов хрома к поверхности сорбента определяет скорость процесса, но по мере заполнения пор происходит затруднение проникновения вглубь сорбента. В целом, реакции ионообменной сорбции подчиняются первому порядку. С ростом температуры константы скорости адсорбционного процесса увеличиваются. Это явление характерно для активированной сорбции, в результате которой молекулы поглощенного вещества, взаимодействуют с молекулами адсорбента и образуют на его поверхности мономолекулярный слой.

Изучена возможность проведения регенерации сорбента насыщенного ионами шестивалентного хрома и дальнейшем многократном использовании после восстановления сорбционных свойств. Установлено, что необходимо проводить процесс в динамических условиях 1% раствором NaOH при

температуре 338 К. Полученные результаты позволяют эффективно и экономически выгодно решить техническую задачу по повышению срока службы сорбента и увеличить длительность межрегенерационной работы. Применение углеродных сорбентов для извлечения хрома из техногенных растворов позволило сократить выбросы загрязняющих веществ в водные объекты, минимизировать затраты на материалы, а также создать предпосылки для формирования оборотное водопользование на предприятиях, имеющих гальванопроизводства.

УДК 544.1

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИАНГАРЬЯ**

О.И. Помазкина

К.х.н,

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: olga_pomazkina@mail.ru

Е.Г. Филатова

К.т.н., доцент каф. ХиПТ

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: efila@list.ru

Г.В. Гусева

Учитель биологии и химии

МАУ «Шигаевская СОШ»

671202 с Шигаево, Кабанский р-он, Рес. Бурятия
e-mail: galgus@yandex.ru

Р.А. Николаенко

Студент гр. МЦб-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: rodyaniko@gmail.com

АННОТАЦИЯ: Повышение экологической безопасности гальванического производства путем создания новых высокоэффективных, технологичных сорбентов на основе природных алюмосиликатов для очистки сточных и хозяйственно-бытовых вод.

Ключевые слова: экологическая безопасность, алюмосиликаты, ионы тяжелых металлов, сточные воды.

THE USE OF ALUMINOSILICATES FOR ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER RESOURCES OF THE ANGARA REGION

O.I. Pomazkina

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: olga_pomazkina@mail.ru

E.G. Filatova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

G.V. Guseva

Biology and Chemistry Teacher

MAU "Shigaevskaya secondary school"

671202 Shigaevo,

Kabansky district, Res. Buryatia

e-mail: galgus@yandex.ru

R.A. Nikolaenko

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: rodyaniko@gmail.com

ABSTRACT: Increase of ecological safety of galvanic production by creation of new highly effective, technological sorbents on the basis of natural aluminosilicates for purification of sewage and domestic water.

Keywords: ecological safety, aluminosilicates, ions of heavy metals, sewage.

Ежегодно в окружающую среду со сточными водами и концентрированными растворами попадают сотни тонн токсичных металлов. К токсичным относят тяжелые металлы, которые даже в небольших дозах приводят к нарушению нормальных метаболических функций живых организмов. Тяжелые металлы довольно устойчивы, поступая в водоемы, они включаются в круговорот веществ и подвергаются различным превращениям. Неорганические соединения быстро связываются буферной системой воды и переходят в слаборастворимые гидроокиси, карбонаты, сульфиды и фосфаты, а также образуют металлоганические комплексы, адсорбируются донными осадками. К тяжелым металлам, обладающими высокой токсичностью, относят ртуть, свинец, кадмий, хром, никель, медь, цинк, железо и др. [1].

Существующие процессы очистки промышленных сточных вод от токсичных ионов представляют собой комбинирование механических,

химических и физико-химических методов. Ключевую роль при этом играет заключительная стадия процесса, обеспечивающая максимальную глубину очистки благодаря использованию электрохимических, мембранных, сорбционных и других технологий. [2].

Сорбционные процессы легко управляемые и поддаются автоматизации. Благодаря их применению в технологических процессах на производстве, можно добиться очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов до уровня ПДК, а очищенную воду использовать повторно, в оборотной системе водоснабжения предприятия. Основным критерием при выборе материала для глубокой очистки сточных вод являются его сорбционные характеристики, пористая структура, селективность, прочность и экономичность. Наряду с высокоэффективными, но дорогостоящими, синтетическими полимерными адсорбентами, активно исследуются относительно недорогие и доступные углеродные сорбенты, кремнезем, торф и продукты его переработки, золы и др. [3].

Достойное место в этом ряду занимают природные и модифицированные алюмосиликаты. Низкая себестоимость и большие запасы алюмосиликатов позволяют ставить вопрос об их широком использовании в технологиях очистки сточных вод.

Рассмотрена возможность повышения техносферной безопасности гальванического производства путем создания новых высокоэффективных, технологичных сорбентов на основе природных алюмосиликатов для очистки сточных и обеззараживания хозяйственно-бытовых вод.

С целью улучшения физико-химических характеристик природных образцов осуществлена модификация природных алюмосиликатов N,N'-бис(3-триэтоксисилилпропил)тиокарбамида (БТМ-3) и HCl. Наиболее стабильные результаты по аппретированию алюмосиликатов (БТМ-3) получены при использовании в качестве растворителя гексана. Содержание аппрета в полученных модифицированных продуктах по данным элементного (содержание азота – 5,3 %, содержание серы – 4, 8%) и весового методов анализа составляет 39,4 %. Благодаря присутствию в составе аппрета химически-активных тиокарбамидных групп, процесс адсорбции в этом случае сопровождается образованием на поверхности материала устойчивых координационных соединений, что обуславливает большую эффективность таких материалов [4-5].

На основании результатов рентгенофазового анализа установлено, что при модификации алюмосиликатов HCl происходит разрушение основного компонента гейландита, его содержание снижается с 64,3 до 42,9 %. Однако, температурная обработка при модифицировании способствует уплотнению структуры санидина $KAlSi_3O_8$ и кристобалита SiO_2 почти в 2 раза. Таким образом, при модифицировании алюмосиликатов HCl изменяются их текстурные характеристики. Более чем в два раза увеличивается их удельная

поверхность и удельный объем пор. Средний размер пор сокращается от 1,8 до 1,6 нм, что положительным образом влияет на их адсорбционные свойства [6].

При исследовании антибактериальных свойств модифицированных и природных алюмосиликатов показано улучшение антимикробных свойств при модификации исследуемых образцов. В случае алюмосиликатов, модифицированных БТМ-3, эффективность обеззараживания воды составила 79–85%, а для алюмосиликатов, модифицированных НСІ – 89–92%. Наилучшие результаты по снижению общего микробного числа показали алюмосиликаты, модифицированные НСІ. Их практическое использование позволяет снижать ОМЧ до норм питьевой воды и ниже [7].

Изучена адсорбция ионов тяжелых металлов на природных алюмосиликатах и модифицированных *N,N'*-бис(3-триэтоксисилилпропил)-тиокарбамида (БТМ-3) и НСІ. Построены изотермы адсорбции. Полученные экспериментальные данные обработаны с применением моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, БЭТ и Дубинина-Радушкевича. Определены константы этих уравнений.

Адсорбция ионов никеля (II) и меди (II) алюмосиликатами, модифицированными *N,N'*-бис(3-триэтоксисилилпропил)тиокарбамидом, имеет более высокие значения относительно всех других образцов (0,214 ммоль/г (12,6 мг/г) и 0,128 ммоль/г (8,1 мг/г) соответственно). В не конкуренции остаются алюмосиликаты, модифицированные НСІ, при адсорбции ионов хрома (III). Величина адсорбции составляет 0,050 ммоль/г (2,7 мг/г), что можно объяснить увеличением среднего размера пор модифицированных алюмосиликатов. При этом адсорбционная способность природных алюмосиликатов максимальна для ионов цинка 0,048 ммоль/г (3,1 мг/г).

Проведено сравнительное исследование адсорбционных моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина–Радушкевича для описания экспериментальных изотерм адсорбции ионов тяжелых металлов на исследуемых адсорбентах. Установлено, что адсорбция ионов тяжелых металлов на алюмосиликатах, модифицированных БТМ-3 и НСІ, наилучшим образом описывают модели адсорбции Ленгмюра и Фрейндлиха. Адсорбцию на природных аналогах наилучшим образом характеризуют модели Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича. [8].

На основании модели Дубинина-Радушкевича установлено что, закрепление ионов тяжелых металлов на природных алюмосиликатах происходит по ионообменному механизму, за исключением ионов хрома (III). Для образцов модифицированных БТМ-3, зафиксированы самые высокие значения свободной энергии адсорбции (12,50–16,22 кДж/моль) подтверждающие, химическую природу процесса. Закрепление ионов тяжелых металлов на алюмосиликатах, модифицированных НСІ, имеет механизм,

основанный на физических процессах, что подтверждают полученные значения свободной энергии адсорбции, изменяющиеся от 3,30 до 5,27 кДж/моль.

На основании проведенного комплекса исследований по физико-химическим и антибактериальным свойствам природных и модифицированных алюмосиликатов разработана схема очистки сточных вод от токсичных ионов. Практическое использование предлагаемой схемы очистки, позволяет часть очищенной воды после выхода из адсорбера возвращать обратно в производство на технические нужды [9]. В результате исследований направленных на изучение физико-химических свойств алюмосиликатов, модифицированных HCl, экспериментально доказано высокая эффективность таковых при обеззараживании воды хозяйственно-бытового назначения.

Библиографический список:

1. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: Учеб.пособие / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. 3-е изд., перераб. – М.: Высш.шк., – 2006. – 334с.:ил.
2. Серпокрылов Н.С., Вильсон Е.В., Гетманцев С.В., Марочкин А.А. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, – 2009. – 264 с.
3. Челищев Н. Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. М.: Наука, 1988. 128 с.
4. Брек. Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 781 с.
5. Жданов С. П., Егорова Е. Н. Химия цеолитов. Л.: Наука, 1968. 158 с.
6. Торопцева А.М., Белгородская К. В., Бондаренко В.М. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. Л.: Химия, 1972. 415 с.
7. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 1974. 336 с.
8. Помазкина О.И., Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2020. Т. 56. № 5. С. 479-484..
9. Помазкина О.И., Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2019. Т. 55. № 5. С. 507-512.

УДК 544.723.5

АДСОРБЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЦЕОЛИТОМ, МОДИФИЦИРОВАННЫМ КРЕМНЕОРГАНИЧЕСКИМ ПОЛИМЕРОМ

А.Д. Чугунов

Аспирант гр. аФХ-20-1

Иркутский национальный

исследовательский технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: chugunovsasha1996@yandex.ru

П.А. Сальник
Магистрант гр. ФХМ-20-1
Иркутский национальный
исследовательский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: plnsalnik@gmail.com

Ю.Н. Пожидаев
Д.т.н., профессор
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: pozhid@istu.edu

АННОТАЦИЯ: В данной работе рассмотрена адсорбция ионов никеля, меди и кобальта из водных раствором природным цеолитом Холинского месторождения, модифицированного 1-(3-триэтоксисилилпропил)тиосемикарбазида. Модификация позволила увеличить адсорбционную емкость цеолита по данным ионам.

Ключевые слова: Адсорбенты, цеолиты, модификация, ионы тяжелых металлов.

ADSORPTION OF HEAVY METALS BY ZEOLITE MODIFIED WITH SILICON POLYMER

A.D. Chugunov
graduate student
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: chugunovsasha1996@yandex.ru

P.A. Salnik
student
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: plnsalnik@gmail.com

Yu. N. Pozhidaev
professor
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: pozhid@istu.edu

ABSTRACT: In this work is considered the adsorption of nickel, copper and cobalt ions from aqueous solutions by natural zeolite of the Kholinsky deposit, modified with 1-(3-riethoxysilylpropyl)thiosemicarbazide. The modification made it possible to increase the adsorption capacity of the zeolite for these ions.

Keywords: Adsorbents, zeolites, modification, heavy metal ions.

В настоящее время загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является актуальной проблемой. Источниками загрязнений являются отходы рудообогатительного, гальванического и металлургического производства, при сжигании углей и нефти. Тяжелые металлы могут накапливаться в живых организмах, обладают мутагенными и канцерогенными свойствами, влияют на ЦНС.

В процессах удаления тяжелых металлов хорошо зарекомендовали себя природные, синтетические и модифицированные цеолиты [1-3].

Природные цеолиты представляют собой кристаллические алюмосиликаты с упорядоченно распределенными микропорами одинакового размера, способные к ионному обмену [4].

В качестве объекта исследования использовали природный цеолит Холинского месторождения (Россия) – гейландит кальция $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, содержащий 25–30 мас. % примесной породы, калиевого шпата KAlSi_3O_8 .

Большинство обменных центров цеолита расположено внутри микропор, что ограничивается доступ к ним крупных ионов и молекул, это их относительно низкую адсорбционную способность к ним [5]. Нивелирование данной проблемы достигается за счет модификации поверхности цеолита неорганическими соединениями, а также органическими соединениями, содержащими ионообменные или комплексообразующие функциональные группы, такие как азот- или серосодержащие, являющиеся мягкими основаниями [6-7].

