



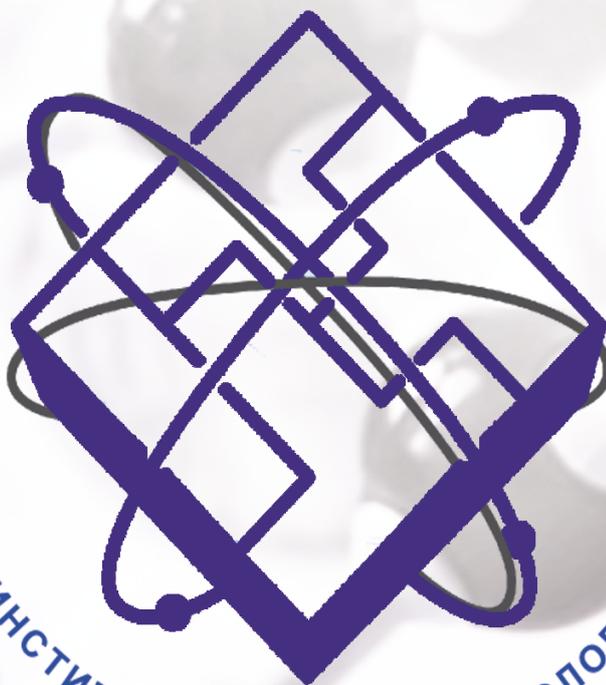
ИРКУТСКИЙ ПОЛИТЕХ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ, БИОТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ УСЛУГ

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

24 – 26 апреля 2025 г



ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**ИРКУТСК
2025 г**



**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

приоритет2030⁺
лидерами становятся

Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг

Материалы
IX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Иркутск, 24–26 апреля 2025 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2025



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 IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2025 г.) : к 95-летию ИРНИТУ и кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной / отв. ред. Е.Г. Филатова. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2025. – 258 с.

В сборнике представлены материалы, посвященные актуальным проблемам прикладной химии, биотехнологии, химии биологически активных веществ растительного сырья, экологическим проблемам промышленности.

Предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых, научных сотрудников и преподавателей вузов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Анциферов Е.А. – канд. хим. наук, доцент кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», директор Института высоких технологий ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», главный редактор;

Степанова М.В. – специалист по учебно-методической работе кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», технический редактор;

Филатова Е.Г. – канд. тех. наук, доцент кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», ответственный редактор

*Материалы публикуются в авторской редакции
и отображают персональную позицию участников конференции.
Авторы опубликованных статей несут ответственность за подбор
и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных
и прочих сведений. Компьютерный макет сборника составлен
из оригинальных авторских файлов*

ISBN 378-5-8038-1997-4

ISBN 978-5-8038-1841-0

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 2025

СЕКЦИЯ №1. ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

УДК 544.723.212

СПЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ИНДИГОКАРМИНА ОКСИДНЫМИ КОМПОЗИТАМИ AL-ZR(YB SM)-SR

Волков С. (*Республика Молдова*)

магистрант, 1032205274@rudn.ru

Михаленко И.И.

д.х.н., профессор, mikhalenko_ii@pfur.ru

Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы
117198, Москва, ул.Миклухо-Маклая, 6

АННОТАЦИЯ: Предложена методика изучения кинетики адсорбции по спектрам поглощения на примере водных растворов индигокармина и нанопорошков $50\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Zr}[\text{Yb,Sm}]\text{O}_2$, не содержащих и содержащих оксид стронция. Определено влияние функциональных добавок алюмоциркониевого (AZ) композита на удаление красителя при длительности контакта до 100 минут, равновесную адсорбцию и количество прочносвязанной формы адсорбата. Установлено, что максимум на временных зависимостях адсорбции наиболее выражен у образцов со стронцием, а изменения удельной быстрой и длительной адсорбции, десорбция IC зависят от состава AZ.

Ключевые слова: алюмоциркониевые порошки, оксиды иттербия, самария, стронция, индигокармин, суспензионный эффект, степень извлечения, адсорбция, десорбция.

SPECTRAL KINETIC STUDY OF INDIGOCARMIN ADSORPTION BY OXIDE COMPOSITES AlZr(Yb,Sm)-Sr

Volkov S. (*Republica Moldova*)

Graduate Student, 1032205274@rudn.ru

Mikhalenko I.I.

Dr. Chem. Sci., professor, mikhalenko_ii@pfur.ru

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia
117198, Moscow, Miklukho-Maklay, 6

ABSTRACT: A method for studying the kinetics of adsorption by absorption spectra is proposed using the example of aqueous solutions of indigo carmine (IC) and nanopowders $50\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Zr}[\text{Yb,Sm}]\text{O}_2$ free of and containing strontium oxide. The effect of functional additives of alumina-zirconia (AZ) composite on the dye removal at a contact duration of up to 100 minutes, equilibrium adsorption and the amount of strongly bonded adsorbate form. It

was found that the maximum in time dependences of adsorption is most pronounced in samples with strontium, and changes in specific fast and long-term adsorption and desorption of IC depend on the composition of AZ.

Keywords: alumina-zirconia powders, oxides of ytterbium, samarium, strontium, indigocarmine dye, suspension effect, degree of removal, adsorption, desorption.

Адсорбенты – порошки состава, близкого к эвтектике системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ (AZ). Данные порошковые системы с добавками оксидов РЗМ (иттербий, самарий) и ЩЗМ (стронций) являются прекурсорами алюмоциркониевой керамики. Оксид стронция является упрочняющей добавкой, а оксиды иттербия и самария стабилизируют тетрагональную фазу ZrO_2 , что важно для использования AZ композитов в медицине.

В качестве адсорбата выбран анионный средней токсичности краситель индигокармин (IC), особенностью адсорбции которого, по сравнению с метилоранжем, была более высокая степень извлечения мультиоксидными AZ порошками и уменьшенная в 4 раза посадочная площадка, рассчитанная из изотерм адсорбции [1].

Цель данной работы – определить влияние в AZ-композите функциональных добавок на адсорбционные характеристики, определяемые по усовершенствованной методике адсорбционно-десорбционного тестирования, на примере индигокармина.

В одной серии в параллельных опытах были получены данные кинетики адсорбции с учетом суспензионного эффекта, длительной адсорбции и последующей десорбции после замены равновесного раствора адсорбтива на воду.

Порошки были получены зол-гель методом изготовления алюмоциркониевой керамики в ИМЕТиМ РАН [2]. Используемые в работе порошки состава в мольных процентах $50\text{Al}_2\text{O}_3 \square (50 \square n)[\text{Zr}(n\text{Yb}, \text{Sm})]\text{O}_2$ без и с $1\% \text{SrO}$ и $n=3\%$ были получены по реакции гидролиз-конденсации водных растворов нитрата алюминия, оксохлорида циркония и нитратов иттербия, самария, стронция (соосаждение NH_4OH в присутствии полимера ПВП 1% масс.) с последующим высушиванием при 180°C и прокаливанием при 950°C . Используем обозначения материалов AZYb , AZSm , AZYbSr и AZSmSr .

Порошки были аттестованы методами РФА, БЭТ/БДХ и СЭМ. Удельные поверхности сорбентов приводятся в таблице 1, диаметры частиц составляют 23-25 и 26-34 нм у образцов с Yb и Sm соответственно. Адсорбцию из раствора и десорбцию определяли при комнатной температуре, используя спектры поглощения индигокармина (спектрофотометр Ecoview УФ-1200) с максимумом $610 \square 2$ нм, молярный коэффициент поглощения $\square_{610} = 18367 \text{ л} \square (\text{моль} \square \text{см})^{-1}$. В аналитических целях проверяли стабильность во времени калибровки и поглощения исходного (контроль-

ного) раствора концентрации 0,36 мкмоль/л. Масса адсорбента составляла 10 мг, объем раствора красителя – 10 мл. Для кинетического опыта учитывали суспензионный эффект (вклад в спектр небольшого рассеяния от взвешенных частиц).

Таблица

Величины адсорбции и десорбции индигокармина (в мкмоль·м⁻²)

Алюмоциркониевый композит	AZYb	AZYbSr	AZSm	AZSmSr
Удельная поверхность, м ² ·г ⁻¹	52	49	35	43
Адсорбция 20 мин.	0,269	0,203	0,174	0,076
Адсорбция 100 мин.	0,213	0,251	0,331	0,200
Адсорбция 48 ч	0,455	0,348	0,333	0,201
Десорбция, 48 ч	0,044	0,083	0,117	0,090

На рис.1 показаны временные зависимости степени извлечения красителя. Видно, что зависимости □-время проходят через максимум, который в большей степени выражен у образцов со стронцием.

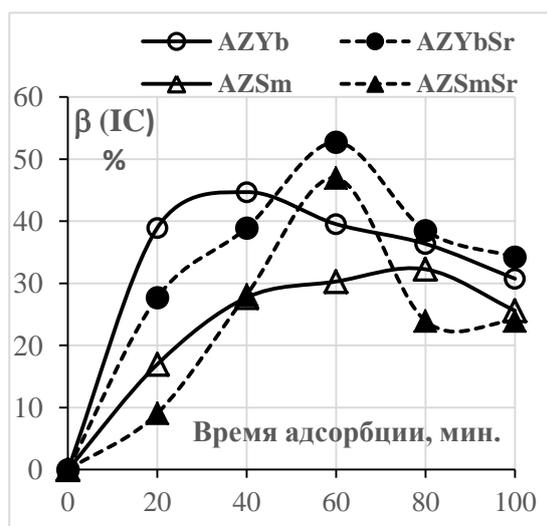


Рисунок 1. Временные зависимости степени извлечения индигокармина (IC)

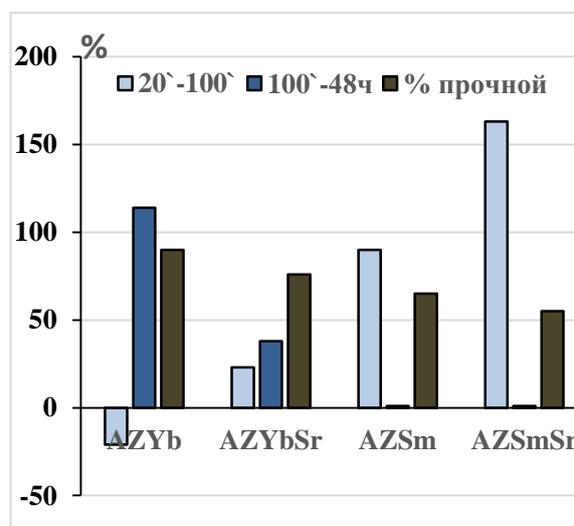


Рисунок 2. Процентное изменение адсорбции и доля прочной адсорбции IC алюмоциркониевыми (AZ) порошками с функциональными добавками

Наиболее существенные различия по степени извлечения при минимальном контакте раствора с адсорбентом (20 минут), а в конце кинетического опыта значения □ лежат в интервале 24-34%. Временные зависимости удельной адсорбции (мкмоль/м²) также имели максимум, явно выраженный у порошков AZYbSr и AZSmSr. Наличие максимума в ходе ад-

сорбции, может указывать на нестабильность адсорбционных комплексов (десорбцию) и/или переориентацию адсорбата в адслое с увеличением посадочной площадки. Моделирование механизма адсорбции ИС на ксерогелях и твердооксидных сорбентах с учетом точки нулевого заряда, рН раствора и ИК спектров адсорбата выполнено в исследованиях [3,4].

В таблице 1 приводятся величины удельной адсорбции, учитывающие различия в удельной поверхности порошков. Для анализа роли состава AZ систем данные таблицы дополнены диаграммой. Видно, что рост адсорбции при сравнении 20 и 100 минут увеличивается в ряду $AZYb < AZYbSr < AZSm < AZSmSr$, достигая 150%. При длительном выдерживании адсорбция возрастает только у порошков с иттербием, двукратно уменьшаясь в присутствии Sr, и это подтверждает его функцию снижать дефектность поверхности. Доля прочносвязанной формы в том же ряду образцов имеет тенденцию к уменьшению, что указывает на влияние состава сорбционного материала на соотношение слабо- и прочносвязанной форм адсорбции анионного красителя.

Таким образом, разработанная и апробированная на примере индигокармина методика тестирования серии сорбентов в серии адсорбционно-десорбционных опытах позволяет выбрать материал с оптимальными характеристиками для разных условий адсорбции и дифференцировать слабосвязанную и прочносвязанную формы адсорбата.

Библиографический список:

1. Волков С., Михаленко И.И. Материалы НПК «Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг». Иркутск, 25–26 апреля 2024 года, с.7-10.
2. Подзорова Л.И., Ильичева А.А., Пенькова О.И. и др. Неорганические материалы. 2021, Т. 57. № 2, С. 203. DOI: 10.31857/S0002337X2102010X.
3. Липин В.А. и др. Ж. физ.химии. 2022. Т.96. №2. DOI: [10.31857/S0044453722020157](https://doi.org/10.31857/S0044453722020157)
4. Adam F.A. et al. RSC Advances. 2022. 12. 24786 <https://doi.org/10.1039/D2RA02636H>

УДК 66.074.37

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАБИЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ РАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Былков В. А.

судент, e-mail: danilkrabovv@gmail.com

Раскулова Т. В.

д.х.н., доцент, зав. каф. «Химическая технология топлива», e-mail: raskulova@list.ru

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

665835, Иркутская область, г. Ангарск, квартал 85а, д.5

АННОТАЦИЯ: проведена оценка эффективности адсорбционной очистки стабильных газовых конденсатов Ковыктинского и Средневилюйского месторождений сорбентами различной природы. Наибольшей эффективностью характеризуется синтетический цеолит марки NaX (13), который позволит снизить содержание серы в газоконденсатах до значений 15 и 51 мг/кг. Исследованы зависимости адсорбционной эффективности адсорбентов от времени проведения процесса и расхода адсорбента.

Ключевые слова: адсорбция, газовый конденсат, алюмосиликаты.

INVESTIGATION OF ADSORPTION SULFUR-CONTAINING COMPOUNDS FROM CONDENSATES OF STABLE GAS DEPOSITS FROM VARIOUS FIELDS

Bylkov V. A.

Student , danilkrabovv@gmail.com

Raskulova T. V.

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of

Chemical Technology of Fuel, raskulova@list.ru

Angarsk State Technical University

665835, Irkutsk Region, Angarsk, 85a, 5

ABSTRACT: The efficiency of adsorption purification of stable gas condensates of the Kovyktinskoye and Srednevilyuyskoye fields using sorbents of various natures was assessed. The greatest efficiency was demonstrated by synthetic zeolite of the NaX (13) brand, which will reduce the sulfur content in gas condensates to values of 15 and 51 mg/kg. The dependences of the adsorption efficiency of adsorbents on the process time and adsorbent consumption were studied.

Key words: adsorption, gas condensate, aluminosilicates.

Согласно новой квоте, принятой ОПЕК+, Россия сможет увеличить добычу нефти на 2,9% к 2026 году [1]. В связи этим ожидается интенсив-

ная разработка новых нефтегазовых месторождений. Сера – нежелательный элемент в составе нефтепродуктов. Допустимое количество серосодержащих примесей строго ограничено современными ГОСТами, так как они негативно влияют на экологическую обстановку и повышают износ оборудования.

В России, как и во всем мире, ведется активная работа по ужесточению экологических стандартов для всех видов топлива. На сегодняшний день требования к экологичности продукции жесткие: согласно требованиям экологических норм ЕВРО 5, действующих на территории Российской Федерации с 1 января 2016 года, содержание серы в топливах не должно превышать 10 мг/кг [2]. Российские ГОСТы допускают производство топлива, в которых содержание серы варьируется от 500 до 50 мг/кг [3].

В газовых конденсатах могут содержаться следующие соединения серы: сероводород, меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, тионафены.

На сегодняшний день адсорбционные процессы очистки нефтепродуктов (в основном газов), от серы становятся все более применяемыми. Самыми распространенными сорбентами являются алюмосиликаты – группа природных и синтетических соединений, комплексные анионы которых содержат кремний и алюминий. В промышленной практике наиболее широко используются синтетические алюмосиликаты [4].

Целью данной работы являлось исследование адсорбции серосодержащих соединений из газоконденсатов Ковыктинского и Средневилюйского месторождений. В качестве адсорбента испытывались:

- отечественные синтетические цеолиты марок АСВ-22Э (НПФ «Олкат», Россия), NaX ГДО, NaX БКО (НКТ Групп, Россия)
- зарубежный синтетический цеолит марки NaX (13) (Luoyang Jalon Micro-nano New Materials Co.Ltd, Китай);
- цеолит природный Холинского месторождения (ЦП) (ООО «Холинские цеолиты», Россия);
- силикагель марки КСМГ – аморфный диоксид кремния (ООО «Ноябрь» Россия).

Характеристика основных физико-химических свойств использованных адсорбентов приведена в таблице 1.

Исходное содержание серы в составе исследуемых КГС, определенное согласно ГОСТ Р 51947-2002 [5], составляло: Ковыктинское КГС – 0,1063 % мас. (1063 мг/кг), Средневилюйское КГС – 0,0264% мас. (264 мг/кг). Массовую долю серы определяли методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии по на анализаторе «Спектроскан SUL». Адсорбцию проводили при температуре 20 °С в течение 2 часов и варьированием расхода адсорбента от 1 до 10 г на 100 см³ КГС.

Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, приведены в таблице 2. Наилучшими адсорбционными

свойствами по отношению к соединениям серы при одинаковых условиях обладает сорбент марки NaX (13). Адсорбция с использованием данного адсорбента позволила снизить общее содержание серы в КГС Ковыктинского месторождения до 0,0198 % мас. (198 мг/кг) при расходе 10 г/100 см³. Эффективность использования адсорбционной очистки для КГС Средневилюйского месторождения существенно ниже: при аналогичном расходе адсорбента конечное содержание серы в газоконденсате составило 0,0131% мас. или 131 мг/кг.

Таблица 1

Характеристика сорбентов

Наименование показателей	Сорбенты					
	АСВ	ГДО	БКО	NaX (13)	ЦП	КСМГ
Насыпная плотность, г/см ³	0,870	0,670	0,720	0,660	0,720	0,776
Механическая прочность, Н/мм ²	39,5	15,9	21,6	30,0	8,3	99%
Диаметр гранул, мм	4,77	1,61	1,92	1,60	2,5	2,0
Массовая доля пыли и крошки, %	2,38	-	-	-	-	-
Массовая доля влаги, %	10,3	-	-	1,5	10,0	1,37
Водостойкость, %	100	99,9	-	100	85,0	90,0
Сероемкость в стандартных условиях испытаний, %	16	10,7	9,9	21,0	-	-

Таблица 2

Содержание серы в образцах КГС после адсорбции (% мас.)

Наименование фактора	КГС Ковыктинское месторождение			КГС Средневилюйское месторождение	
	1	5	10	1	10
Расход адсорбента, г/100см ³	1	5	10	1	10
АСВ	0,1062	0,1030	0,0991	0,0262	0,0233
ГДО	0,1010	0,1009	0,0996	0,0263	0,0262
БКО	0,0836	0,0763	0,0682	0,0262	0,0260
NaX (13)	0,0979	0,0587	0,0198	0,0245	0,0131
ЦП	0,1063	0,1062	0,1062	0,0263	0,0262
КСМГ	0,1061	0,0968	0,0851	0,0262	0,0261

Нами было изучено влияние времени проведения адсорбции на эффективность удаления серы. Так как максимальную степень удаления серы показали опыты с расходом адсорбентов 10 г/100 см³, процессы проводились при данном расходе, температуре 20 °С, в течение 2-18 часов. Содержание серы в образцах КГС после адсорбции показано в табл. 3.

Установлено, что увеличение времени проведения адсорбции позволяет снизить остаточное содержание серы в исследуемых газоконденсатах: для КГС Ковыктинского месторождения удалось достичь конечного количества серы 0,0015% мас. или 15 мг/кг, что соответствует принятым на территории РФ нормативным документам.

Таблица 3

Зависимость содержания серы в образцах КГС после адсорбции (% мас.)

Сорбент	КГС Ковыктинское месторождение				КГС Средневилюйское месторождение			
	2	7	15	18	2	7	15	18
Время, ч								
АСВ	0,0991	0,0990	0,0990	0,1058	0,0233	0,0232	0,0234	0,0231
ГДО	0,0996	0,0996	0,1001	0,1062	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262
БКО	0,0682	0,0532	0,0495	0,0469	0,0260	0,0257	0,0238	0,0236
NaX (13)	0,0198	0,0053	0,0035	0,0015	0,0131	0,0077	0,0080	0,0051
ЦП	0,1062	0,1061	0,1062	0,1062	0,0262	0,0262	0,0262	0,0262
КСМГ	0,0851	0,0765	0,0723	0,0684	0,0261	0,0261	0,0261	0,0259

Для КГС Средневилюйского месторождения эффективность адсорбционной очистки при увеличении времени процесса также существенно возрастает и позволяет достичь при проведении адсорбции в течение 18 часов конечного содержания серы 0,0051% мас. или 51 мг/кг. Максимальной эффективностью работы характеризуется сорбент NaX (13).

Оптимальными параметрами процесса адсорбционной очистки исследованных КГС от соединений серы являются: расход адсорбента – 10 г/100 см³, время выдержки – 18 часов, температура обработки – 20 °С, максимально достигнутые степени очистки составили: для КГС Ковыктинского месторождения 98,6 % мас., для КГС Средневилюйского месторождения – 80,7% мас.

Библиографический список

1. Электронный ресурс: <https://tass.ru/ekonomika/22587463> Дата публикации: 05.12.2024. (Дата обращения: 12.02.2025).
2. Электронный ресурс: <https://www.ofptk.ru> Дата публикации: 05.10.2023. (Дата обращения: 15.03.2025).
3. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.
4. Электронный ресурс: URL:<https://neftegaz.ru/science/chemistry/331848-pererabotka-gazovogo-kondensata/> Дата публикации: 10.01.2014. (Дата обращения: 12.02.2025).
5. ГОСТ Р 51947-2002. Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии. – М.: Госстандарт России, 2003.