Одним из эффективных методов модификации цеолита является силилирование, которое (в отличие от катионного обмена) обеспечивает прочную ковалентную связь между органическими компонентами и входящими в их состав азот- и серосодержащих групп, модификатора и силикатной поверхностью минерала, предотвращая их выщелачивание. Процесс силилирования происходит через реакцию между неорганической матрицей и алкоксисиланами, алкоксигруппы которых реагируют с группой OH, присутствующей на поверхности твердых веществ, с образованием гибридного органо-неорганического материала [8-10].

В данной работе в качестве модификатора использовали 1-(3-триэтоксисилилпропил)тиосемикарбазида, который синтезировали из тиосемикарбазида и 1-(3-аминопропил)-триэтоксисилана по реакции гидролитической конденсации:

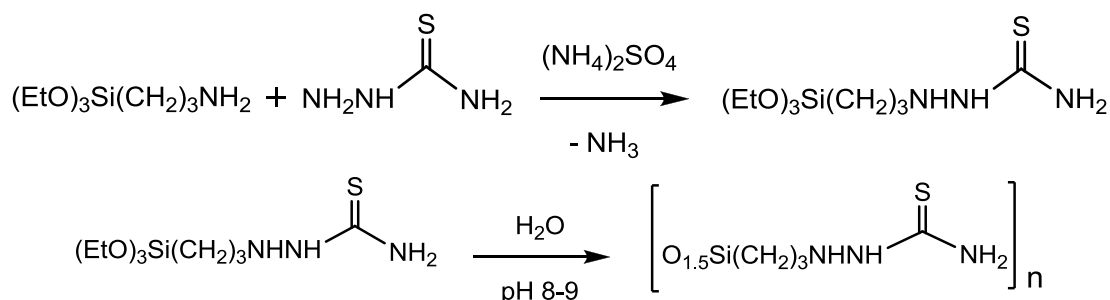


Рис. 1. Синтез 1-(3-триэтоксисилилпропил)тиосемикарбазида

Иммобилизация полученного полимера осуществляли постепенным добавлением модификатора к цеолиту (фракция 0.5-1.0 мм) в гексановой среде при перемешивании в течении 1 часа при 50°C.

Модифицированный цеолит, полученный таким образом, представлял собой твердое вещество красно-коричневого цвета. Однако модифицирование привело к понижению удельной поверхности, удельного объема пор и объема микропор материала, что видно из таблицы 1.

Таблица 1

Характеристики исходного и модифицированного цеолита

Параметр	Исходный цеолит	Модифицированный цеолит
Удельная поверхность, м ² /г	32.8	6.7
Удельный объем пор, см ³ /г	0.015	0.003
Объем микропор, см ³ /г	0.004	0.001
Средний размер пор, нм	1.780	1.823
Насыпная плотность, г/см ³	0,92	0.87

Модифицированный адсорбент был охарактеризовали методом адсорбции/десорбции азота на рентгеновской дифракции, термогравиметрическим анализом и дифференциальной сканирующей калориметрией, ИК- и ЯМР спектроскопией ¹H, ¹³C. Морфологию сорбентов определяли методом сканирующей электронной микроскопии.

Изучение адсорбционных характеристик модифицированных цеолитов осуществляли с использованием водных модельных растворов CuSO₄, CoCl₂, и NiSO₄, концентрация которых варьировалась от 5 до 100 мг/л. Равновесную концентрацию ионов металлов для каждого раствора измеряли после фильтрации адсорбента с помощью метода атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре Varian Spectra Plus.

Изучение адсорбционных свойств цеолитов по отношению ионам Cu (II), Co (II) and Ni (II) проводили в статических условиях. Для построения изотерм адсорбции в работе использовали метод неизменных навесок (0.1 г цеолита) и переменных концентраций ионов металлов. Изотермы адсорбции для ионов Cu (II), Co (II) and Ni (II) показаны на рисунке 2 и соответствуют мономолекулярной адсорбции, описываемой уравнениями Фрейндлиха и Ленгмюра.

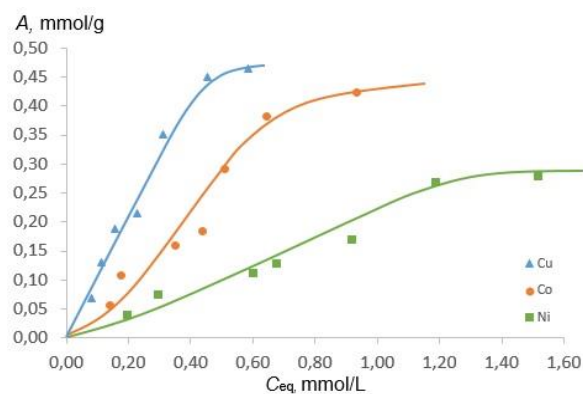


Рис. 2. Изотермы адсорбции Cu (II), Co (II) and Ni (II)

Значения адсорбционных емкостей цеолита для ионов Cu(II), Co(II) and Ni(II) до модификации составили 0,08 ммоль/г (4,8 мг/г), 0,05 ммоль/г (5,6 мг/г) и 0,10 ммоль/г (5,9 мг/г) [11-13]; а после модификации 0,46 ммоль/г (29,5 мг/г), 0,42 ммоль/г (24,9 мг/г) и 0,28 ммоль/г (16,6 мг/г).

Адсорбция ионов происходит за счет образования координационной связи между ионами тяжелых металлов и атомами азота и серы. При этом значения адсорбционных емкостей коррелируются со значениями ионных радиусов, которые увеличиваются в ряду Ni(II) < Cu(II) < Co(II).

Таким образом, модификация цеолита исследуемым кремнийорганическим соединением приводит к существенному повышению сорбционной активности цеолита по отношению к ионам никеля, меди и кобальта, что может найти применение в очистке сточных вод промышленных предприятий. Однако ухудшение текстурных характеристик цеолита в процессе модификации заставляет проводить дальнейшие исследования по нивелированию данного явления.

Библиографический список:

1. Malamis S., Katsou E. A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite: Examination of process parameters, kinetics and isotherms. *Journal of Hazardous Materials*. 2013, V. 252-253, P. 428-461.
2. Irannajad M., Kamran Haghghi H. Removal of heavy metals from polluted solutions by zeolitic adsorbents: a review. *Environ. Process.* (2020).
3. Pratti L.M., Reis G.M., dos Santos F.S. Gonçalves G.R., Freitas J.C.C., de Pietre M.K. Effects of textural and chemical properties of β -zeolites on their performance as adsorbents for heavy metals removal. *Environ Earth Sci* 78, 553 (2019).
- Moazeni M., Parastar S., Mahdavi M., Ebrahimi A. Evaluation efficiency of Iranian natural zeolites and synthetic resin to removal of lead ions from aqueous solutions. *Appl Water Sci* 10, 60 (2020).

5. Reeve P.J., Fallowfield H.J. Natural and surfactant modified zeolites: A review of their applications for water remediation with a focus on surfactant desorption and toxicity towards microorganisms. *Journal of Environmental Management*, V. 205, 2018, P. 253-261,

6. Corda N, Srinivas Kini M. (2020) Recent studies in adsorption of Pb(II), Zn(II) and Co(II) using conventional and modified materials: a review. *Separation Science and Technology*, 55:15, 2679-269.

7. Yuna Z. Review of the natural, modified, and synthetic zeolites for heavy metals removal from wastewater. *Environmental Engineering Science* 2016 33:7, 443-454.

8. Wamba A.G.N., Kofa G.P., Koungou S.N., Thue P.S., Lima E.C., Dos Reis G.S., Kayem J.G. Grafting of Amine functional group on silicate based material as adsorbent for water purification: A short review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Volume 6, Issue 2, 2018, P. 3192-3203.

9. Chaouati N., Soualah A., Chater M. Adsorption of phenol from aqueous solution onto zeolites Y modified by silylation. *Comptes Rendus Chimie*. V. 16, Issue 3. 2013. P. 222-228.

10. Han X., Wang L., Li J., Zhan X., Chen J., Yang J. Tuning the hydrophobicity of ZSM-5 zeolites by surface silanization using alkyltrichlorosilane. *Applied Surface Science*, V. 257, Issue 22, 2011, P. 9525-9531.

11. Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н., Помазкина О.И. Кинетика адсорбции ионов никеля(II) и меди(II) модифицированными алюмосиликатами // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2019. Т. 55. № 5. С. 507-512.

12. Помазкина О.И., Филатова Е.Г., Лебедева О.В., Пожидаев Ю.Н. Адсорбция ионов никеля (II) алюмосиликатами, модифицированными поли-1-винилимидазолом и поли-4-винилпиридином // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2018. Т. 54. № 4. С. 393-397.

13. Помазкина О.И., Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н. Антибактериальные свойства модифицированных алюмосиликатов // *Химия и технология воды*. 2018. Т. 40. № 4. С. 376-384.

УДК:547.792+547.47

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ
КОМПЛЕКСА ПОЛИ-1-ВИНИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛ/
ФЕНОЛ-2,4-ДИСУЛЬФОКИСЛОТА**

А.П. Белькович

Бакалавр гр. ХТТбп-18-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: belkovich-a@mail.ru

О.В. Лебедева

К.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: lebedeva@istu.edu

АННОТАЦИЯ: Целью данной работы было синтезирование и исследование химических, физических и термических свойств полимерных мембран на основе комплекса поли-1-винил-1,2,4-триазола и фенол-2,4-дисульфокислоты в трех комбинациях соотношения компонентов. Полученные образцы были изучены методами ИК и ЯМР-спектроскопии, термогравиметрии и элементного анализа. Результатом исследования стали полученные данные протонной проводимости мембран: ПВТ-ФДСК (40:60 % масс.) – $7.3 \cdot 10^{-3}$ См/см, ПВТ-ФДСК (10:90 % масс.) – $5.98 \cdot 10^{-2}$ См/см, ПВТ-ФДСК (80:20 % масс.) – $6.23 \cdot 10^{-3}$ См/см.

Ключевые слова: топливный элемент, протонпроводящие мембраны, водородный топливный элемент, поли-1-винил-1,2,4-триазол, фенол-2,4-дисульфокислота.

PROPERTIES OF MEMBRANES BASED ON THE COMPLEX OF POLYVINYL TRIAZOL / DIPHENYL SULPHIC ACID

A.P. Belkovich

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: belkovich-a@mail.ru

O.V. Lebedeva

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: lebedeva@istu.edu

ABSTRACT: The main task of this work was to synthesize and study the chemical, physical and thermal properties of polymer membranes based on a complex of poly-1-vinyl-1,2,4-triazole and phenol-2,4-disulfonic acid. There are there combinations of the ratio of components were synthesized. These samples were studied by IR and NMR spectroscopy, TGA and elemental analysis. The proton conductivity of membranes as a main result of this study is: PVT-PDSA (40:60 % wt.) – $7.3 \cdot 10^{-3}$ S/cm, PVT-PDSA (10:90 % wt.) – $5.98 \cdot 10^{-2}$ S/cm, PVT-PDSA (80:20 % wt.) – $6.23 \cdot 10^{-3}$ S/cm.

Keywords: fuel cell, proton-conducting membranes, hydrogen fuel cell, poly-1-vinyl-1,2,4-triazole, phenyl-2,4-disulfonic acid.

Технология полимерно-электролитных мембранных топливных элементов является одной из альтернативных методов получения электроэнергии, активно разрабатываемых учеными государственных и промышленных организаций. По своему определению, топливный элемент представляет собой электрохимический аппарат, в котором химическая энергия топлива (водородного газа) преобразуется в электрическую [1-5]. Наиболее важной частью устройства является полимерная ионообменная мембрана. Ее роль заключается в проводимости образующихся протонов водорода от анода к катоду. Преимущества топливных элементов с протонообменной мембраной по сравнению с другими типами данных устройств заключаются в следующем: высокая эффективность (КПД до 80%) и отсутствие вредных выбросов в окружающую среду. Одними из наиболее явных недостатков являются их высокая стоимость и ограничения, связанные с условиями работы полимерных мембран [6-7].

В 70-х прошлого столетия была синтезирована полимерная мембрана на основе перфторсульфоновой кислоты, которая показала впечатляющий результат протонной проводимости равный ~ 100 мСм/См, который до сих пор является эталонным. Основными недостатками мембран этого типа являются их высокая стоимость (порядка 700\$ за m^2) [8-10], большое количество требований к условиям работы, связанные, в первую очередь, с показателями влажности и температуры. При пониженной влажности и высокой температуре происходит нарушение механической целостности пленки, ее разрушение, приводящее, главным образом, к снижению ионной проводимости. Но несмотря на вышеописанные недостатки, ввиду отсутствия близких по эффективности альтернативных ионообменных мембран, полимер на основе перфторсульфоновой кислоты остается также популярен при использовании в устройствах топливного элемента. Поэтому, нашей основной задачей является поиск и разработка оптимального состава для синтеза новых протонообменных мембран, не уступающих по эффективности, обладающих улучшенными показателями химических, физических и термических характеристик.