УДК 547.022.12

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ФОТОУПРАВЛЯЕМЫХ Pd-NHC КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ДИАРИЛЭТЕНОВ

Шнигирев Р.Б.^{*,**}

студент, bramarust@gmail.com

Львов А.Г.^{*,**}

д.х.н., зав. лабораторией фотофункциональных материалов, lvov-andre@yandex.ru

Яковлева А.А.^{*}

д.т.н., профессор, ayakovistu@mail.ru

^{*}ФИЦ Иркутский институт химии СО РАН им. А.Е. Фаворского,
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

^{**}Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: N-гетероциклические карбены (NHC – N-heterocyclic carbenes) на основе азотсодержащих гетероциклов используются в качестве лигандов для комплексов переходных металлов, а также широко применяются в органокатализе [1,2]. Введение NHC-фрагмента в фотохромную систему, открывает доступ к катализаторам чью активность и селективность можно контролировать светом [3]. В настоящем проекте планируется разработка ранее неизвестных фотохромных палладиевых NHC комплексов на основе диарилэтенного каркаса (DAE-Pd-NHC). Предполагается, что такие соединения будут интересны в качестве инструмента для тонкой настройки палладий-катализируемых реакций. Это может открыть перспективы для создания "умных" каталитических систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям реакций.

Ключевые слова: Диарилэтены, фотопереключение, комплексы, карбены.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF PHOTOREGULATED Pd-NHC COMPLEXES BASED ON DIARYLETHENES

Shnigirev R.B.^{*,**}

Student, bramarust@gmail.com

A.G. Lvov^{*,**}

Doctor of Chemical Sciences,

Head of the Laboratory of Photo Functional Material, lvov-andre@yandex.ru

Yakovleva A.A.^{**}

Doctor of Technical Sciences, Professor, ayakovistu@mail.ru

^{*}Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS A.E. Favorsky,
664033, Irkutsk, Favorsky str., 1

^{**}Irkutsk National Research Technical University,
664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ANNOTATION: N-heterocyclic carbenes (NHC – N-heterocyclic carbenes) based on nitrogen-containing heterocycles are used as ligands for transi-

tion metal complexes and are also widely used in organocatalysis. [1,2] The introduction of the NHC fragment into the photochromic system opens up access to catalysts whose activity and selectivity can be controlled by light. [3] In this project, it is planned to develop previously unknown photochromic palladium NHC complexes based on a diarylethene framework (DAE-Pd-NHC). It is assumed that such compounds will be interesting as a tool for fine-tuning palladium-catalyzed reactions. This may open up prospects for the creation of smart catalytic systems capable of adapting to changing reaction conditions.

Keywords: Diarylethenes, photoconversion, complexes, carbenes

Общеизвестно, что лиганды на основе N-гетероциклических карбенов (ННС) открыли новые горизонты в разработке гомогенных катализаторов. Успех этого типа лигандов обусловлен неограниченным доступом к многообразию структур с настраиваемыми электронными свойствами, а также способностью семейства ННС адаптировать эти свойства к специфическим требованиям отдельных каталитических превращений [4]. Таким образом, эти соединения являются очень привлекательными объектами для создания «умных» лигандов. «Умные» лиганды способны напрямую взаимодействовать с субстратом или изменять свои пространственные или электронные свойства, чтобы соответствовать требованиям определенного каталитического превращения [5]. Такого эффекта можно достигнуть, воздействуя на лиганд внешним стимулом. В качестве стимула может быть электромагнитное излучение. Действительно, свет является 4 привлекательным стимулом, благодаря ряду свойств: неинвазивность, большое временное и пространственное разрешение, возможность точного контроля интенсивности воздействия. Наиболее изучены фотоуправляемые катализаторы на основе азобензола [7] или диарилэтенов. [8] Например, недавно было сообщено о разработке нового класса фотопереключаемых ННС-лигандов, содержащих структурный фрагмент азобензола (Схема 1а) [9].

Эти соединения были использованы в Au-катализируемых реакциях. Оказалось, что для Z-конфигурации азобензольного фрагмента каталитический процесс идет эффективнее, чем для E-конфигурации двойной связи. Уникальные пространственные характеристики лиганда становятся ключевыми факторами, определяющими селективность реакций.

Более ранним примером является работа Bielawski с коллегами, в которой N-гетероциклический карбен был встроен в диарилэтеную систему [10]. Авторы показали, что циклическая форма ННС является менее нуклеофильной, и следовательно, менее эффективной в ускорении реакции переэтерификации или трансаминирования (Схема 1б). Позднее был разработан фотоуправляемый катализатор Ховейды-Граббса (Схема 1в) [11]. Исходная форма эффективнее катализировала реакцию метатезиса с рас-

крытием цикла и полимеризацией (ROMP), а фотоизомер был лучше в реакциях метатезиса с закрытием кольца (RCM).

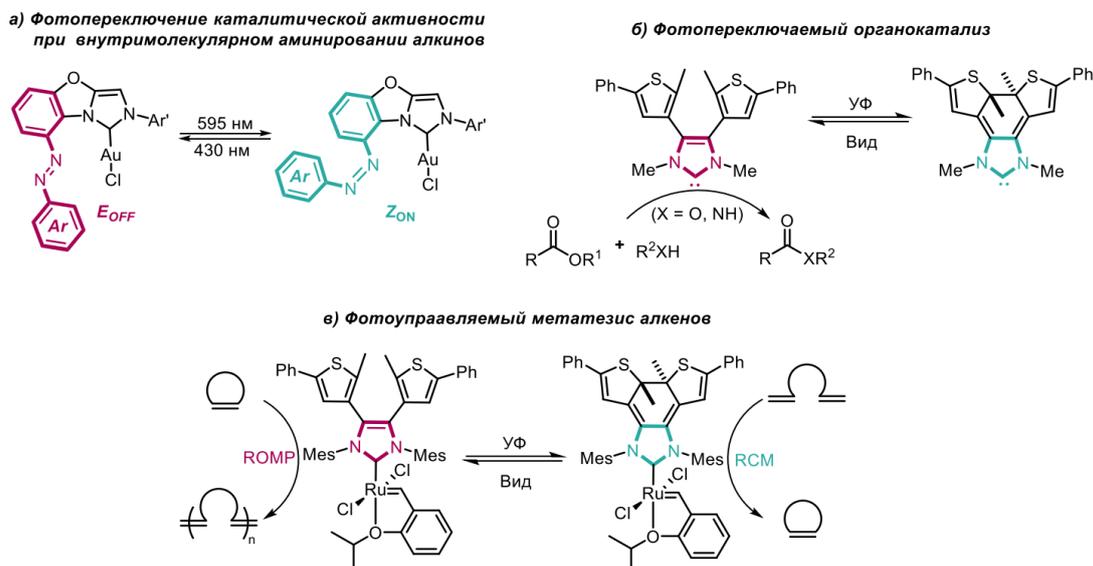


Схема 1. Некоторые примеры фотоуправляемых катализаторов

В настоящее время нами была разработана методика получения имидазольной соли **7**, являющейся предшественником NHC лиганда. Синтез состоит из нескольких стадий (Схема 2).

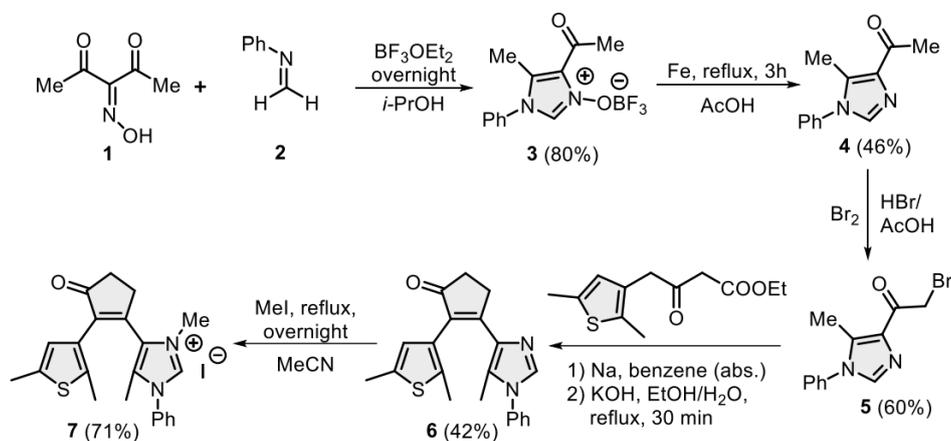


Схема 2. Синтез предшественника NHC

Сначала был синтезирован незамещенный во втором положении имидазол путем конденсации оксима **1** и N-фенилметанимина **2** в присутствии эфира трехфтористого бора, который не только ускорял реакцию, но и стабилизировал образующийся N-оксидимидазол **3**. [12] Полученный N-оксид **3** был восстановлен до ацетилимидазола **4**, из которого получили бромкетон **5**. Для получения 2,3-диарилциклопентенона **6**, [13] этил 4-

тиенил-3-кетобуаноат [14] был проалкилирован 2-бром-1-имидазолилэтан-1-оном **5** в присутствии натрия с последующей циклизацией промежуточного дикетона в водно-спиртовом растворе щелочи. Алкилирование метилиодидом полученного соединения дает имидазолиевую соль **7** с хорошим выходом.

Далее была разработана методология синтеза палладиевых комплексов из имидазолиевой соли **7** и соли двухвалентного палладия. Для изучения влияния лиганда нами было получено два типа комплексов. Первый тип содержит один NHC лиганд в структуре. Комплекс **Io** был получен с хорошим выходом взаимодействием соли **7** и бис(пиридин)палладий хлорида в присутствии основания и большого избытка иодида калия. Второй тип имеет в своей структуре уже два NHC лиганда. Соединение **IIo** было получено с умеренным выходом в похожих условиях с использованием ТГФ как растворителя и хлорида палладия (II) (Схема 3).

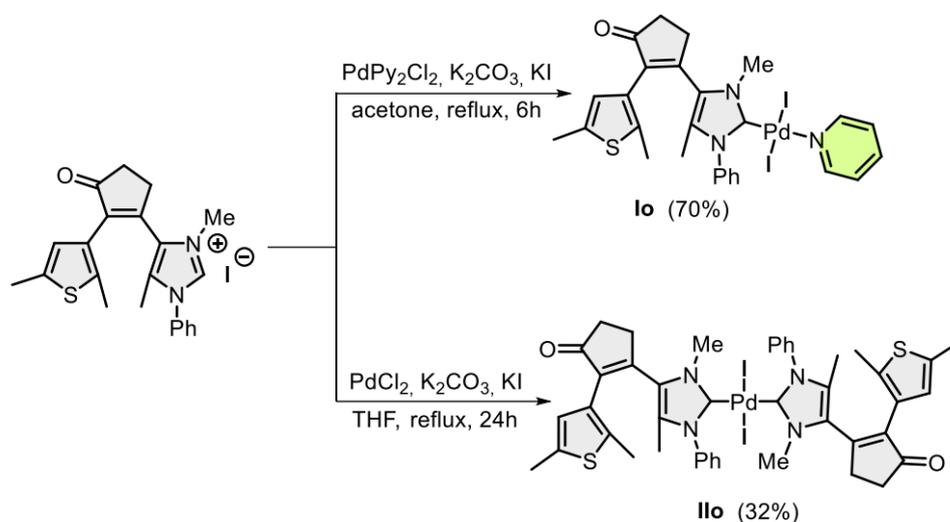


Схема 3. Схема синтеза двух типов комплексов DAE-Pd-NHC

Фотохимические исследования показали, что диарилэтены **6** и **7**, как и ожидалось, проявляют фотохромные свойства. Так, облучение УФ светом соединения **6o** с длиной волны 365 нм приводит к образованию фотоизомера **6с**. Об этом свидетельствует появление нового максимума поглощения на УФ спектре (фиолетовая линия, Рисунок 1А), а также появление новых сигналов на спектре ЯМР ^1H (Рисунок 1 А). Облучение зеленым светом возвращала фотоизомер в исходное состояние (зелёная линия, Рисунок1А). То же самое справедливо для имидазолиевой соли **7o** (Рисунок 1Б).

Комплекс **Io** показал хорошие фотохромные свойства. Так, образование фотоизомера наблюдается с высокой конверсией (60%), и он стабилен при комнатной температуре в течение нескольких недель. Стоит отметить его способность переключаться между двумя состояниями без разложения.

Структура соединения надежно подтверждена данными ЯМР спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.1 Рисунок 2 Фотопереключение Ю и его структура по данным РСА (А). ЯМР и УФ спектры, подтверждающие фотопереключение (Б).

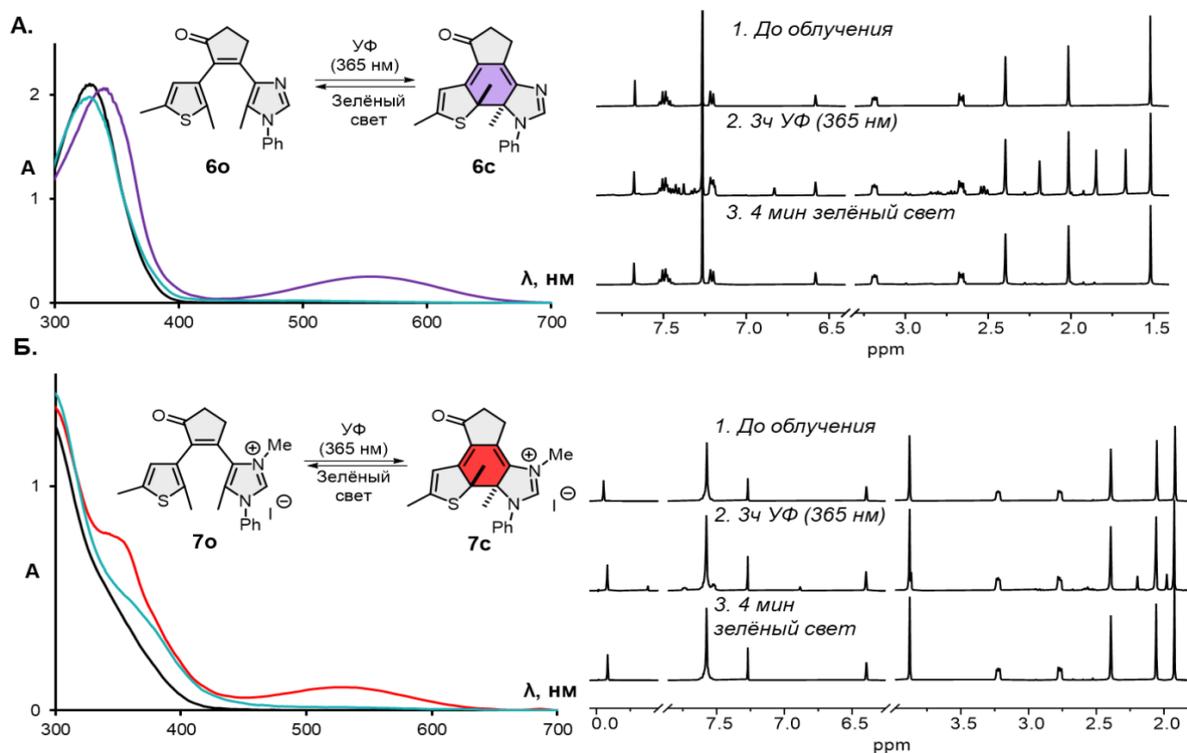


Рисунок 1. Фотохромизм соединений 6 (А) и 7 (Б)

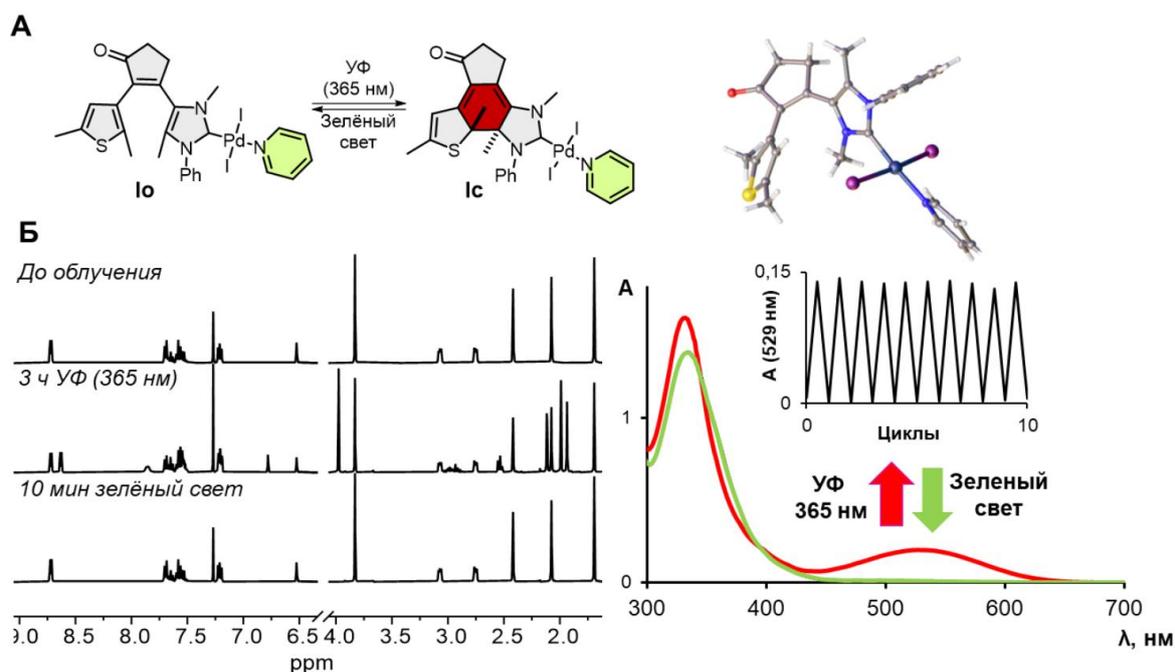


Рисунок 2. Фотопереключение Юo и его структура по данным РСА (А)

Таким образом, впервые были получены фотохромные палладиевые комплексы на основе 2,3-диарилциклопентенона. Изучены фотохимические свойства предшественников NHC и палладиевых комплексов. Было показано, что комплекс с одним фотохромным лигандом проявляет хорошие фотопереключаемые свойства. Полученные данные имеют важное значение для создания «умных» комплексов, способных адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды или специфическим запросам при проведении химических реакций.

Библиографический список:

1. Chernyshev, V. M.; Denisova, E. A.; Eremin, D. B.; Ananikov, V. P. The Key Role of RNHC Coupling (R = C, H, Heteroatom) and M-NHC Bond Cleavage in the Evolution of M/NHC Complexes and Formation of Catalytically Active Species. *Chem. Sci.* 2020, 11 (27), 6957–6977.
2. Flanigan, D. M.; Romanov-Michailidis, F.; White, N. A.; Rovis, T. Organocatalytic Reactions Enabled by N-Heterocyclic Carbenes. *Chem. Rev.* 2015, 115 (17), 9307–9387.
3. Neilson, B. M.; Bielawski, C. W. Illuminating Photoswitchable Catalysis. *ACS Catal.* 2013, 3 (8), 1874–1885.
4. Hopkinson, M. N.; Richter, C.; Schedler, M.; Glorius, F. An Overview of N-Heterocyclic Carbenes. *Nature* 2014, 510 (7506), 485–496.
5. Peris, E. Smart N-Heterocyclic Carbene Ligands in Catalysis. *Chem. Rev.* 2018, 118 (19), 9988–10031.
6. Göstl, R.; Senf, A.; Hecht, S. Remote-Controlling Chemical Reactions by Light: Towards Chemistry with High Spatio-Temporal Resolution. *Chem. Soc. Rev.* 2014, 43 (6), 1982–1996.
7. Liu, R.; Zhang, X.; Xia, F.; Dai, Y. Azobenzene-Based Photoswitchable Catalysts: State of the Art and Perspectives. *J. Catal.* 2022, 409, 33–40.
8. Majee, D.; Presolski, S. Dithienylethene-Based Photoswitchable Catalysts: State of the Art and Future Perspectives. *ACS Catal.* 2021, 11 (4), 2244–2252. <https://doi.org/10.1021/acscatal.0c05232>.
9. Rölz, M.; Butschke, B.; Breit, B. Azobenzene-Integrated NHC Ligands: A Versatile Platform for Visible-Light-Switchable Metal Catalysis. *J. Am. Chem. Soc.* 2024, 146 (19), 13210–13225.
10. Neilson, B. M.; Bielawski, C. W. Photoswitchable Organocatalysis: Using Light To Modulate the Catalytic Activities of N-Heterocyclic Carbenes. *J. Am. Chem. Soc.* 2012, 134 (30), 12693–12699.
11. Teator, A. J.; Shao, H.; Lu, G.; Liu, P.; Bielawski, C. W. A Photoswitchable Olefin Metathesis Catalyst. *Organometallics* 2017, 36 (2), 490–497.
12. Mityanov, V. S.; Perevalov, V. P.; Tkach, I. I. Synthesis of 2-Unsubstituted 1-Arylimidazoles. *Chem. Heterocycl. Compd.* 2013, 48 (12),

1793–1800.

13. Shirinian, V. Z.; Lvov, A. G.; Bulich, E. Y.; Zakharov, A. V.; Krayushkin, M. M. Novel Photochromic Diarylethenes Bearing an Imidazole Moiety *Tetrahedron Lett.* 2015, 56 (40), 5477–5481.

14. Shimkin, A. A.; Shirinian, V. Z.; Mailian, A. K.; Lonshakov, D. V.; Gorokhov, V. V.; Krayushkin, M. M. Acylation of Meldrum's Acid with Arylacetic Acid Imidazolides as a Convenient Method for the Synthesis of 4-Aryl-3-Oxobutanoates. *Russ. Chem. Bull.* 2011, 60 (1), 139–142.

15. Perrier, A.; Maurel, F.; Jacquemin, D. Single Molecule Multiphotochromism with Diarylethenes. *Acc. Chem. Res.* 2012, 45 (8), 1173–1182.