В результате проведенной работы, нами были синтезированы мембраны на основе комплекса поли-1-винил-1,2,4-триазола и фенол-2,4-дисульфокислоты (ПВТ-ФДСК). Для исследования всей полноты свойств данного состава, были сформированы три состава, различающихся процентным соотношением компонентов.

На рисунке показана зависимость протонной проводимости от температуры при которой осуществлялось исследование.

Состав и строение мембраны были изучены методами элементного анализа, термогравиметрии, ИК и ЯМР спектроскопией. Итогом исследования стали полученные результаты проводимости трех образцов:

ПВТ-ФДСК (40:60 % масс.) – $7.3 \cdot 10^{-3}$ См/см, ПВТ-ФДСК (10:90 % масс.) – $5.98 \cdot 10^{-2}$ См/см, ПВТ-ФДСК (80:20 % масс.) – $6.23 \cdot 10^{-3}$ См/см (рис.1).

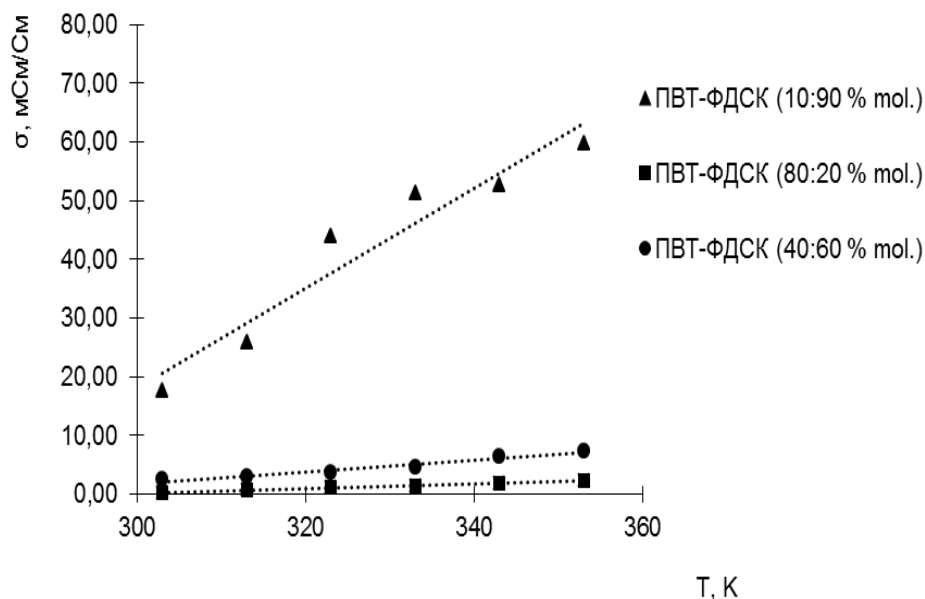


Рис. 1. Протонная проводимость образцов

Библиографический список:

1. Rikukawa M., Sanui K. Proton-conducting polymer electrolyte membranes based on hydrocarbon polymers // Progress in Polymer Science. 2000. Vol. 25. № 10. P. 1463–1502.
2. Kreuer K. D. On the development of proton conducting polymer membranes for hydrogen and methanol fuel cells // Journal of Membrane Science. 2001. Vol. 185. № 1. P. 29–39.
3. Carrette L., Friedrich K. A., Stimming U. Fuel cells: principles, types, fuels, and applications // ChemPhysChem. 2000. Vol. 1. № 4. P. 163–193.
4. Kreuer K. D. On Solids with Liquidlike Properties and the Challenge To Develop New ProtonConducting Separator Materials for Intermediate-Temperature Fuel Cells // ChemPhysChem. 2002. Vol. 3. № 9. P. 771–775.
5. Schuster M. F. H., Meyer W. H., Schuster M., Kreuer K. D., Toward a New Type of Anhydrous Organic Proton Conductor Based on Immobilized Imidazole // Chemistry of Materials. 2004. Vol. 16. № 2. P. 329–337.
6. J. S. Wainright, J. T. Wang, D. Weng, R. F. Savinell, and M. Litt, J. Electrochem. Soc., 142, L121 1995.
7. M. F. H. Schuster and W. H. Meyer, Annu. Rev. Mater. Res., 33, 233 2003.
8. B. Smitha, S. Sridhar, and A. A. Khan, J. Membr. Sci., 259, 10 2005.
9. H. Y. Chang and C. W. Lin, J. Membr. Sci., 218, 295 2003.
10. Smitha B., Sridhar S., Khan A. A. Solid polymer electrolyte membranes for fuel cell applications - a review // Journal of Membrane Science. 2005. Vol. 259. № 1. P. 10–26.

УДК:547.792+547.32

ПОЛУЧЕНИЕ МЕМБРАН ДЛЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.А. Верхозина

Бакалавр гр. ХТТбп-18-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: yulya.verkhozina@yandex.ru

Ю.Н. Пожидаев

Д.х.н., профессор

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: pozhid@istu.edu

АННОТАЦИЯ: Изучены состав и строение мембран, полученных на основе водорастворимых сополимеров 1-винил-1,2,4-триазола с натриевой солью винилсульфоновой кислоты, методами элементного анализа, ИК и ЯМР спектроскопией. Исследована протонная проводимость, энергия активации и ионообменная емкость полученных мембран.

Ключевые слова: топливный элемент, протонпроводящие мембраны, сополимеры, 1-винил-1,2,4-триазол, натриевая соль винилсульфоновой кислоты

RESEARCH OF MEMBRANES FOR SOLID-POLYMER FUEL CELLS

U. A. Verkhozina

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: yulya.verkhozina@yandex.ru

U. N. Pozhidaev

Professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: pozhid@istu.edu

ABSTRACT: Membranes are synthesized based on water-soluble copolymers of Poly(1-vinyl-1,2,4-triazole) with the sodium salt of vinyl sulfonic acid. The composition and structure of the membranes were studied by elemental analysis, IR and NMR spectroscopy. The proton conductivity, activation energy, and ion-exchange capacity of the resulting membranes were studied.

Keywords: fuel cell, proton- conducting membranes, copolymers, poly(1-vinyl-1,2,4-triazole), sodium salt of vinyl sulfonic acid

Технологии топливных элементов (ТЭ) предлагают реальную альтернативу для производства электрической энергии, которая способна удовлетворить самые разнообразные потребности при мобильных и стационарных обслуживаниях, где используются современные технологии. Топливные элементы преобразуют химическую энергию в электрическую из топлива (водорода) и окислителя (кислорода воздуха) через окислительно-восстановительные реакции [1].

Низкотемпературные топливные элементы (20-120°C), в частности, топливные элементы с полимерной электролитной (протонообменной) мембраной – специально разработаны для портативных применений. Средне - (200-600°C) и высокотемпературные (до 1000°C) топливные элементы предназначены для стационарных служб. Во время работы ТЭ с протонообменной мембраной происходят многочисленные физические, электрохимические, кинетические и электрические процессы.

Топливные элементы с протонообменной мембраной могут прийти на смену современным двигателем внутреннего сгорания и стать практически возможным кандидатом на применение в автомобильной промышленности, особенно в робототехнике и беспилотных летательных аппаратах. Одним из основных компонентов топливного элемента является электролит. Твердые электролиты на основе оксидов и полимерные электролиты наиболее предпочтительны по сравнению с жидкими. Главным преимуществом мембран на основе комплексов кислота - основной полимер является возможность эксплуатации полученных материалов в широком интервале температур, как во влажной, так и в сухой атмосфере [2,3].

Повышение эффективности протонного обмена мембраны твердополимерного ТЭ является основной проблемой, которую необходимо решить для коммерциализации.

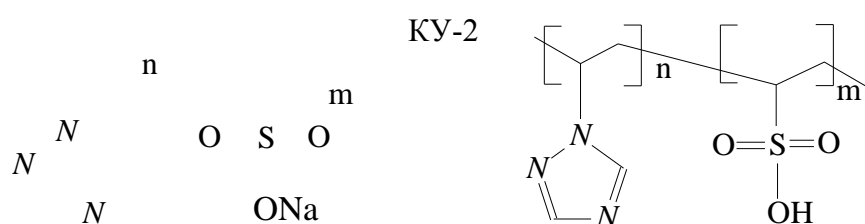
Значительный интерес среди винильных азотсодержащих гетероциклических полимеров вызывают сополимеры 1-винил-1,2,4-триазола, обладающие комплексом ценных свойств: высокой гидрофильностью, растворимостью в диполярных органических растворителях, способностью к комплексообразованию, химической стабильностью, биосовместимостью, термической стабильностью и другими важными качествами [4].

Поливинилсульфоновая кислота и ее солевые формы являются одним из простейших и наиболее важных сульфокислотных полимеров. Преимущество этих полимеров состоит в высоком содержании сульфонатных групп, непосредственно связанных с основной цепью полимера [5].

Простым подходом получения протонпроводящих мембран является

смешивание кислоты и основания. Так, смешивание функционального полимера такого как поливинил-1,2,4-триазола с сильными кислотами приводит к получению перспективных мембран, которые могут быть применимы не только для топливных элементов, но и других электрохимических систем [6].

Были получены водорастворимые сополимеры путем радикальной сополимеризацией 1-винил-1,2,4-триазола с натриевой солью винилсульфоновой кислоты в присутствии инициатора динитрила азобисизомаясляной кислоты в растворе ДМСО при температуре 70 °С. На основе пропущенных через катионит сополимеров, где натрий заместился на водород, были получены ионообменные мембраны (ВТ-ВСК):



Синтезированные сополимеры и мембраны на их основе изучены методами элементного анализа, ЯМР и ИК спектроскопией. Методами термогравиметрического анализа исследована устойчивость мембран к термоокислительной деструкции при нагревании на воздухе. Протонная проводимость, исследованная импедансным методом при температуре 80°С и влажности 75%, энергия активации, ионообменная емкость и температура разложения мембран представлена в таблице.

Таблица

Свойства полученных мембран

Мембрана, состав, масс. %	Протонная проводимость, мСм/см	Энергия активации, кДж/моль	Ионообменная емкость, мг·экв/г	Температура разложения мембран, °С
ВТ-ВСК (68,49:31,51)	18.9	34.66	13.6	240
ВТ-ВСК (90,63:9,37)	6.54	61.02	7.7	230
ВТ-ВСК (7,76:92,24)	2.92	67.05	12.0	200

Методом ТГА исследована устойчивость мембран к термоокислительной деструкции при нагревании на воздухе. Первая стадия при температурном диапазоне 50—180°С соответствует выделению адсорбированной воды с поверхности образца. Эта стадия сопровождается потерей массы на 7-8%. В интервале температур от 280 до 497°С протекает

глубокая термодеструкция. Потеря массы при этом составляет 69-72%. Она обусловлена отщеплением сульфонатных групп и последующим каскадом реакций, а также отрывом триазольных циклов и их окислением. Полное разложение мембран происходит при температуре 531-548 °С. На данной стадии не сохраняется остатка. Кривые ТГА исследуемых мембран представлены на рисунке.

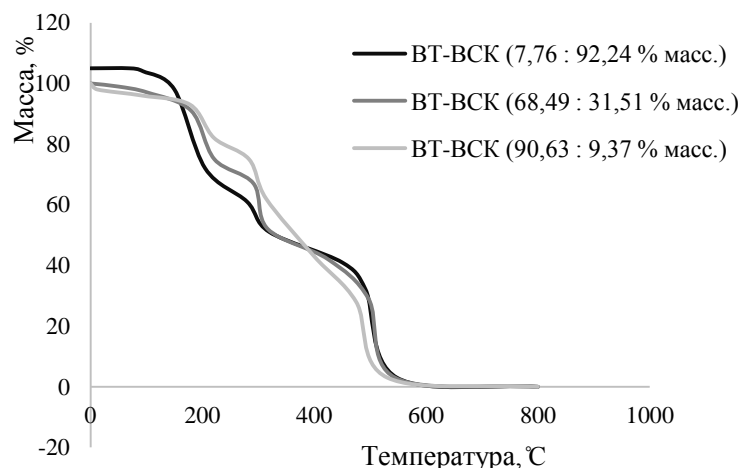


Рис. Кривые ТГА полученных мембран

Библиографический список:

1. Cao Y., Wu Y.J., Fu L.J., Jermstittiparsert K., Razmjoooy N. Multi-objective optimization of a PEMFC based CCHP system by meta-heuristics // *Energy reports*. 2019. Vol. 5. P. 1551-1559.
2. Abd Rahman S.N., Masdar M.S., Rosli M.I., Majlan E.H., Rejab S.A.M., Lye C.C. Simulation of PEMFC Stack for Portable Power Generator Application // *Jurnal kejuruteraan*. 2018. Vol.1. № 1. P. 1–10.
3. Yin L.Z., Li Q., Wang T.H., Liu L., Chen W.R. Real-time thermal Management of Open-Cathode PEMFC system based on maximum efficiency control strategy // *Asian journal of control*. 2019. Vol. 21. № 4. P. 1796–1810.
4. Pozdnyakov A. S., Emelyanov A. I., Kuznetsova N. P., Ermakova T. G., Fadeeva T. V., Sosedova L. M., Prozorova G. F. Nontoxic hydrophilic polymeric nanocomposites containing silver nanoparticles with strong antimicrobial activity // *Int. J. Nanomed*. 2016. № 11. P. 1295–1304.
5. Aslan A., Celik S.U., Sen U., Haser R., Bozkurt A. Intrinsically proton-conducting poly(1-vinyl-1,2,4-triazole)/triflic acid blends // *Electro-chimica Acta*. 2009. № 54. P. 2957–2961.
6. Поздняков А.С., Секретарев Е.А., Емельянов А.И., Прозорова Г.Ф. Гидрофильные функциональные сополимеры 1-винил-1,2,4-триазола с натриевой солью винилсульфоновой кислоты // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2017. № 12. P. 2293-2297.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДСОРБЦИИ НЕФТИ
МОДИФИЦИРОВАННЫМИ АДСОРБЕНТАМИ**

А.Д. Чугунов

Аспирант гр. аФХ-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: chugunovsasha1996@yandex.ru

Е.С. Шишкина

Магистрант гр. ФХм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: shishka_telepat@mail.ru

Е.Г. Филатова

К.т.н., доцент каф. ХиПТ

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: efila@list.ru

АННОТАЦИЯ: В работе представлены результаты исследование адсорбции нефти и нефтепродуктов из водных растворов адсорбентами, модифицированными HCl, и активированными СВЧ излучением.