УДК 66.081.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ЗОЛОТА АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ СОРБЕНТА

Верхотурова С.А.

Магистрант, 20verkhoturovasofa02@mail.ru

Анциферов Е.А.

к.х.н., доцент, antsiferov@istu.edu

Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: В работе исследован процесс извлечения золота активными углями из цианистых растворов кучного выщелачивания с наложением внешнего потенциала. Отражены результаты исследования сорбции золота на активном угле. Результаты свидетельствуют, что наложенный на уголь потенциал положительно влияет на сорбцию золота, увеличивая эффективность извлечения благородного металла на 21%.

Ключевые слова: цианистый раствор кучного выщелачивания, электродный потенциал, сорбция, активный уголь.

STUDY OF THE PROCESS OF GOLD SORPTION BY ACTIVE CARBON UNDER CONDITIONS OF ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF THE SORBENT

Verkhoturova S.A.

Master's student, 20verkhoturovasofa02@mail.ru

Antsiferov E.A.

Assistant professor, antsiferov@istu.edu

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

ABSTRACT: The paper studies the process of gold extraction by activated carbons from cyanide solutions of heap leaching with the imposition of an external potential. The results of the study of gold sorption on activated carbon are reflected. The results show that the potential imposed on carbon has a positive effect on gold sorption, increasing the efficiency of extraction of the precious metal by 21%.

Keywords: cyanide solution of heap leaching, electrode potential, sorption, activated carbon.

Для извлечения благородных металлов из промышленных (цианистых) растворов кучного выщелачивания широко применяются сорбционные методы, где сорбентом являются активные угли [1 – 3].

В основе данной работы лежит гипотеза, которая заключается в возможности эффективного сорбционного извлечения золота активными углями из цианистых растворов с наложением потенциала.

Анализ опубликованных научных исследований в области применения электрохимического потенциала в сорбционной технологии производства золота свидетельствует о малочисленности данных по этой тематике, этим обусловлена научная новизна работы.

На основании вышеизложенного, цель данной работы – исследование процесса сорбции золота активными углями в условиях электрохимического воздействия на процесс.

Материалом исследования являлся цианистый золотосодержащий раствор кучного выщелачивания. В качестве сорбента применяли гранулированный активированный уголь марки GOLDIR 0612 из скорлупы кокосовых орехов (Малайзия).

Для проведения исследования была разработана экспериментальная установка – электрохимическая ячейка, заполненная гранулированным активированным углем, на который накладывался электрический потенциал. Через слой заряженного угля пропускался цианистый золотосодержащий раствор. Исследования проводили непрерывно в течении 48 ч, с отбором проб раствора, прошедшего через слой угля. Контрольное исследование проводили в тех же условиях без наложения потенциала. Для определения концентрации золота в пробах применяли атомно-абсорбционный метод. Далее, проводили расчет количества адсорбированного золота на активированном угле. Результаты приведены в таблице, рисунке.

Таблица

Количество адсорбированного золота

Время, ч	Количество Au, мг/1г угля	
	Опыт (с наложением потенциала)	Контрольный (без наложения потенциала)
8	2,447	2,010

Продолжение таблицы

16	4,900	4,281
24	7,276	6,300
32	9,685	8,307
40	11,987	10,296
48	14,633	12,075

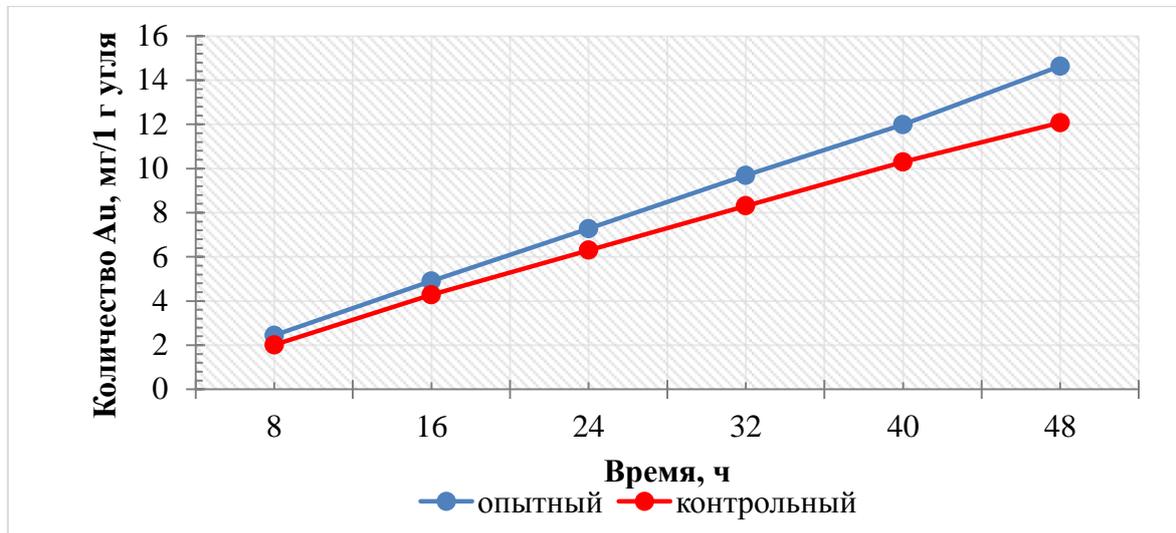


Рисунок. Количество адсорбированного золота

Таким образом, было выявлено, что наложение потенциала на слой угля положительно влияет на сорбцию золота, повышая эффективность извлечения на 21%.

Данное исследование подтвердило возможность более полного извлечения золота из цианистых растворов. Для тщательного изучения диапазона рабочего потенциала необходимо провести дополнительные исследования.

Библиографический список:

1. Проблемы переработки бедных и упорных золотосодержащих руд / Б.В. Комогорцев, А.А. Вареничев // ГИАБ. 2016. №2.
2. Теория и практика кучного выщелачивания золота / Бейсембаев Б.Б., Кенжалиев Б.К., Абсалямов Х.К., Лерман Б.Д., Лузин Б.С., Доронин А.П. – Алматы: Гылым, 1998. – 199 с.
3. Bansal R.C., Goyal M. Activated carbon adsorption. Boca Raton: CRC Press, 2005. 497 p.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ НА КАЧЕСТВО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Калинина А.А.

магистрант

Скиба К.Д.

аспирант

Дударев В.И.

д.т.н., профессор, evdudarev2@istu.edu

Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: Проведен посуточный мониторинг влияния основных параметров практической сушки поливинилхлорида, получаемого суспензионной полимеризацией на его качество. При температурах от -10 до 20 °С получают поливинилхлорид с повышенной синдиотактичностью. Продолжительность суспензионной полимеризации винилхлорида при 45 - 70 °С и давлении 0,5 - 1,4 МПа составляет 5 - 10 ч, конверсия мономера 80 - 90%. После разделения порошкообразный полимер с влажностью 20 - 30% подается на стадию сушки. При сушке в кипящем слое температура поступающего воздуха в камеру 115 - 120 °С, температура в разных точках кипящего слоя 35 - 65 °С. Согласно регламентным показателям, температура сушки не должна превышать 70 °С. Температура сушки влияет в итоге на конечную массу получаемого продукта. Установлено, что изменение температуры сушки зависит от дозировки основных компонентов рецептуры полимеризации, от содержания влаги в суспензии после центрифугирования.

Ключевые слова: поливинилхлорид, суспензионный, сушка, параметры

EFFECT OF THE DRYING PROCESS ON THE QUALITY OF POLYVINYL CHLORIDE

Kalinina A.A.

Undergraduate student

Skiba K.D.

Postgraduate

V.I.Dudarev

Dr.Sci., Full Professor, vdudarev@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, Street Lermontova, 83

ABSTRACT: Daily monitoring of the effect of the main parameters of practical drying of polyvinyl chloride obtained by suspension polymerization on its quality is carried out. At temperatures from -10 to 20 °C polyvinyl chloride

with increased syndiotacticity is obtained. The duration of suspension polymerization of vinyl chloride at 45 - 70 °C and a pressure of 0.5 - 1.4 MPa is 5 - 10 hours, the monomer conversion is 80 - 90%. After separation, a powdered polymer with a moisture content of 20 - 30% is supplied to the drying stage. When drying in a fluidized bed, the temperature of the incoming air into the chamber is 115 - 120 °C, the temperature at different points of the fluidized bed is 35 - 65 °C. According to the regulatory indicators, the drying temperature should not exceed 70°C. The drying temperature ultimately affects the final weight of the resulting product. It has been established that the change in the drying temperature depends on the dosage of the main components of the polymerization formulation, on the moisture content in the suspension after centrifugation.

Keywords: polyvinyl chloride, suspension, drying, parameters

Поливинилхлорид (ПВХ) представляется одним из наиболее распространенных и технологичных полимеров 21 века [1-3]. Он характеризуется долговечностью, устойчивостью к коррозионным процессам, является легкодоступным к химической, механической и температурной обработке, что находит применение в производстве широкого круга материалов для различных отраслей народного хозяйства [4-8]. Комбинат «Саянскхимпласт» в Иркутской области выпускает около одной третьей части от всего объема ПВХ, производимого в России [9].

В работе использовали поливинилхлорид, получаемый суспензионной полимеризацией [10]. Процесс, за счет того, что ПВХ не растворяется в воде, носит гетерофазный характер. При полимеризации в водной суспензии, изменяя температуру и соотношение исходных компонентов и подбирая определенные инициаторы и стабилизаторы, можно регулировать скорость реакции полимеризации и влиять на свойства полимера, улучшая его термо- и светостойкость, а также физические свойства порошка. Кристаллический ПВХ имеет синдиотактическую конфигурацию с орторомбической элементарной ячейкой, содержащей два мономерных звена, при этом атомы хлора расположены поочередно по обе стороны цепи [11]. Длина проекции мономерного звена ПВХ, согласно данным, полученным методами гельпроникающей хроматографии и вискозиметрии, составляет 2,38 А. При температурах от -10 до 20 °C получали поливинилхлорид с повышенной синдиотактичностью.

Продолжительность суспензионной полимеризации винилхлорида при 45-70 °C и давлении 0,5 - 1,4 МПа составляет 5-10 ч, конверсия мономера 80-90%. После разделения порошкообразный полимер с влажностью 20-30% подается на стадию сушки. Технический полимер должен быть доведен до определенных параметров влажности, иначе могут возникать проблемы при его обработке, косметические дефекты или структурная и физическая слабость из-за гидролитического разложения [12]. Полимерные

гранулы не высыхают мгновенно. Требуется время, чтобы поднять температуру гранул, и влага могла мигрировать на поверхность. Эффективное время сушки - это время, в течение которого гранулы подвергаются оптимальным условиям сушки. Любое время, когда полимер находится в сушильном бункере при температуре ниже рекомендованной, не может считаться временем высыхания, и существует риск недостаточно высушить материал. Нами проведена посуточная оценка основных параметров практической сушки суспензионного полимера. Согласно регламентным показателям, температура сушки не должна превышать 70 °С. Оптимальной считается температура 55 °С. В результате проведенного исследования установлено, что изменение температуры зависит от дозировки основных компонентов рецептуры полимеризации, от содержания влаги в суспензии после центрифуги. При изменении рецептуры может увеличиваться или уменьшаться пористость гранул ПВХ. При больших размерах пор удаление влаги происходит быстрее и при меньшей температуре. При меньших размерах пор удаление влаги происходит медленнее и тогда следует увеличивать температуру. Внешнее давление тоже влияет на расход осушающего воздуха. Температура сушки существенно влияет на скорость сушки и соответственно на объём высушенного поливинилхлорида, т.е. на конечную массу полученного продукта. При большом содержании остаточной влаги также, необходимо повышение температуры процесса, что приводит к увеличению расход теплоносителя и, соответственно, к снижению экономической эффективности производства ПВХ.