Ключевые слова: адсорбция, активация СВЧ-излучением, нефтепродукты, безопасность водопользования, методы активации.

**PHYSICO-CHEMICAL FEATURES OF OIL ADSORPTION
BY MODIFIED ADSORBENTS**

A.D. Chugunov

graduate student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: chugunovsasha1996@yandex.ru

E.S. Shishkina

student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: shishka_telepat@mail.ru

E.G. Filatova
Assistant professor
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: efila@list.ru

ABSTRACT: The paper presents the results of a study of the adsorption of oil and oil products from aqueous solutions by adsorbents modified with HCl and activated by microwave radiation.

Keywords: adsorption, activation by microwave radiation, oil products, safety of water use, activation methods.

В сточных водах нефтепродукты могут находиться в свободном, связанном и растворенном состояниях. Крупнодисперсные свободные нефтепродукты удаляются в результате отстаивания. Для удаления мелкодисперсных и связанных нефтепродуктов используют традиционно используют флотационные, электрокоагуляционные и электрофлотационные методы очистки. Более глубокая очистка от мелкодисперсных особенно эмульгированных нефтепродуктов до 10 мг/л достигается в процессах фильтрования. Удаление растворенных примесей до 0,5-1 мг/л происходит на стадии сорбционной доочистки.

Цель работы явилось исследование адсорбции нефтепродуктов из водных растворов активными углями и природными цеолитами Забайкальского месторождения, модифицированными HCl, и активированными СВЧ излучением.

Для улучшения физико-химических характеристик активных углей и цеолитов проводили их модификацию соляной кислотой. Модификацию образцов HCl осуществляли в соответствии с методикой [1, 2]: 10 г высушенных до постоянной массы при температуре 120-150 °C адсорбентов перемешивали 24 ч. с 200 мл 12 %-ного раствора HCl в воде. Затем суспензию фильтровали и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции. Полученные модифицированные адсорбенты сушили до постоянной массы и анализировали на содержание основных элементов. При этом увеличение массы образцов составило не менее 20 %.

Для увеличения адсорбционных характеристик исследуемых адсорбентов проведено их активирование СВЧ излучением. Активирование адсорбентов осуществляли в СВЧ-печи модели Bosch FEM513MB0 при мощности волн 800 Вт и энергопотреблении 1270 Вт в течение 1 мин.

По полученным результатам исследований построены гистограммы адсорбции и остаточной концентрации нефтепродуктов. Установлено, что наибольшая величина адсорбции нефтепродуктов активными углями соответствует углеродному адсорбенту АД-05-2, еще большее значение 0,92 мг/г – цеолиту. Данный факт можно связать с низкой концентраций

нефтепродуктов в водном растворе. Остаточная концентрация нефтепродуктов в случае цеолитов составила 0,81.

Величина адсорбции нефтепродуктов адсорбентами, модифицированными HCl, возрастает в 3,8 раза для активного угля КАД-йодный, в 0,5 раза для ИПИ-Т и принимает значения соответственно 0,71 и 0,80 мг/г.

Установлено, что адсорбция нефтепродуктов адсорбентами, активированными СВЧ излучением, возрастает в 4,2 раза для активного угля КАД-йодный, в 0,6 раза для ИПИ-Т по сравнению с исходными адсорбентами и принимает значения 0,80 и 0,87 мг/г соответственно. Наибольшая величина адсорбции нефтепродуктов соответствует цеолитам и принимает значения 0,99 мг/г. Остаточная концентрация нефтепродуктов в случае цеолитов составила 0,02 мг/л. При этом предельно допустимая концентрация нефтепродуктов для водоемов рыбохозяйственного назначения составляет 0,05 мг/л. Активирование адсорбентов СВЧ излучением позволяет добиться требуемых показателей очистки.

Таким образом, активирование адсорбентов СВЧ излучением позволило повысить величину адсорбции нефтепродуктов активным углем КАД-йодный на 11%, ИПИ-Т на 9,4 %, АД-05-2 на 5,6 % и цеолитом на 5,1 % по сравнению с образцами, модифицированными HCl.

Библиографический список:

1. Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Извлечение нефти и нефтепродуктов из водных растворов природными адсорбентами // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2019. Т. 62. № 6. С. 131-137.

2. Филатова Е.Г., Помазкина О.И., Пожидаев Ю.Н. Адсорбция ионов никеля(II) и меди(II) модифицированными алюмосиликатами // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53. № 6. С. 596-601.

УДК 504.3

ВЛИЯНИЕ ПОТОКА АВТОТРАНСПОРТА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ Г. ИРКУТСКА

Е.К. Рябец

студент гр. ТПб-20-1

Иркутский национальный исследовательский

технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: luida.r@mail.ru

С.В. Ясько

к.х.н., доцент

Иркутский государственный университет путей сообщения

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15

e-mail: luida.r@mail.ru

О.В. Белозерова

к.х.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: ovbelozerova@list.ru

АННОТАЦИЯ: В статье приведены результаты исследования влияния потока автотранспорта на атмосферный воздух в период 2016-2020 в районе Академического моста г. Иркутска.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, вредные вещества, атмосферный воздух, оксид углерода, углеводороды.

INFLUENCE OF THE FLOW OF MOTOR TRANSPORT ON THE ATMOSPHERIC AIR OF IRKUTSK

E.K. Ryabets

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: luida.r@mail.ru

S.V. Yasko

Assistant professor

Irkutsk State Transport University
664074, Irkutsk, st. Chernyshevsky, 15
e-mail: luida.r@mail.ru

O.V. Belozerova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83
e-mail: ovbelozerova@list.ru

ABSTRACT: The article presents the results of a study of the influence of the flow of vehicles on the atmospheric air in the period 2016-2020 in the area of the Academic Bridge of Irkutsk.

Keywords: highway transport, harmful substances, atmospheric air, carbon monoxide, hydrocarbons.

В последнее время, в связи с быстрым развитием автомобильного транспорта и увеличением количества автотранспорта на магистралях городов и пригородных зон, острой стала проблема воздействия этого направления загрязнений на окружающую среду. Если в начале 70-х годов доля этих загрязнений атмосферного воздуха составляла 10-13 % [1], то в настоящее время эта величина достигла 50 %, в не которых случаях до 70% и продолжает расти [2]. С отработанными газами автомобильных

двигателей в атмосферный воздух попадает до 200 различных веществ, большинство из которых токсичны. Повышенные концентрации в атмосферном воздухе загрязняющих веществ, таких как сажа, диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен и другие оказывают негативное влияние на экосистемы и здоровье людей.

Поэтому изучение влияния автопарка на экосистемы является одной актуальной проблемой современной действительности. Влияние на экологическую обстановку автомобильного транспорта города Иркутск мало изучено. Кроме того на различных участках города это влияние неодинаково и связано с различным количеством проходящего транспорта и его видов.

В данной работе исследовано влияние потока автотранспорта на атмосферный воздух в районе Академического моста г. Иркутска.

Попадая в атмосферу, компоненты отработавших газов при эксплуатации автотранспорта, способны распространяться на большие расстояния от источника, накапливаться в почве, воде и в растениях, смешиваться с имеющимися в воздухе загрязнителями, претерпевать ряд сложных превращений, приводящих к образованию новых еще более токсичных соединений, нанося значительный вред экосистеме и прежде всего здоровью человека.

Выбор моста для исследования связан с тем, что именно на мостах концентрируется наибольший поток автотранспортных средств. Точка наблюдения, выбран участок моста Академический с левой стороны реки Ангары (рисунок 1).



Рисунок 1. Мост Академический в Иркутске

Академический мост – мост через реку Ангара в Иркутске, соеди-

няющий Октябрьский и Свердловский округа города. На правом берегу Ангары имеет съезды на улицы Пискунова, 3-го Июля и Верхнюю набережную Ангары, на левом – на улицу Старо-Кузьмихинская и на объездную дорогу в микрорайоны Первомайский и Университетский.

Общая длина моста – 1615 м, ширина – 32,5 метра, имеет по три полосы для автомобильного движения в каждую сторону, шириной по 10,5 метров [3]. По мосту разрешено движение как легкового, так и грузового автотранспорта, а также микроавтобусов и автобусов.

Расчеты были произведены по методике которые были разработанные Научно-исследовательским институтом охраны атмосферного воздуха (ОАО «НИИ Атмосфера», СПб) методические указания предназначены для оценки величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ко всем категориям автотранспортных средств при эксплуатации в городских условиях [4].

Используемые при расчете выбросов параметры определяют на основе натуральных обследований, проведение которых осуществляют по схеме, не требующей сложного инструментального оснащения. Это позволяет выполнять обследования любой автодороги города с заданной периодичностью.

В качестве исходных данных для расчета выбросов автотранспортом в атмосферу на действующих автодорогах транспортный поток подразделяют на группы: легковые, автофургоны и микроавтобусы, легкие грузовые, большегрузы, автобусы.

Методика позволяет рассчитать выбросы следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода (CO); оксиды азота NO_x (в пересчете на NO_2); углеводороды (CH); сажа; диоксид серы (SO_2); формальдегид (НСОН); бенз(а)пирен.

Обследование проводилось по содержанию выхлопных газов при движении автотранспорта по мосту Академический города Иркутска в выходные и будние дни с сентября по октябрь 2016, 2018 и 2020 годов, во временные промежутки со слабой (12.40-13.00 и 15.00-15.20 ч.) и высокой загруженностью (18.00-18.20 – час пик). Для расчета выбросов наблюдения осуществлялись на участке дороги, равной 0,5 км, движущимися средствами из центра города Иркутска в сторону микрорайонов Университетский и Первомайский по трем полосам моста Академический, в течение 20 минут, как требует регламент ГОСТ Р 56162-2014 [5]. Всего было проведено восемь наблюдений.

Одним из элементов наблюдений является фиксирование скорости движения автотранспорта. Нормированная скорость движения автотранспорта по городу является 60 км/ч, а в часы с высокой загруженностью, когда наблюдалась образование пробок, скорость

значительно снижалась. Для расчетов нами выбрана усредненная скорость в час пик 15 км/ч.

На основании собранных результатов составлен сводный полевой журнал, рекомендованный стандартом ГОСТ Р 56162-2014 [5].

Согласно собранному материалу за 20 минут в одну сторону в среднем проходит 890 автомобилей (639-1237 машин), в основном представленных легковыми автомашинами (90 %). В обе стороны общий поток автотранспорта составляет 1780 машин.

По данным обследований были проведены расчеты для всех семи вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами автомобилей, рисунок 2.

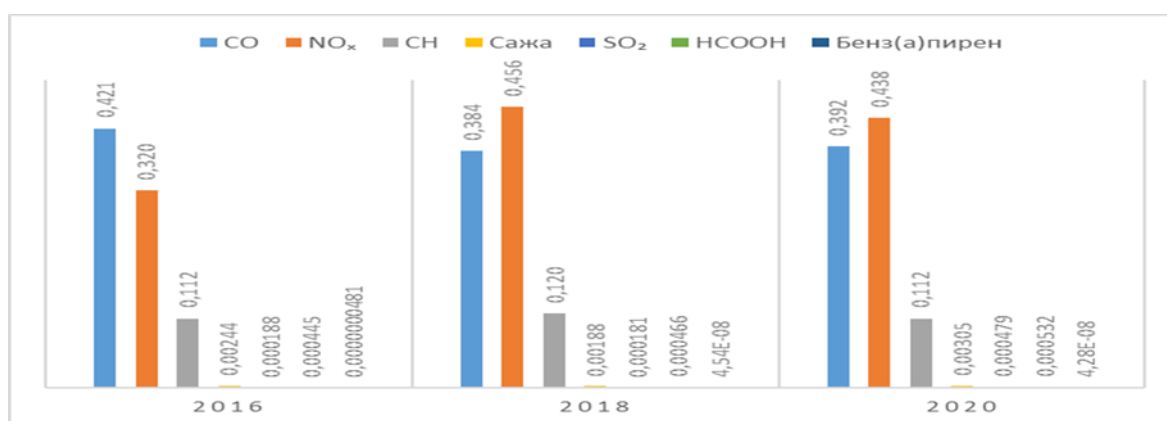


Рисунок 2. Данные расчетов за период с 2016 по 2020 гг.

Таким образом из результатов исследования видно, что идёт увеличение выбросов по оксидам азота. Данные оксиды взаимодействуя с парами воды, образуют азотную кислоту, которая повышает коррозию металла и вызывает хронические заболевания. В связи с этим необходимо разрабатывать комплекс мероприятий, направленных на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу города Иркутска.

Библиографический список:

1. Исаенко П.В., Исаенко В.Д., Аметов В.А. Автотранспортная экология: учебное пособие. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2006. 240 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году» (дата обращения 09.10.2020).
3. Мост Академический. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Академический_мост (дата обращения 09.10.2020).
4. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб, 2010. – 15 с.

5. ГОСТ Р 56162-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов. – М. : Стандартинформ, 2014

СЕКЦИЯ 5. СФЕРА УСЛУГ: ОБЩЕСТВЕННОЕ ПИТАНИЕ, ТОРГОВЛЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.94

К ВОПРОСУ О ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ

Л.В. Ашихина

Студент гр. КСм-19-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.О. Похомчикова

К.э.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Цифровые технологии в промышленности раскрывают потенциал для открытия новых способов управления процессами и повышения производительности. В связи с развитием цифровых технологий появился термин Industry 4.0, который подразумевает построение полностью автоматизированных производственных и логистических сетей в рамках производственного процесса. Отличным примером развития цифровых технологий в Индустрии 4.0 является цифровой двойник. Концепция цифрового двойника подразумевает построение точной виртуальной модели реального объекта. Изучение предметной области для построения цифрового двойника является одной из самых сложных частей его разработки, так как требует детального рассмотрения всех процессов, их структуры и информации, которая передается между ними.

Ключевые слова: цифровой двойник, Индустрия 4.0, автоматизация производства, виртуальная модель.

TO THE QUESTION ABOUT DIGITAL TWINS

L.V. Ashihina

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.O. Pokhomchikova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

ABSTRACT: Digital technologies in industry are unlocking the potential to open up new ways to control processes and increase productivity. In connection with the development of digital technologies, the term Industry 4.0 has appeared, which implies the construction of fully automated production and logistics networks within the production process. An excellent example of the development of digital technologies in Industry 4.0 is the digital twin. The concept of a digital twin implies the construction of an accurate virtual model of a real object. The study of the subject area for building a digital twin is one of the most difficult parts of its development, as it requires a detailed consideration of all processes, their structure and information that is transmitted between them.

Keywords: digital twin, Industry 4.0, industrial automation, virtual model.

Основная цель предприятий при использовании цифровых технологий – увеличение объемов производства и ускорения любых производственных процессов. В программе цифровой экономики важнейшее место занимают вопросы развития и применения наиболее современных информационных технологий. Цифровая экономика предполагает решение трех задач: создание единого информационного реестра всех ресурсов, создание и внедрение технологии учета всех процессов, а также наполнение и оперативное обновление единого реестра ресурсов актуальными исходными данными.

В связи с развитием цифровых технологий появился термин Индустрия 4.0, который подразумевает построение полностью автоматизированных производственных и логистических сетей в рамках производственного процесса. Индустрия 4.0 включает в себя киберфизические системы, Интернет вещей, робототехнику, искусственный интеллект и другие составляющие, позволяющие строить полностью механизированные фабрики по производству любой продукции.

Хорошим примером развития цифровых технологий в Индустрии 4.0 является цифровой двойник. Концепция цифрового двойника подразумевает построение точной виртуальной модели реального объекта. В настоящее время цифровые двойники активно внедряются во многих отраслях. Изучение предметной области для построения цифрового двойника является одной из самых сложных частей его разработки, так как требует детального рассмотрения всех процессов, их структуры и информации, которая передается между ними.

Концепция цифровых двойников появилась в 2002 году в Университете штата Мичиган. Она была выдвинута профессором Майклом Гривзом, который предложил для управления жизненным циклом промышленных объектов и систем (Product lifecycle management (PLM)) создать виртуальное пространство с моделью объекта, которая бы содержала полную информацию о реальном объекте и была бы практически неотличима от свое-

го физического аналога. По замыслу, виртуальное и реальное пространство должны быть связаны на протяжении всего жизненного цикла изделия: разработки, производства, эксплуатации, вывода из эксплуатации. Информация о реальном объекте, получаемая во время производства и эксплуатации, должна непрерывно передаваться его виртуальному двойнику. В свою очередь различные прогнозы и оценки и другие параметры, которые могут быть использованы в процессе разработки и эксплуатации реального объекта, должны непрерывно передаваться обратно из виртуального пространства в реальное.

В настоящее время цифровые двойники находят свое применение в различных производственных областях. Основными задачами, решаемыми на их основе, являются:

- сокращение времени и затрат на разработку системы;
- замена стендовых и физических испытаний виртуальными, в том числе переход на цифровую сертификацию;
- повышение надежности системы за счет отслеживания ее состояния;
- минимизация рисков ошибок и сбоев в работе системы, за счет чего увеличивается срок стабильной работы.

Отраслями, наиболее активно применяющими технологию цифровых двойников, становятся те, в которых важным компонентом является производство. В производственном процессе специальными датчиками, установленными на производственных аппаратах, отслеживаются условия окружающей среды, состояние машины и выполняемая ею работа. Все эти данные собираются и обрабатываются цифровым двойником, что позволяет легко отслеживать процесс производства, а также избегать сбоев в работе.

В России основными специализированными отраслями, использующими цифровые двойники, являются нефтегазовая и нефтехимическая промышленность («Газпром нефть», «Роснефть», «ЛУКОЙЛ», «Сургут-нефтегаз»), транспортная и строительная отрасли.

С помощью цифровых двойников открывается возможность моделирования ситуаций, которые могут возникать на производстве. При моделировании учитываются многие факторы: от эргономических, например, расположения рабочих мест и оборудования, до факторов внешней среды, например, реакции приборов на изменения внешних показателей или чрезвычайных ситуаций.

Применение цифровых двойников в различных сферах бизнеса и промышленности помогает выявить потенциальные проблемы, предсказывать рентабельность, прогнозировать ключевые показатели эффективности и сокращать подготовку к производству.

В компании Gartner проводили некоторые исследования по использованию цифровых двойников. В 13% организации, использующих вычислительные сети объектов, оснащенных встроенными технологиями (Интернет вещей), уже внедряют и используют цифровые двойники, а 62% организаций только начинают разрабатывать или планировать проекты по использованию цифровых двойников. Аналитики Gartner составляют возможные прогнозы на использование цифровых двойников. Ожидается, что к 2021 году цифровые двойники будут востребованы в 50% крупных компаний, нацеленных на повышение эффективности производства и экономии капитальных затрат.

Существуют и негативная сторона цифровых двойников. Появляется новый тип угроз – адекватность цифровой модели. В 2017 году с космодрома «Восточный» был произведен неудачный запуск ракетносителя. Причина неудачи заключалась в ошибке модели взлета, рассчитанной для космодрома «Байконур». Следовательно, во избежание ошибок, которые могут повлечь за собой возможные угрозы и ущерб жизни людей, в любых сферах применения, особенно в критических, таких как атомная промышленность, средства вооружения, создание и применение моделей осуществляется под особым контролем.

В будущем цифровые двойники станут более детализированными и позволят удаленно управлять всем производственным процессом в режиме реального времени, а также повысят точность и скорость принятия решений.

Библиографический список:

1. Bill Mannel. The Living Heart Project Wins Three Prestigious Awards for HPC Simulation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://community.hpe.com/t5/Servers-The-Right-Compute/The-Living-Heart-Project-Wins-Three-Prestigious-Awards-for-HPC/ba-p/6992359#.XP489BriLIV>
2. Digital Twin Helps Solve Arctic Challenges at Remote Wind Farm [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.learntips.net/digital-twin-helps-solve-arctic-challenges-at-remote-wind-farm/>
3. Glaessgen E.H., Stargel D.S. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20120008178>
4. Grieves M. Origins of the Digital Twin Concept [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/307509727>.
5. Michael Grieves. Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management, — Space Coast Press, 2011. — 370 с.
6. Александр Журавлев. Становление технологии цифровых двойников [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.itweek.ru/-iot/article/detail.php?ID=200690>

7. Как цифровые двойники помогают российской промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rb.ru/longread/digital-twin/>

8. Производственные площадки Schneider Electric в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/about-us/company-profile/production-in-russia.jsp>

9. Цифровой двойник – Журнал «Сибирская нефть» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2017-april/1119180/>

10. Цифровые двойники: не просто модный тренд [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.comsol.ru/blogs/digital-twins-not-just-hype/>

УДК 658.5:004

О ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ERP-СИСТЕМ

М.П. Бондарев

Студент гр. КСМ-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.О. Похомчикова

К.э.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Конкурентоспособность и успешность компаний в условиях рыночной экономики напрямую зависит от их способности к быстрой адаптации и мгновенному реагированию на изменение рыночной среды. Новые горизонты бизнеса и новые задачи требуют частого пересмотра бизнес-процессов, а увеличивающиеся объемы накапливаемых данных – новых, более совершенных средств управления ими. Система управления предприятием позволяет топ-менеджменту и собственникам бизнеса повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность компании, за счет оптимизации и стандартизации бизнес-процессов с использованием лучших мировых практик и обеспечения прозрачности операционной и финансовой деятельности и применения IT-инструментов. Использование инструментов ERP-системы предоставляет возможность управлять компанией на основе всегда достоверной и актуальной информации для принятия взвешенных решений.

Ключевые слова: ERP-система, управление предприятием, автоматизация бизнес-процессов, информационная инфраструктура предприятия.

TO THE QUESTION ABOUT DIGITAL TWINS

M.P. Bondarev

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.O. Pokhomchikova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

ABSTRACT: The competitiveness and success of companies in a market economy directly depends on their ability to quickly adapt and respond instantly to changes in the market environment. New horizons of business and new challenges require frequent revision of business processes, and the increasing volumes of accumulated data - new, better tools for managing them. The enterprise management system allows top management and business owners to increase the competitiveness and investment attractiveness of the company by optimizing and standardizing business processes using the world's best practices and ensuring the transparency of operating and financial activities and the use of IT tools. The use of ERP system tools provides an opportunity to manage a company based on always reliable and relevant information for making informed decisions.

Keywords: ERP system, enterprise management, business process automation, enterprise information infrastructure.

В настоящее время актуальность внедрения ERP-систем на предприятии возрастает в связи с постоянным развитием информационных систем. В Российской Федерации сложилась непростая ситуация, когда разного рода организации, в плане обеспечения информационными технологиями (ИТ), зависят от западных разработчиков. Количество компаний, занимающихся внедрением ERP-систем, увеличивается, и количество предприятий, получивших положительный эффект от работы ERP, возрастает. Показателем развития данной отрасли рынка служит рост организаций, поставляющих ERP- системы и компаний, занимающихся их внедрением. Развитие рынка ERP-систем будет продолжаться как минимум 20 лет. С каждым годом всё больше компаний делают свой выбор в пользу корпоративных информационных систем, т.к. становится очевидным, что без систем такого рода предприятие не может считаться конкурентоспособным в век информационных технологий.

ERP-система — это набор интегрированных приложений, позволяющих создавать информационное пространство для автоматизации управления планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-

операций предприятия [9]. ERP-системы состоят из различных функциональных модулей, которые реализуют потребности предприятий в автоматизации бизнес-процессов. Каждый модуль ориентирован на специфическую область деятельности или бизнес-процесс. Поскольку ERP-системы появились в результате эволюционного развития систем предыдущего поколения, то в составе этих систем находятся элементы MRP и MRP II систем [5].

По составу применяемых модулей, структуру ERP-системы можно разделить на две составляющие: базовые элементы и расширенные элементы. К базовым элементам относятся все функции системы, которые осуществляют управление производством: управление закупками и запасами, обработка спецификаций изделий, укрупненное и детальное планирование мощностей, маршрутизация производства, планирование потребности в материалах, разработка основного плана производства. Данные элементы могут быть реализованы в одном или нескольких функциональных модулях ERP-системы [6]. К расширенным элементам можем отнести все функции, которые обеспечивают работу производства. Обычно элементы такого типа реализованы в виде отдельных модулей. К таким элементам относятся: управление взаимосвязью с заказчиками, управление человеческими ресурсами, управление жизненным циклом изделия, управление цепочками поставок, управление финансами, управление продажами и сбытом. В зависимости от производителя ERP-системы, состав элементов и модулей может изменяться. Некоторые производители предлагают модули управления проектами и модули управления качеством. Современные ERP-системы позволяют внедрять как комплексный функционал, так и отдельные модули.