Библиографический список:

1. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. СПб.: Профессия, 2007. 728 с.
2. Гроссман Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. М.: Научные основы и технологии, 2009. 550 с.
3. Arun k.j., meena m. Application of pvc – a superior material in the fields of science and technology // polymer-plastics technology and materials. 2024. Vol. 63, no.4. P. 1-19. Doi:10.1080/25740881.2024.2365288
4. Mazitova a.k., aminova g.k., maskova a.r., zentsov v.n., nedopekin d.v., rayzer ju.s. Development of oil-benzen-resistant pvc-plastics // journal of engineering and applied sciences. 2017. Vol. 12. P. 7865-7869. Doi:0.3923/jeasci.2017.7865.7869.
5. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Нафикова Р.Ф., Дебердеев Р.Я. Основные поливинилхлоридные композиции строительного назначения. Уфа:Изд-во УГНТУ, 2013. 130 с.
6. Захаров О.А., Миронов А.А., Гуткович С.А. Новое пленкообразующее на основе поливинилхлорида для защитных лакокрасочных материалов// Нанотехника. 2009. N 2(18), С.74-76.

7. Алешин А.А., Панов Ю.Т., Кудрявцева З.А. Биоразрушаемая полимерная композиции // Современные наукоемкие технологии. 2007. N 6. С. 29–31.

8. Маскова А.Р., Мазитова А.К., Аминова Г.К., Рольник Л.З., Файзуллина Г.Ф. Исследование реологических свойств ПВХ-композиций, содержащих фталатные пластификаторы // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т. 10. N 3. С. 127–137. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-127-137.

9. Рынок ПВХ в начале 2024 года. URL:https://rupec.ru/articles/53104/?sphrase_id=16887 (дата обращения 17.11.2024)

10. Арслонов, Д. Р. О технологии производства поливинилхлорида суспензионным методом // Молодой ученый. 2021. N 49 (391). С. 11-13.

11. Гришин А.Н., Гуткович С.А. Влияние условий полимеризации на пористость суспензионного поливинилхлорида (ПВХ) // Пластические массы. 2005. N 5, С.11-13

12. Мониторинг процесса сушки при переработке пластмасс. URL: <https://polymernagrev.ru/nagrev-v-proizvodstve/monitoring-protsesssa-sushki-pri-pererabotke-plastmass/> (дата обращения 18.10.2024)

УДК: 544.473, 544.478.3

ОСОБЕННОСТИ БЕСТЕМПЛАТНОГО СИНТЕЗА ЦЕОЛИТА ZSM-5

Гагаркин И.А.

студент, gagarkinigor@mail.ru

Скорникова С.А.

к.х.н., доцент, sskornikova@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: В работе представлены результаты исследования влияния параметров бестемплатного синтеза цеолита ZSM-5 на его физико-химические характеристики.

Ключевые слова: цеолиты; ZSM-5; бестемплатный синтез; затравочный синтез.

SPECIALTY OF THE TEMPLATE-FREE SYNTHESIS OF ZSM-5 ZEOLITE

Gagarkin I.A.

Student, gagarkinigor@mail.ru

Skornikova S.A.

Assistant Professor, sskornikova@mail.ru
Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

ABSTRACT: The paper presents the results of the study of the influence of parameters of free-temple synthesis of zeolite ZSM-5 on its physical and chemical characteristics.

Keywords: zeolites; ZSM-5; template-free synthesis; seeds synthesis.

В настоящее время невозможно представить промышленные процессы нефтепереработки и нефтехимии без использования цеолитсодержащих катализаторов. Среди известных и промышленно важных цеолитов наиболее востребованными являются цеолиты структурного типа ZSM-5, отличающиеся высокой термической стабильностью, гидрофобностью, широким диапазоном отношений $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, текстурными и молекулярно-ситовыми свойствами. В промышленности их получают гидротермальной кристаллизацией щелочных алюмосиликатных гелей при температуре 140-200 °С и аутогенном давлении. В составе реакционного геля - соединения кремния, алюминия, вода, щелочной и органический компоненты.

Традиционно цеолит ZSM-5 получают с использованием четвертичных аммониевых солей или оснований, которые являются импортными дорогостоящими реагентами. В настоящее время разработаны способы получения цеолитов типа ZSM-5 с использованием алифатических спиртов, различных аминов, однако их токсичность и необходимость термического удаления из структуры цеолита накладывает экологические и экономические ограничения на возможность промышленного синтеза цеолитов.

В работе [1] предложен альтернативный метод получения цеолитов ZSM-5 - синтез с использованием затравок, который является более экологичным и экономически выгодным, поскольку не связан с использованием органических темплатов. Для промышленного применения перспективным является разработка методов синтеза цеолита ZSM-5, которые не требуют использования темплата и затравки, и возможность такого подхода рассмотрена в работе [2].

В данной работе изучено влияние параметров бестемплатного синтеза цеолита ZSM-5 (природа сырьевых источников кремния и алюминия, состав реакционной смеси, порядок смешивания реагентов, температура синтеза, количество и размер кристаллитов затравки, старение реакционного геля) на физико-химические характеристики получаемых цеолитов. Определены оптимальные соотношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$, $\text{H}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ в реакционной смеси для получения фазово-чистых образцов цеолита ZSM-5 с содержанием кристаллической фазы не менее 95%.

Установлены особенности бестемплатного синтеза цеолитов ZSM-5,

среди которых следует уделить внимание природе сырьевых источников кремния, алюминия и их предварительной обработке, а также влиянию размеров и природе кристаллитов затравки на синтез цеолитов.

Библиографический список:

1. Kenta Iyoki, Keiji Itabashi, Tatsuya Okubo/Progress in seed-assisted synthesis of zeolites without using organic structure-directing agents// Microporous and Mesoporous Materials. 2014. v. 189. p. 22–30

2. Брагина А.А., Бабина К.А., Касьянов А.В., Пархомчук Е.В./ Влияние состава смеси предшественников в бестемплатном синтезе цеолита ZSM-5 на степень кристалличности и морфологию кристаллов//Современные молекулярные сита. 2024. т.6, №2. с.3-9.

УДК 547.831

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ АНТРАПИРИДОНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Полтавцев И.Д. *

магистрант, igor.poltavtsev129@mail.ru

Львов А.Г. *

д.х.н., зав. лабораторией, lvov-andre@yandex.ru

Черненко С.А. **

ассистент кафедры, s.a.chernenko1@gmail.com

Фисюк А.С. **

д.х.н., профессор, fisyuk@chemomsu.ru

Ушаков И.А. ***

к.х.н., ведущий научный сотрудник, bazuk@ Rambler.ru

*Иркутский национальный исследовательский
технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

**Омский государственный технический университет
644050, г. Омск, пр. Мира, 11

***Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

АННОТАЦИЯ: Изучены фотохимические свойства производных антрапиридонов, 1-фенокси-3*H*-нафто[1,2,3-*de*]-хинолин-2,7-диона, 3-гексил-1-фенокси-3*H*-нафто[1,2,3-*de*]-хинолин-2,7-диона и 3-гексил-1-гидрокси-3*H*-нафто[1,2,3-*de*]-хинолин-2,7-диона. Все изученные соединения являются фотоактивными и в зависимости от структуры и условий вступают в обратимые и необратимые фотохимические реакции, включая арилтропию и окисление кислородом воздуха с последующем раскрытием пиридинового кольца.

Ключевые слова: антрапиридон, арилтропия, фотохромизм

PHOTOCHEMICAL REACTIONS OF ANTHRAPHYRIDONE DYES

Poltavtsev I.D.*

Master degree student in Physical chemistry, igor.poltavtsev129@mail.ru

Lvov A.G.*

DSc in Chemistry, Head of Laboratory, lvov-andre@yandex.ru

Chernenko S.A.**

Department Assistant, s.a.chernenko1@gmail.com

Fisyuk A.S.**

DSc in Chemistry., professor, fisyuk@chemomsu.ru

Ushakov I.A.***

Ph.D., leading researcher, bazuk@rambler.ru

*Irkutsk National Research

Technical University

83 Lermontov St., 664074 Irkutsk

**Omsk State Technical University

11 Mira Pr., 644050, Omsk

*** A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry

1 Favorsky St., 644050, Irkutsk

ABSTRACT: The photochemical properties of anthrapyridone derivatives 1-phenoxy-3*H*-naphtho[1,2,3-*de*]-quinoline-2,7-dione, 3-hexyl-1-phenoxy-3*H*-naphtho[1,2,3-*de*]quinoline-2,7-dione, and 3-hexyl-1-hydroxy-3*H*-naphtho[1,2,3-*de*]-quinoline-2,7-dione have been studied. The titled compounds are photoactive and, depending on the structure and conditions, undergo reversible and irreversible photochemical reactions, including arylotropy and oxidation with subsequent cleavage of the pyridone ring.

Key words: anthrapyridone, arylotropy, photochromism

Фотохромизм – явление, при котором молекулы способны обратимо переключаться между своими изомерными состояниями, имеющими разную структуру и свойства, под действием света [1]. К редкому и уникальному классу фотохромных молекул относятся *перу*-ариллоксихиноны (ПАХ) [2].

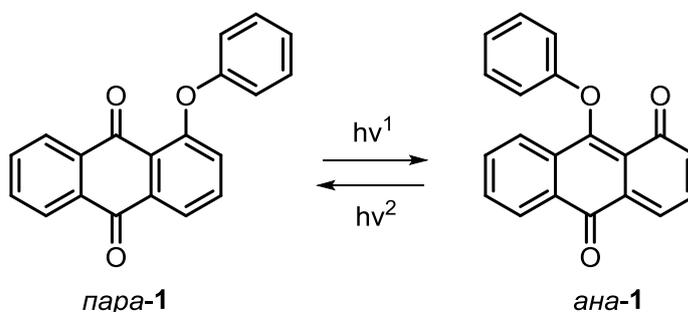
В 1971 советские ученые впервые продемонстрировали новое фотохимическое явление – арилтропию [3]. Простейший представитель ПАХ 1-феноксиантрахинон (*пара*-1) при облучении УФ светом претерпевал миграцию фенильной группы к соседнему карбонильному атому кислорода с образованием 9-фенокси-1,10-антрахинона (*ана*-2) [4]. Облучение полученного *ана*-1 видимым светом приводило к возвращению в исходную форму *пара*-1 (Схема 1А). Как правило, оба изомера ПАХ являются термически стабильными, вследствие чего ПАХ относят к фотопереклещателям р-типа [5].