ERP-система обеспечивает повышение конкурентоспособности компании не только за счёт внедрения в процесс работы более эффективных бизнес-процессов. Использование должно привести к сокращению общих расходов предприятия. Передовые инструменты планирования, моделирования и анализа помогают осуществить оптимизацию ресурсов производственной деятельности, финансовой сферы, а также работы складских, транспортных и прочих подразделений.

Внедрение системы улучшает дисциплинированность и повышает точность в исполнении бизнес-процессов. Моделирование и анализ бизнес-процессов, сами по себе не принесут никакой экономической выгоды. Для важно не просто провести анализ и разработать некую бизнес модель, также подвести хотя бы одного клиента или производителя, которому она была бы выгодна. От внедрения которой он бы получил ощутимую выгоду. После того, как система заработала можно отметить факт, что возможно применить стандартизированную систему разработки бизнес-процессов. Это значительно экономит время и материальные ресурсы для развития предприятия в целом, и материальную выгоду каждому сотруднику.

Поскольку современные предприятия сегодня часто территориально распределены, важно, чтобы отдалённые от главного офиса филиалы были обеспечены полноценным доступом к общему информационному хранилищу данных. Это реализуется самыми передовыми сетевыми технологиями, задействованными при разработке ERP-систем, которые также предусматривают и разграничение прав доступа пользователей к хранящимся в них сведениям.

Внедрение и оптимизация современной ERP-системы в компании процесс, который может занять больше года. По данным компании Standish Group, только в 16% случаев внедрение информационных систем завершается вовремя, в рамках запланированного бюджета, с реализацией запланированной функциональности. Исполнение почти четверти проектов прекращается досрочно, а по остальным превышаются сроки и бюджет, либо ограничивается запланированная функциональность [10].

Внедрение ERP-системы - не только инсталляция программного обеспечения на рабочих местах сотрудников, а достаточно тяжелый процесс, включающий как доработку ПО, так и проведение некоторых мероприятий по оптимизации основной деятельности предприятия, направленных на более полное соответствие бизнес-логики, заложенной внутри системы.

Эволюция систем управления предприятием привела к появлению ERP-систем второго поколения – ERP II. Эти системы вобрали в себя множество дополнительных модулей по управлению различными ресурсами, такими как персонал, отношения с клиентами, управление знаниями и организация логистических потоков. ERP-системы в ближайшем будущем станут неотъемлемой частью системы менеджмента любого предприятия, будь то небольшая торговая фирма или транснациональная корпорация. Популярность таких систем стремительно растет, а цена их внедрения и эксплуатации неуклонно падает. Уже в настоящий момент внедрение ERP-системы является оправданным шагом на пути повышения эффективности управления для любой компании.

Библиографический список:

1. ERP-системы в России http://www.erp-online.ru/phparticles/-show_news_one.php?n_id=211
 2. ERP-системы планирования ресурсов предприятия <http://iteranet.ru/sys/konsalting/sis/erp/>
 3. <http://sapland.ru/blogs/nechitaylov/?post=6284>
 4. IT-технологии в государственном секторе <http://www.forbes.ru/node/77922> 43
 5. Методологии внедрения ИС ERP-вендоров <http://www.r-p->
- Техническая документация продукта Парус <http://www.parus.com/clients/>

- c.ru/resheniya/metodologii-vnedreniya-vendorov-oracle-microsoft-sap-i-dr.html
6. Обзор современного рынка ERP-систем <http://www.sfx-tula.ru/news/infoblog/8191/>
 7. Решение SAP для розничной торговли <http://novardis.com/otrasli/retail/>
 8. Сравнение ERP-систем <http://integral-russia.ru/2016/08/30/ekspress-sravnenie-razlichnyh-erp-sistem/>
 9. Техническая документация продукта 1C <http://1c.ru/rus/firm1c/firm1c.htm> 32 Техническая документация продукта 1С: ERP <http://v8.1c.ru/erp/>
 10. Техническая документация продукта Oracle <https://www.oracle.com/ru/applications/erp/index.html>
 11. Техническая документация продукта SAP <http://www.sap.com/> 37 Исследование зарубежного опыта внедрения ERP-систем

УДК 005.8

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМ ПРОЕКТОМ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Р.П. Бондарев

Студент гр. КСм-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.О. Похомчикова

К.э.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: elena.isea@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Общепризнанное перспективное направление повышения эффективности применения организационно-технических систем - автоматизация управления ими. Существенную долю эффективности любой сложной технической системы обеспечивает её программное обеспечение. В первую очередь это относится к прикладному программному обеспечению. Разработка прикладных программ сопряжена с определёнными трудностями, в первую очередь – организационного характера.

Ключевые слова: управление процессами, управление разработкой, модель зрелости функциональных возможностей, Модель жизненного цикла разработки ПО.

APPLICATION SOFTWARE INFORMATION PROJECT MANAGEMENT

R.P. Bondarev

Student

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.O. Pokhomchikova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

ABSTRACT: A generally recognized promising direction for increasing the efficiency of the use of organizational and technical systems is the automation of their management. A significant share of the effectiveness of any complex technical system is provided by its software. This primarily applies to application software. The development of application programs is fraught with certain difficulties, primarily of an organizational nature.

Keywords: process management, development management, Capability Maturity Model, Software Life Cycle Model.

Проект - уникальный процесс, в ходе выполнения которого получают уникальный продукт. Для разработки продукта в проекте, должен применяться уникальный процесс. Вместо создания каждого проекта «с нуля», менеджер проекта может воспользоваться обобщенной, проверенной на практике методикой, адаптировав ее для конкретного проекта. Как правило, всегда есть возможность выбора среди нескольких «начальных» жизненных циклов.

Выбор и адаптация жизненного цикла разработки проекта оказывает влияние на методики разработки продукта, навыки менеджмента проектов и навыки менеджмента персонала. Что касается методов разработки продукта, менеджер проекта должен, прежде всего, иметь представление о стандартах процесса, уметь оценить их применимость по отношению к данному проекту, оценить альтернативные процессы и при необходимости адаптировать процесс жизненного цикла к текущим потребностям. На выбор методов и инструментальных средств также может оказывать влияние выбор жизненного цикла.

Модель жизненного цикла разработки ПО является единственным видом процесса, в котором представлен порядок его осуществления. Модель жизненного цикла разработки ПО (Software Life Cycle Model, SLCM) схематически объясняет, каким образом будут выполняться действия по разработке программного продукта, посредством описания «последовательности» этих действий. Такая последовательность может быть или не

быть линейной, поскольку фазы могут следовать друг за другом, повторяться или происходить одновременно. На рисунке 1 представлена простая обобщенная схема процесса.

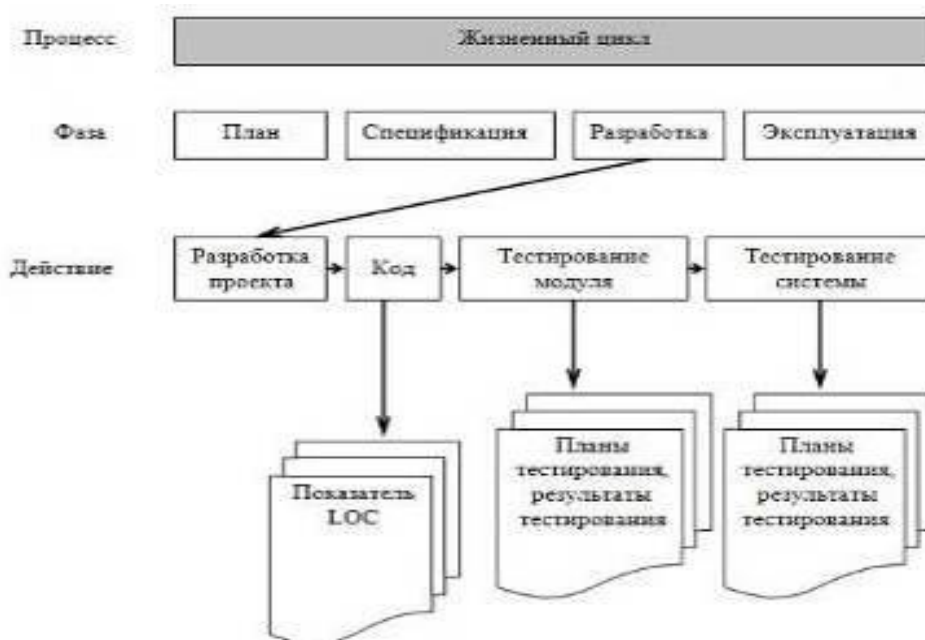


Рисунок 1. Обобщенная схема процесса

Модель SLCM – это схема, используемая разработчиком ПО для определения повторяющегося процесса при создании программного продукта. Она определяет точные инструкции, которые разработчик может использовать для создания только высококачественных программных систем. Понятие жизненного цикла ПО относится ко всем программным проектам, причем независимо от их размеров.

Жизненный цикл – это своего рода «карта-путеводитель» для всех участников проекта, которая помогает им понять, не выходят ли они за определенные для них границы. Для управления программным проектом возникает необходимость в некотором роде карты для планирования действий и хронологий их выполнения.

«Каркасом» процесса разработки ПО служит модель зрелости функциональных возможностей (Capability Maturity Model, CMM). Она основана на практических действиях, отображает лучшие результаты и определяет потребности индивидов, работающих над усовершенствованием процесса разработки ПО и выполняющих оценочный анализ этого процесса. Модель CMM представляет собой схему, по которой этапы разработки соответствуют пяти уровням развития функциональных возможностей, на

основе которых осуществляется непрерывное усовершенствование процесса разработки.

Наиболее известными и широко используемыми жизненными циклами разработки ПО можно назвать следующие: каскад, V – образное эволюционное ускоренное прототипирование, быстрая разработка приложений, инкрементная и спиральная модели.

Для создания уникального продукта или услуги (результата проекта) нужно осуществить некоторую последовательность работ. Задача планирования проекта заключается в том, чтобы достаточно точно оценить сроки исполнения и стоимость этих работ. Чем точнее дана оценка, тем выше качество плана проекта. Чтобы дать точную оценку, нужно хорошо представлять состав работ проекта, то есть знать, какие именно работы нужно выполнить для получения его результата. Только после того, как составлен список проектных работ, оценивается длительность каждой из них, и выделяются ресурсы, необходимые для их выполнения. И лишь затем можно оценить стоимость и сроки исполнения каждой задачи и, в результате сложения, общую стоимость и срок проекта. Вот почему определение состава работ является первым шагом при планировании проекта. Определение состава проектных работ начинается с определения этапов (или фаз) проекта. Например, в проекте создание программного модуля для «1С Предприятие 8.3» могут быть выделены следующие этапы:

- исследование концепции;
- определения структуры проекта;
- определения требований;
- разработки проекта;
- внедрения проекта;
- установки.

Создание структуры пооперационного перечня работ влечет за собой декомпозицию полномасштабного действия (всего проекта) на ряд последовательных и меньших действий. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут подробно описаны все детали предстоящей работы, что в свою очередь, позволит реализовать надлежащее управление этой работой. В любом случае идентификация корректных действий представляет собой дело первоочередной важности.

Например, разрабатываемый модуль, является частью комплекса «1С Предприятие». «1С Предприятие» разрабатывается на основе спиральной модели. Для этого модуля была определена технология проектирования: каскадная. Данный проект включает в себя следующие фазы:

- исследование концепции, то есть определение структуры системы, определение требований;
- определение структуры проекта, который включает в себя анализ функций и декомпозицию требований;

- определение требований (определение и разработка требований к ПО, расстановка приоритетов и интеграция требований);
- разработка проекта, включает в себя проектирование запросов, отладку и проектирование интерфейса;
- внедрение проекта (планирование интеграции, выполнение интеграции, планирование тестирования, выполнение тестирования);
- установка.

В большинстве программных проектов применяется повторное использование некоторых программных модулей. Это обычно случается там, где разработчики проекта знают о ранее созданных программных продуктах, в составе которых есть компоненты, приблизительно удовлетворяющие требованиям разрабатываемых компонентов. Эти компоненты модифицируются, в соответствии с новыми требованиями и затем включаются в состав новой системы.

Основные достоинства описываемой модели процесса разработки ПО с повторным использованием ранее созданных компонентов заключаются в том, что сокращается количество непосредственно разрабатываемых компонентов и уменьшается общая стоимость создаваемой системы.

Библиографический список:

1. Экономическая информатика / Под ред. П.В. Конюховского и Д.Н. Колесова. – СПб: Питер, 2001. – 560с.: ил.
2. Кощеева Е.Л. Создание и использование музейных информационных ресурсов // Музей будущего: информационный менеджмент / Сост. А.В. Лебедев. М.: Прогресс-Традиция, 2009. - С.35-45. <http://future.museum.ru/part01/010205.htm>
3. Иванеева Л.В. \ Иванеева Л.В. Автоматизированные информационные системы бухучета\Автоматизированные информационные системы бухгалтерского учета. Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 080801 "Прикладная информатика (в экономике)" всех форм обучения - Волгоград: Волгоградский кооперативный институт, 2008 – 13 с.
4. Практическое руководство к Своду знаний по управлению проектами Американского Проектного Института (PMI PMBOK). 3-е издание. (Американский национальный стандарт ANSI/PMI 99-001-2004)
5. Грекул В.И. Методические основы управления ИТ-проектами: учебник. М.: «БИНОМ», 2010.
6. Брукс Ф.П. Проектирование процесса проектирования: записки компьютерного эксперта – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2010.
7. Кантор М. Управление программными проектами. Практическое руководство по разработке успешного программного обеспечения – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2002.

8. Кэмпбелл К. Управление проектом на одной странице – М.: Изд. Дом «Диалектика», 2008.

УДК 338.482, 338.484

**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТУРИСТСКОЙ СФЕРЫ
В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.В. Волков

Студент гр. СМ-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.О. Похомчикова

К.э.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Озеро Байкал, объект Всемирного природного наследия, простирается по территории Иркутской области, что позволяет отнести ее к региону с большим туристским потенциалом. Согласно методике, предложенной комитетом Международного Экономического Форума, проанализированы показатели состояния конкурентоспособности туристской сферы Иркутской области по группам «нормативно-правовая база», «бизнес-среда и инфраструктура», «человеческие, природные и культурные ресурсы».

Ключевые слова: озеро Байкал, инфраструктура туризма, состояние конкурентоспособности туристской сферы Иркутской области, туризм в Байкальском регионе, показатели оценки состояния туризма.

**EXPERT ASSESSMENT OF THE TOURISM SPHERE
IN THE IRKUTSK REGION COMPETITIVENESS**

E.V. Volkov

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.O. Pokhomchikova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

ABSTRACT: Lake Baikal, a World Natural Heritage Site, stretches across the Irkutsk Region, which makes it a region with great tourism potential. According to the methodology proposed by the Committee of the International Economic Forum, the indicators of the state of competitiveness of the tourism sector of the Irkutsk region were analyzed in the groups "regulatory framework", "business environment and infrastructure", "human, natural and cultural resources".

Keywords: Lake Baikal, tourism infrastructure, the state of competitiveness of the tourism sector of the Irkutsk region, tourism in the Baikal region, indicators for assessing the state of tourism.

Для оценки конкурентоспособности регионального туризма воспользуемся методикой, предложенной комитетом Международного Экономического Форума¹. Модель основана на теоретической базе, подробно изложенной в исследовании Гоороохурна и Сугиярта [1]. В 2017 г. М.Ю. Ласси и Н.Н. Даниленко в рамках показателей конкурентоспособности национального туризма (Tourism competitiveness index) был проведен экспертный опрос восьми специалистов регионального туризма с целью оценки состояния показателей конкурентоспособности туризма в Иркутской области в 2014-2016 гг (см. таблицу 1) [2, с. 507]. В качестве источником количественных данных для осуществления оценки по пятибалльной шкале (где 5 – самое высокое качество, 1 – самое низкое качество) выступали статистические отчеты.

Таблица 1

Результаты оценки показателей состояния конкурентоспособности туризма в Иркутской области в 2014-2016 гг

Элемент	Показатели	2014	2015	2016	Среднее
	<i>Нормативно-правовая база</i>	3,0	2,8	2,7	2,8
Политические правила	Уровень прямых иностранных инвестиций в развитие туризма региона	2,6	2,8	3,1	3,5
	Доступность получения визы для иностранных граждан	4,1	4,3	4,4	
Устойчивость окружающей среды	Наличие исследований о влиянии туризма на окружающую среду	2,9	3,1	3,4	2,1
	Уровень опасных выбросов в окружающую среду	5,0	3,4	1,0	
Охрана и безопасность	Уровень преступности в регионе	1,2	1,0	5,0	2,6
	Уровень дорожно-транспортных происшествий в регионе	2,0	5,0	1,0	
	Вероятность возникновения природных катастроф в регионе	2,6	2,5	2,9	
Гигиена и	Территориальная удаленность медицинс-	2,4	2,5	2,9	2,5

¹ The Travel and Tourism Competitiveness Report. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-travel-tourism-competitiveness-report-2017> (дата обращения: 20.01.2021).

Продолжение таблицы

здоровье	ких учреждений от основных туристских объектов региона				
	Количество врачей и больничных коек	5,0	1,1	1,8	
Приоритетность сферы путешествий и туризма	Наличие государственных и региональных налоговых льгот и субсидий для бизнеса в сфере туризма	2,1	2,1	2,1	2,1
<i>Бизнес-среда и инфраструктура</i>		3,4	3,5	3,3	3,4
Инфраструктура воздушного транспорта	Количество внутренних и международных рейсов	3,8	4,1	4,3	3,7
	Качество аэропортов в регионе	3,3	3,4	3,4	
Инфраструктура наземного транспорта	Качество автомобильных дорог	2,4	2,9	3,3	3,5
	Качество услуг железнодорожного транспорта	3,9	4,0	4,0	
	Качество услуг водного транспорта	3,4	3,4	3,4	
	Плотность транспортных сетей в регионе	3,6	3,6	3,8	
Туристская инфраструктура	Количество номерного фонда	5,0	4,4	1,0	3,3
	Количество предприятий питания	3,9	4,0	4,0	
	Количество санитарных узлов вблизи основных туристских объектов	2,4	2,5	2,6	
	Количество банкоматов и обменных пунктов	3,0	3,5	3,6	
Информационно-коммуникационная инфраструктура	Степень оснащенности Интернетом объектов туристской инфраструктуры	3,3	3,8	4,0	3,6
	Количество туристско-информационных центров в регионе	3,3	3,6	3,8	
Ценовая конкурентоспособность в туризме и путешествиях	Уровень цен на авиабилеты до региона назначения	2,5	2,5	2,4	3,0
	Уровень цен на железнодорожные билеты до региона назначения	3,0	2,9	2,9	
	Уровень цен на услуги автомобильного транспорта внутри региона	3,8	3,4	3,4	
	Уровень цен на размещение внутри региона	3,4	3,4	3,0	
<i>Человеческие, природные и культурные ресурсы</i>		3,3	3,7	4,0	3,7
Человеческие ресурсы	Уровень профессиональной подготовки сотрудников индустрии туризма	2,8	2,9	2,9	2,8
Привлекательность туризма и путешествий	Взаимоотношения туристов с местным населением	3,4	3,6	3,8	3,1
	Популярность региона у туристов (по количеству ночевок)	1,0	2,9	5,0	

Продолжение таблицы

	Частота повторных посещений региона	3,3	3,5	4,0	
	Продолжительность туристского сезона в регионе	2,3	2,5	2,6	
Природные ресурсы	Богатство флоры и фауны	5,0	5,0	5,0	
	Количество памятников природы в регионе	4,9	4,9	4,9	4,7
Культурные ресурсы	Количество памятников культуры в регионе	4,3	4,3	4,3	4,3
	Общая конкурентоспособность	3,2	3,3	3,3	3,3

Источник: [2, с. 507].

«Уровень иностранных инвестиций в развитие туризма» в течение трех лет с 2014 по 2016 гг равномерно увеличивался, однако его оценка за 2016 г – немного выше среднего, вероятно, вследствие короткого летнего сверприбыльного туристского сезона и наблюдаемой рецессии в холодное время года в регионе. Полагаем, развитие зимних видов туризма поможет снизить влияние фактора сезонности. Высокие показатели доступности получения визы для иностранных граждан свидетельствуют об открытости региона для зарубежных граждан. Отмена визового режима между Россией и Китаем также способствовала увеличению туристского потока китайских граждан, объем которого ежегодно растет.

Устойчивость окружающей среды находится на уровне ниже среднего в наибольшей степени ввиду неудовлетворительного показателя «уровень выбросов в окружающую среду». Так, согласно последнему отчету о состоянии объектов всемирного природного наследия ЮНЕСКО Международного союза охраны природы, экологическое состояние оз. Байкал эксперты оценили как «вызывающее опасения»² с пометкой о неорганизованном туризме как главном факторе угрозы³ [3, с. 16]. Вопросы экологии в туризме подробно исследованы в работах зарубежных авторов [4-6].

Ниже среднего оценки по элементу «Охрана и безопасность»: несмотря на то, что уровень преступности в регионе за последние годы существенно снизился, показатель «уровень дорожно-транспортных происшествий» эксперты оценили как наихудший, в то время, как по данным социологических опросов туристов, безопасность является одним из наиболее значимых условий выбора того или иного региона в качестве места отдыха.

Доступная медицинская помощь является важнейшим критерием организованного туризма, однако по элементу «гигиена и здоровье» показатель «количество врачей и больничных коек» оценен на «неудовлетворительно».

² По данным портала «Экодело» [Электронный ресурс]. URL: https://ecodelo.org/43650-uroven_baykala_opustilsya_v_reytinge_yunesko (дата обращения: 20.02.2021).

³ По данным портала «Гринпис России» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/news/blogs/green-planet/blog/60705/> (дата обращения: 20.02.2021).

По данным 2014-2016 гг можно сделать вывод о недостаточной государственной поддержке сферы туризма в Иркутской области (средний балл по показателю «Наличие государственных и региональных налоговых льгот и субсидий для бизнеса в сфере туризма» – 2,1).

По сравнению с элементом «Нормативно-правовая база» группу показателей «бизнес-среда и инфраструктура» эксперты оценили более высоко (средний балл – 3,4). Наилучшие оценки по показателям «количество внутренних и международных рейсов» (4,3), «качество услуг железнодорожного транспорта» (4,0), «количество предприятий питания» (4,1), «степень оснащённости Интернетом объектов туристской инфраструктуры» (4,0). Наряду с хорошей развитостью индустрии питания в регионе, очень плохое состояние отмечено в сфере размещения (количество номерного фонда – 1,0), при этом уровень цен находится на удовлетворительном уровне (3,0), что свидетельствует о неадекватном соотношении «цена-качество». Интересно отметить, что данный показатель существенно снизился в 2016 г, что, вероятно, является следствием кризисных процессов в экономике. Уровень цен на авиабилеты до региона назначения - достаточно высок (оценка экспертов – 2,4 - неудовлетворительное состояние), что также является сдерживающим фактором для развития туризма в регионе.

Информационно-коммуникационная инфраструктура Иркутской области находится в удовлетворительном состоянии. Уровень оснащённости Интернетом объектов туристской инфраструктуры является, по оценкам экспертов, «хорошим», однако учитывая проявляющиеся в международном масштабе тенденции к всеобщей информатизации, существует необходимость к его повышению. Ввиду ежегодно увеличивающегося туристского потока существует потребность в увеличении количества туристско-информационных центров [7, с. 64].

Немаловажным фактором, характеризующим качество туристских услуг, является профессионализм сотрудников туристской индустрии. Несмотря на то, что по данному показателю наблюдался незначительный рост, его состояние оценивается как неудовлетворительное (2,9).

На привлекательности туризма в регионе положительно влияют такие факторы, как популярность региона у туристов (наивысший балл – 5,0), а также частота повторных посещений региона (4,0). Показатель, характеризующий взаимоотношения туристов с местным населением, находится на среднем уровне (3,8). Продолжительность туристского сезона в регионе довольно низкая (2,6), ввиду климатических особенностей Сибири с коротким летом и долгой зимой, однако расширение туристского предложения имеет потенциал для увеличения туристского потока и в холодное время года.

Наиболее сильной стороной конкурентоспособности туризма в регионе являются ее природные (средний балл - 4,7) и культурные ресурсы (средний балл - 4,3). Уникальность озера признана международным сообще-

ством, с 1996 г. Байкал внесен в Список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

Библиографический список:

1. Gooroochurn N., Sugiyarto G. Competitiveness indicators in the travel and tourism industry // *Tourism Economics*. – 2005. – Iss. 1. – pp. 25–43.
2. Даниленко Н.Н., Ласси М.Ю. Апробация модифицированного (агрегированного) показателя оценки конкурентоспособности регионального туризма (на примере Иркутской области) // *Известия Байкальского государственного университета*. – 2017. – Т. 27, № 4. – С. 505–514. doi 10.17150/2500-2759.2017.27(4).505-514
3. Удалых С.К., Жиленко В.Ю. Проблемы и перспективы развития экологического туризма в Байкальском регионе // *Научный результат. Серия «Технологии бизнеса и сервиса»*. – 2016. – №2 (8). – С. 15-21. doi: 10.18413/2408-9346-2016-2-2-15-21.
4. Fennell D.A. A Content Analysis of Ecotourism Definitions // *Current Issues in Tourism*. – 2001. – Iss. 4. – pp. 403-421.
5. Fennell D.A., Weaver D. The ecotourism concept and tourism conservation symbiosis // *Journal of Sustainable Tourism*. – 2005. – Iss. 13. – pp. 373-90.
6. Font X. Environmental certification in tourism and hospitality: progress, process and prospects // *Tourism Management*. – 2003. – Iss. 23. – pp. 197-205.
7. Колпакиди Д.В. Совершенствование региональной инфраструктуры туризма // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. – 2014. – № 6. – С. 64-69.