Известно, *ана*-изомеры ПАХ обладают высокой реакционной способностью по отношению к нуклеофилам, что обуславливает нежелатель-

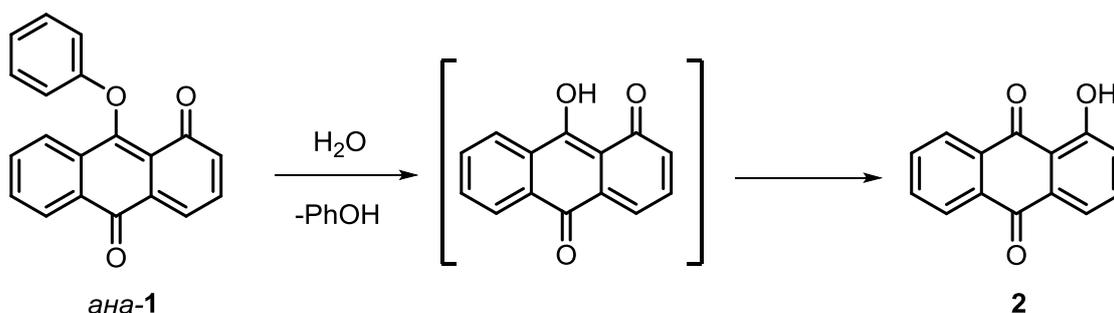
ный побочный процесс в водных средах – гидролиз. В частности, фенокси группа в *ана-1* способна нуклеофильно замещаться водой, присутствующей в растворителе, с образованием 1-гидроксиантрахинона **2** (Схема 1В).

Схема 1

А. Арилотропия ПАХ



В. Гидролиз *ана*-изомера

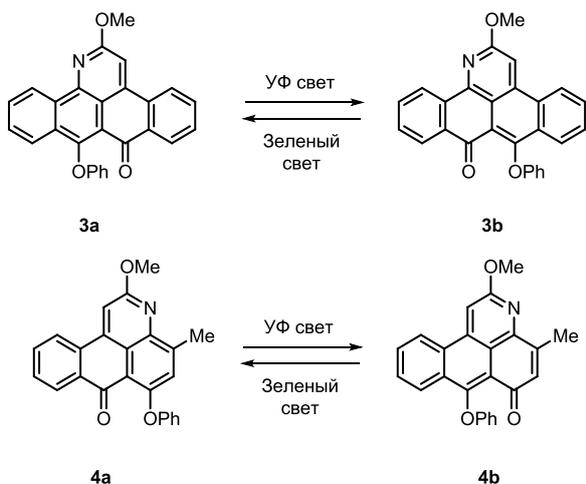


С другой стороны, высокая реакционная способность *ана*-изомеров по отношению к различным нуклеофилам нашла применение в фотоактивируемых сенсорах [6] и создании гибридных молекул [7]. Производные ПАХ активно находят свое применение в химии материалов. К примеру, модуляция окислительно-восстановительных свойств *пара*- и *ана*-изомеров ПАХ позволила создать материалы для хранения информации [8], комплексы металлов для контроля внутримолекулярного переноса электрона [9], уникальные чувствительные электроды на основе золота [10].

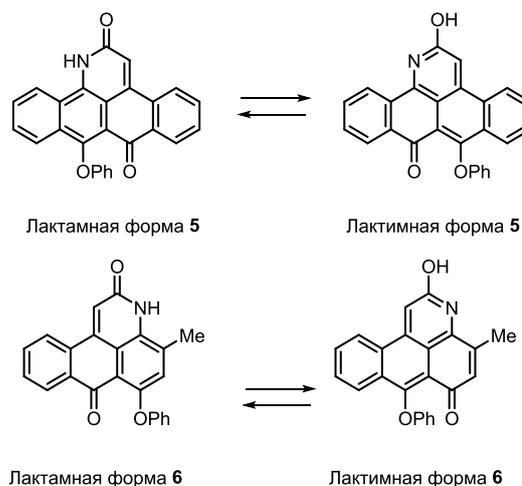
В одной из работ сообщалось о фотохромизме нафтоцено- и антрапиридонов, ближайших аналогов ПАХ [11]. Облучение УФ светом *N*-метил нафтоцено- и антрапиридонов **3a** и **4a**, соответственно, приводило к арилотропии с образованием новых изомеров **3b** и **4b**. (Схема 2А). Обратный процесс осуществлялся при облучении зеленым светом, однако при длительном облучении УФ светом фотоизомеры разрушались. Для *N*-незамещенных пиридонов явление арилотропии не наблюдалось, что, по-видимому, связано с лактам-лактимной таутомерией (Схема 2В).

Схема 2

А. Фотопереключение пиридонов

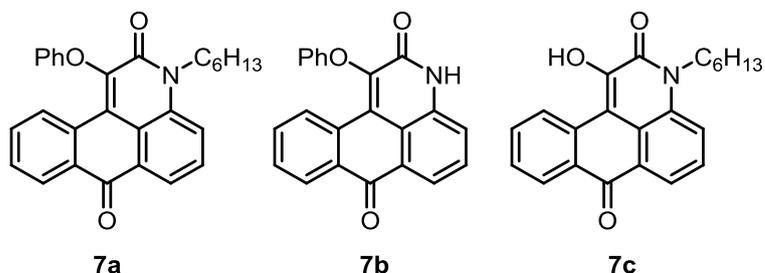


В. Лактам-лактимная таутомерия пиридонов



Ранее одними из нас были получены новые производные антрапиридонов **7a-7c** (Схема 3) [12]. Соединения **7a-7b** можно считать аналогами фотохрома **4a** с иным расположением фенокси-фрагмента, что позволяет ожидать от него фотоактивности. Гексильная группа в антрапиридон **7a** была введена для повышения растворимости соединения и стабилизации предполагаемого образующегося продукта. Соединение **7c** было использовано в качестве модельного.

Схема 3



Были изучены фотохимические свойства полученных антрапиридонов. Исходный спектр соединения **7a** в ацетонитриле характеризуется максимумом поглощения в УФ области при 368 нм (Рисунок 1А). Облучение УФ светом (365 нм) исходного жёлто-зеленого раствора **10a** приводило к окрашиванию раствора в розовый цвет, вследствие появления новой полосы поглощения в видимой области с максимумом 543 нм. Облучение зеленым светом приводило к почти полному восстановлению исходного спектра. Обратимое фотопереключение **7a** может быть повторено многократно, но с небольшой деструкцией вещества, о чем свидетельствует график цикличности на Рисунке 1. При этом в толуоле фотохромизм **7a** проявлялся

значительно хуже (Рисунок 1В), о чем говорит меньшее поглощения пика в видимой области и худшая цикличность.

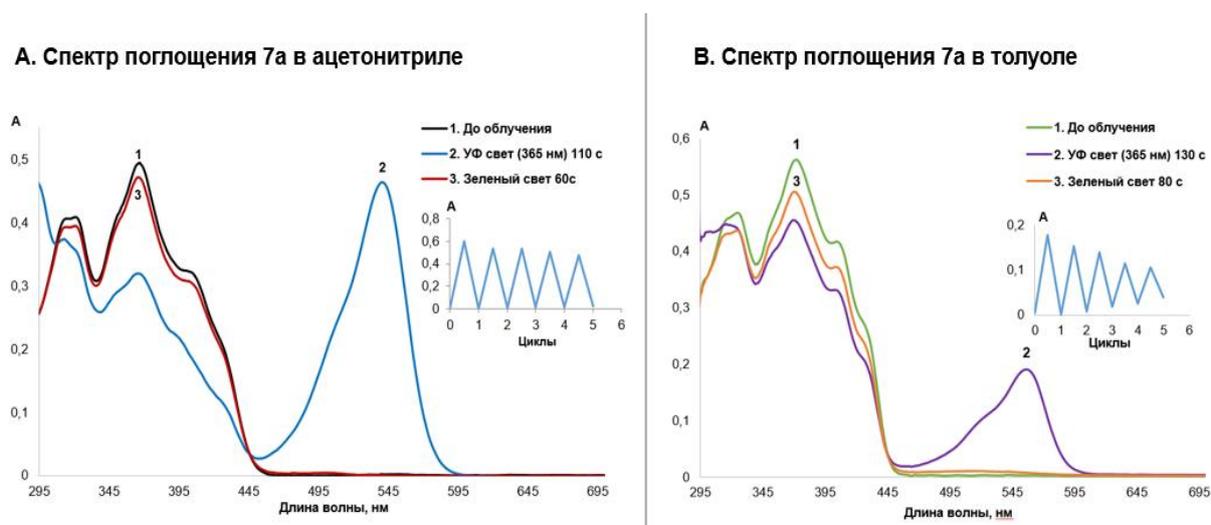
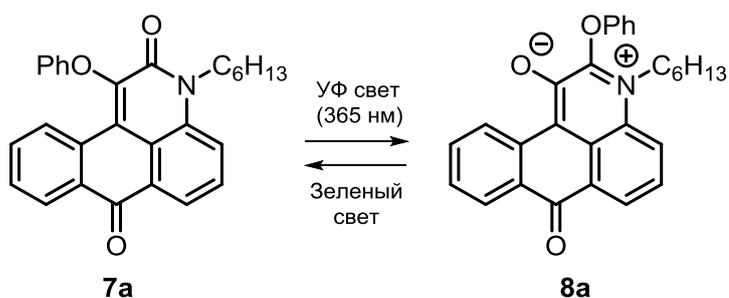


Рисунок 1. Спектры поглощения и цикличность для антрапиридона **7a**

Мы предполагаем, что за фотохромное превращение **7a** при облучении УФ светом отвечает миграция фенильной группы с образованием мезоионного продукта **8a** (Схема 4). Известно, что подобные соединения наиболее стабильны в полярных растворителях, следовательно, структура продукта **8a** косвенно подтверждается фактом лучшего проявления фотохромизма в ацетонитриле по сравнению с толуолом.

Схема 4



Фотопереключение **7a** отслеживалось также с помощью спектроскопии ЯМР. Облучение раствора **7a** УФ светом (365 нм) в течение 9.5 часов приводило к появлению новых сигналов в спектре ЯМР, отвечающих предполагаемому продукту **8a** (Рисунок 2). Действие зеленым светом привело к исчезновению этих сигналов. Однако, как видно на спектрах, наряду с основным продуктом **8a** образовывались побочные продукты. Дальнейшее облучение УФ светом приводило лишь к увеличению содержания побочных продуктов, а сам мезоионный продукт образовывался уже в мень-

ших количествах. Стояние в темноте в течение 3 суток привело к полному исчезновению сигналов **8a**.