УДК 338.482, 338.484

ТУРИЗМ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ: ТОЧКИ РОСТА

Е.В. Волков

Студент гр. СМ-20-1

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Е.О. Похомчикова

К.э.н., доцент

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

e-mail: elena.isea@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Байкал как объект Всемирного природного наследия имеет большой туристский потенциал. За последние годы озеро удавалось наивысших позиций в российских и международных рейтингах. Уникальные природные и культурные ресурсы Байкальского региона име-

ют потенциал к увеличению туристского предложения на основе изучения вариантов расширения туристских маршрутов. Представлена классификация видов туризма на оз. Байкал, а также примерные программы туров по увеличению туристского предложения.

Ключевые слова: озеро Байкал, инфраструктура туризма, классификация видов туризма в Байкальском регионе, туризм в Байкальском регионе, туристский поток.

TOURISM IN THE BAIKAL REGION: POINTS OF GROWTH

E.V. Volkov

Student

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

E.O. Pokhomchikova

Assistant professor

Irkutsk National Research Technical University

ABSTRACT: Baikal as a World Natural Heritage site has great tourism potential. In recent years, the lake has received the highest positions in Russian and international ratings. The unique natural and cultural resources of the Baikal region have the potential to increase the tourist offer based on the study of options for expanding tourist routes. The classification of types of tourism on the lake is presented. Baikal, as well as approximate programs of tours to increase the tourist offer.

Keywords: Lake Baikal, tourism infrastructure, classification of types of tourism in the Baikal region, tourism in the Baikal region, tourist flow.

Мировой рынок туристских услуг в течение нескольких последних лет продолжает неуклонно расти (около 4 % в год — по данным Всемирной туристской организации). Туристский рынок России по некоторым показателям можно рассматривать как один из наиболее динамично развивающихся. К примеру, в 2016 году Российская Федерация вошла в топ-10 стран по уровню въездного туризма⁴.

Согласно мировому рейтингу конкурентоспособности в сфере туризма, опубликованному Всемирным экономическим форумом в 2017 году, Россия занимала 43 место из 136 стран⁵. Немалый вес в данном рейтинге отводится таким показателям, как количество природных ресурсов (39-е место) и культурных достопримечательностей (25-е место). Так, в прошедшем году Россия занимала 9 место в мире по общему количеству объектов всемирного

⁴ Данные аналитического центра при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/11063.pdf> (дата обращения: 12.03.2021).

⁵ The Travel and Tourism Competitiveness Report. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-travel-tourism-competitiveness-report-2017> (дата обращения: 20.01.2021).

наследия, а по числу природных объектов – 4-ое. Среди 28-ми российских объектов, включенных в список ЮНЕСКО, самым распространенным местом посещения по данным 2016 г является озеро Байкал⁶, его уникальность подтверждена по всем из заявленных критериев. Не случайно, что в Республике Бурятия и Иркутской области, территориях наиболее приближенных к Байкалу, сфера туризма определена в качестве стратегически важной отрасли региональной специализации [1, с. 188; 2, с. 34]. Наибольшая доля туристов (более 60%) проходит через Иркутскую область, в том числе около 84% иностранных граждан [2, с. 189].

По данным ассоциации туроператоров России, в 2014 г., Байкал занимал шестую позицию в рейтинге самых распространенных направлений внутреннего туризма (после курортов Краснодарского края, Крыма, Кавказских Минеральных Вод, Золотого кольца и Карелии соответственно)⁷.

Что касается иностранных туристов, то внешний туристский поток в Прибайкальскую территорию ежегодно увеличивается: за последние пять лет более чем на 30%⁸. Такой рост, в том числе, может быть обусловлен тем фактом, что в 2010 году авторитетное издательство Lonely Planet включило Байкал в рейтинг 10 самых привлекательных мест отдыха. Уникальность природы Байкала обуславливает его статус так называемой туристской Мекки: ежегодный поток туристов составляет, по оценкам экспертов, около 3 млн. чел.

Полезной для анализа является также информация о средней продолжительности пребывания и средних суточных расходах туристов. Так, по данным Исследования рынка туризма и путешествий по России и СНГ, средняя продолжительность отдыха на Байкале составляет 6 дней, средние суточные расходы – 3,4 тыс. р. (см. таблицу 1).

Таблица 1

Средняя продолжительность пребывания и средние суточные расходы туристов в местах отдыха⁹

Место отдыха	Средняя продолжительность пребывания, дн.	Средние суточные расходы, тыс.р.
Ялта	10	4,3
Анапа	12	3,5
Геленджике	11	3,4
о. Ольхон и пос. Листвянка	6	3,3
Севастополь	10	3,2

⁶ Данные аналитического агентства по туризму «ТурСтат» [Электронный ресурс]. URL: <http://turstat.com/> (дата обращения: 12.03.2021).

⁷ По данным портала «Байкал Инфо» [Электронный ресурс]. URL: <http://baikal-info.ru/baykal-stal-shestym-v-reytinge-populyarnyh-napravleniy-vnutrennego-turizma-rossii> (дата обращения: 28.02.2021).

⁸ По данным портала «i38.ru Телеинформ» [Электронный ресурс]. URL: <http://i38.ru/> (дата обращения: 28.02.2018).

⁹ По данным портала «Комсомольская правда» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irk.kp.ru/daily/26710.4/3735115/> (дата обращения: 19.02.2021).

Алушта	14	3,5
Пятигорск	8	3,3

Города в таблице представлены последовательно по степени популярности выбора для проведения отдыха в 2017 г. Как видим, среди наиболее распространенных мест отдыха озеро Байкал занимает последнее место по показателю «средняя продолжительность пребывания». Нетрудно подсчитать, что как раз около 6 дней составляет средняя продолжительность тура в самых распространенных местах отдыха на Байкале – поселке Листвянка и острове Ольхон (см. таблицу 2).

Таблица 2

Примерная программа тура в пос. Листвянка и о. Ольхон

Пос. Листвянка	О. Ольхон
Музей этнографического искусства, знакомство с окрестностями пос. Листвянка – 1 день	Экскурсия на мыс Хобой – 1 день
Байкальский музей, прогулка на теплоходе/катере с прозрачным дном/воздушной подушке (в зимнее время) – 1 день	Экскурсия в падь Идибу и озеро Ханхой – 1 день
Канатная дорога к обзорной площадке «камень Черского», посещение солнечной обсерватории – 1 день	Экскурсия на остров Огой – 1 день
КБДЖ – 1 день	Экскурсия по островам Малого моря – 1 день
	Долина реки Зундук и Заминское озеро – 1 день
Итого 4-5 дней	Итого 5-6 дней

Источник: составлено автором.

В то же время, учитывая уникальные характеристики озера, разнообразный рельеф, наличие заповедных зон и памятников природы можно предположить, что туристические маршруты можно значительно расширить как по количеству в зависимости от направлений туризма и предпочтений гостей, так и по средней продолжительности пребывания.

Библиографический список:

1. Новолодская Г.И., Черкашов Е.М. Кластеры как эффективный механизм управления особыми экономическими зонами туристско-рекреационного типа в Прибайкалье // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2017. – Т 3. – № 1. – С. 187-205. doi: 10.21684/2411-7897-2017-3-1-187-205.
2. Евстропьева О.В. Развитие туристской системы на Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. – 2016. – № 5. – С. 184–195. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-5.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция № 1. ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

Леушкин П.Н., Бузаева М.В. Сравнительная характеристика вспенивающих добавок для полимеров	3
Башкирцев В.Г., Раскулова Т.В. Модернизация узла ректификации производства этилбензола алкилированием бензола этиленом	6
Иванов Д.С., Ульянич Д.В., Страхов В.О., Ниндакова Л.О. Исследование каталитических систем $PD(DBA)_2-CIN-H_2$, сформированных в различных растворителях, в гидрировании ацетофенона молекулярным водородом	9
Бровкин Е.И., Скорникова С.А. Синтез и свойства ультрастабильного цеолита NaY	14
Нарушевич В.В., Кузнецова Т.А., Раскулова Т.В. Оптимизация работы конденсационного оборудования узлов переработки фракций ароматических углеводородов	20
Яковлева А. А., Нгуен Ч. Т. Характеристики удерживания некоторых пав на поверхности песков	24
Князева Т.В., Раскулова Т.В. Анализ работы конденсационного оборудования установок изомеризации легкой прямогонной нефти.....	29
Данилова К.А., Скорникова С.А. Синтез и свойства микро-мезопористых материалов на основе цеолита ZSM-5	33
Томчак М.Э., Раскулова Т.В. Работа блоков вакуумной перегонки мазута установок первичной переработки нефти по одноклонному варианту....	37
Кирсанова А.К., Закарчевский С.А., Чеснокова А.Н. Исследование композитных протонпроводящих мембран для топливных элементов.....	40
Куаме К. Э., Львов А. Г. Диотропная перегруппировка диарилэтенев 43	43
Сосновский И.К., Баденко В.В. Кинетика пиролиза торрефицированной древесной биомассы	45
Исаева Е.С., Бузаева М.В. Современные технологии и полимерные композиционные материалы в самолетостроение	47
Гопальзами К., Закарчевский С.А., Чеснокова А.Н. Электроды на основе углеродного войлока, модифицированные наночастицами никеля, кобальта и олова, в микробных топливных элементах	51

СЕКЦИЯ 2. ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Шишкина Н.Ю., Кривова Л.П. Использование водного экстракта из листьев амаранта при производстве пива	56
Дергунова Л.А., Самаркина Е.Е., Ваганова Е.С. Биокоррозия и методы ее предупреждения	62
Шашкина С.С., Чхенкели В.А., Евстафьев С.Н. Биоконверсия опилок базидиальным грибом рода <i>trametes</i>	66
Харченко В.М., Привалова Е.А., Тигунцева Н.П. Напитки повышенной пищевой ценности на основе ячменного солода с добавлением экстрактов растительного сырья	70
Шашкина С.С., Фомина Е.С., Тигунцева Н.П., Евстафьев С.Н. Химические превращения ацетона в суб- и сверхкритических условиях.	76
Быков В.Н., Мякина И.А. К вопросу о разработке сорта пива с добавками лекарственно-съедобных высших грибов	81

СЕКЦИЯ 3. КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Трофимова В.С., Темникова О.Е. Разработка технологии бисквитных полуфабрикатов диетического назначения	90
Верхотурова С.А., Супрун Н.П., ГусаКова Г.С. Разработка рецептуры сиропа с выраженными против-вирусными свойствами	93
Клычкова А.С., Темникова О.Е. Разработка технологии кексов функционального назначения	98
Мазаева Р.А., Гусакова Г.С. Использование пектина в производстве сидра	101
Фаизов Д.Р., Гусакова Г.С. Разработка рецептуры приготовления обогащенных соков	103
Нехта М.Н., Фаизов Д. Р., Гусакова Г.С. Производства пектинового экстракта	107

СЕКЦИЯ 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К. Влияние характера раст-вора на токсичность белого фосфора для <i>aspergillus niger</i>	111
Раимов А.В., Бузаева М.В. Подбор флокулянта для очистки нефтесодержащих сточных вод	114

Каненкин Е.И., Бегунова Л.А., Е.Н. Карасева Исследование проб воды, отобранных в районе расположения полигона твердых коммунальных отходов.....	118
Субботина Е.В., Николаенко Р.А., Филатова Е.Г. Изучение адсорбции ионов NI(II), ZN(II) И CU(II) электро-генерируемым гиббситом.....	122
Драгунский А.В., Рыбарчук О.В., Дударев В.И. Очистка хром-содержащих стоков углеродными сорбентами	126
Помазкина О.И., Филатова Е.Г., Гусева Г.В., Николаенко Р.А. Использование алюмосиликатов для экологической безопасности водных ресурсов приангарья	129
Чугунов А.Д., Сальник П.А., Пожидаев Ю.Н. Адсорбция тяжелых металлов цеолитом, модифицированным кремнеорганическим полимером	133
Белькович А.П., Лебедева О.В. Исследование свойств мембран на основе комплекса поли-1-винил-1,2,4-триазол/фенол-2,4- дисульфокислота	138
Верхозина Ю.А., Пожидаев Ю.Н. Получение мембран для твердо-полимерных топливных элементов	142
Чугунов А.Д., Шишкина Е.С., Е.Г. Филатова Физико-химические особенности адсорбции нефти модифицированными адсорбентами	146
Рябец Е.К., Ясько С.В., Белозерова О.В. Влияние потока автотранспорта на атмосферный воздух г. Иркутска	148

СЕКЦИЯ 5. СФЕРА УСЛУГ: ОБЩЕСТВЕННОЕ ПИТАНИЕ, ТОРГОВЛЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ашихина Л.В., Похомчикова Е.О. К вопросу о цифровых двойниках .	154
Бондарев М.П., Похомчикова Е.О. О функциональности еgr-систем ..	158
Бондарев Р.П., Похомчикова Е.О. Управление информационным проектом по разработке прикладного программного обеспечения.	162
Волков Е.В., Похомчикова Е.О. Экспертная оценка состояния конкурентоспособности туристской сферы в иркутской области.....	167
Волков Е.В., Похомчикова Е.О. Туризм в байкальском регионе: точки роста	172