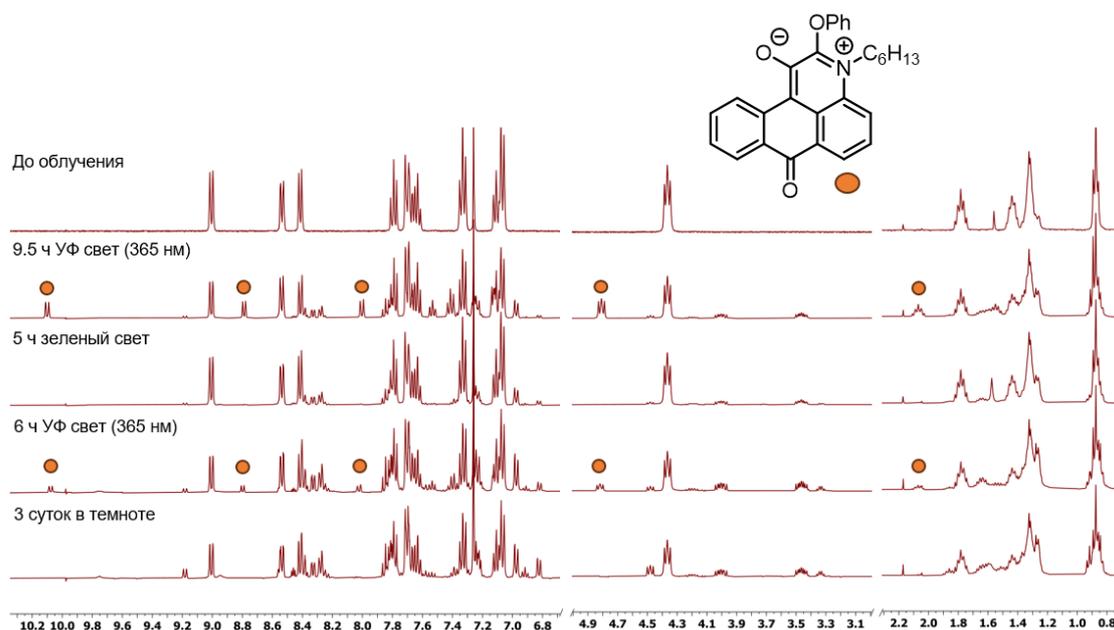
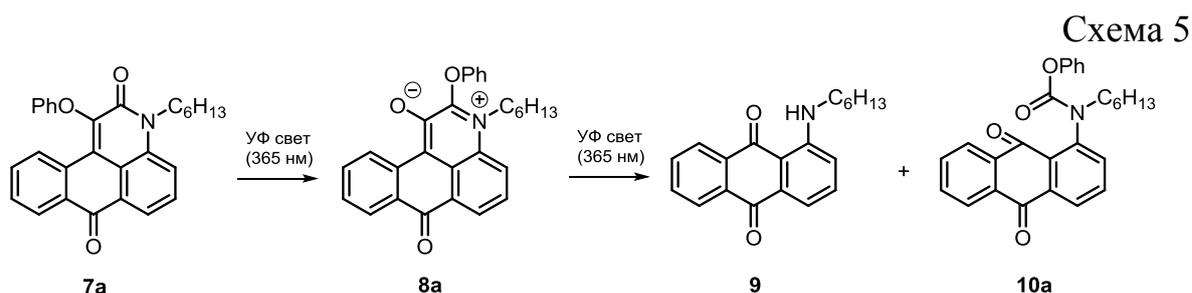


Рисунок 2. ЯМР-мониторинг антрапиридона **7a**

Согласно ЯМР эксперименту, фотопереключение сопровождается образованием нескольких побочных продуктов. Препаративный фотолиз **7a** в хлороформе позволил выделить и установить структуру для некоторых из них с помощью спектроскопии ЯМР и масс-спектрометрии. Продуктам фотолиза были присвоены структуры **9** и **10a**. Предположительно, продукты **9** и **10a** образуются в ходе деструкции продукта арилотории **8a** (Схема 5).



Примечательно, что в структуре побочного продукта **10** фенокси группа находится уже на атоме углерода при азоте, что косвенно доказывает миграцию фенильной группы.

К нашему удивлению, антрапиридон **7b**, не замещенный по атому азота гексильной группой, не проявлял арилоторию в ходе облучения УФ светом (365 нм), о чем свидетельствуют его спектр поглощения (Рисунок 3). Возможно, отсутствие фотохромизма **7b** связано с ранее упомянутой

лактам-лактимной таутомерией либо со слишком низкой стабилизацией образующегося продукта. Низкая стабильность продукта **8b** может быть связана с отсутствием донорной гексильной группы при атоме азота, в то время как соединение **8a** стабилизировано благодаря гексильному заместителю.

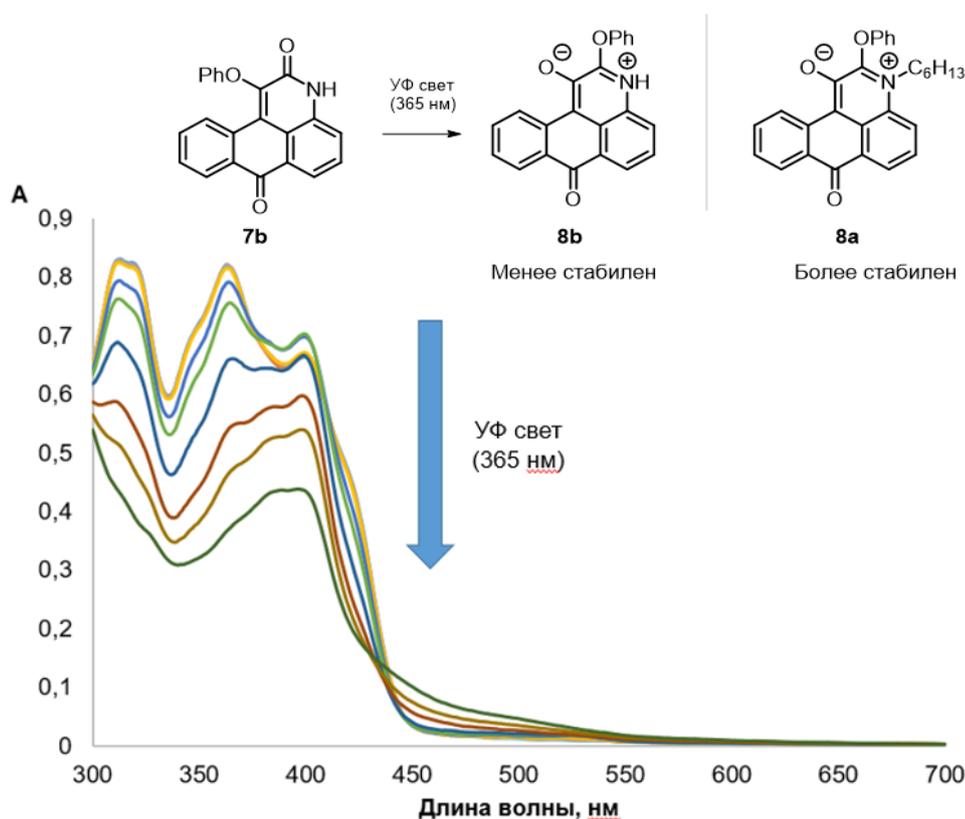
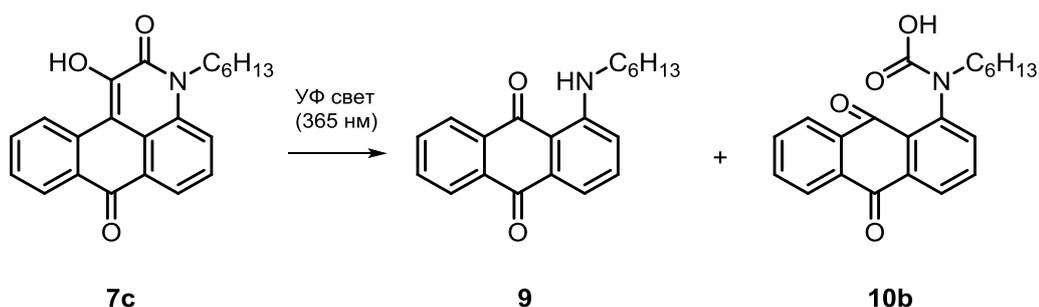


Рисунок 3. Спектр поглощения для антрапиридона **10b**

Следующим объектом для изучения фотохимических свойств стал антрапиридон **7c**, имеющий вместо фенокси фрагмента гидроксильную группу. Его облучение УФ светом (365 нм) привело к образованию такого же амина **9**, как и в случае с **7a**, и нового амида **10b** (Схема 6), согласно ЯМР-спектроскопии.

Схема 6



Таким образом, антрапиридоны с фенокси-группой при облучении УФ светом (365 нм) проявляют ариллотропию, подобно классическим ПАХ. Однако в случае антрапиридонов образованные изомеры в ходе ариллотропии, в основном, нестабильны и легко вступают в реакцию окисления кислородом воздуха с образованием побочных продуктов.

Библиографический список:

1. Bouas-Laurent H., Dürr H. // *Pure Appl. Chem.* – 2001. – V. 73. – № 4. – P. 639–665. DOI: 10.1351/pac200173040639.
2. Lvov A.G., Klimenko L.S., Bykov V.N., Hecht S. // *Chem. – A Eur. J.* – 2024. – V. 30. – № 11. DOI: 10.1002/chem.202303654.
3. Yu. E. Gerasimenko N.T.P. // *Zh. Vses. Khim. Ova.* – 1971. – V. 16. – № 105 (in Russian).
4. V. N. Kostylev, B. E. Zaitsev, V. A. Barachevskii, N. T. Poteleshchenko Y.E.G. // *Opt. Spektrosk.* – 1971. – V. 30. – P. 86–89 (in Russian).
5. V. Z. Shirinian, D. V. Lonshakov, A. G. Lvov M.M.K. No Title // *Russ. Chem. Rev.* – 2013. – V. 82. – № 6. – P. 511–537. DOI: 10.1070/RC2013v082n06ABEH004339.
6. Fredrich S., Bonasera A., Valderrey V., Hecht S. // *J. Am. Chem. Soc.* – 2018. – V. 140. – № 20. – P. 6432–6440. DOI: 10.1021/jacs.8b02982.
7. Klimenko L.S., Kusov S.Z., Vlasov V.M. // *Mendeleev Commun.* – 2002. – V. 12. – № 3. – P. 102–103. DOI: 10.1070/MC2002v012n03ABEH001592.
8. Myles A.J., Branda N.R. // *J. Am. Chem. Soc.* – 2001. – V. 123. – № 1. – P. 177–178. DOI: 10.1021/ja002733p.
9. Jia L., Zhang G., Zhang D., Xiang J., Xu W., Zhu D. // *Chem. Commun.* – 2011. – V. 47. – № 1. – P. 322–324. DOI: 10.1039/C0CC02110E.
10. Willner I., Doron A., Katz E. // *J. Phys. Org. Chem.* – 1998. – V. 11. – № 8–9. – P. 546–560. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1395(199808/09)11:8/9<546::AID-POC49>3.0.CO;2-Q.
11. Yu. E. Gerasimenko, N. T. Sokolyuk L.P.P. No Title // *Zh. Org. Khim.* – 1983. – V. 19. – P. 1312–1316 (in Russia).
12. Chernenko S.A., Shatsauskas A.L., Kostyuchenko A.S., Fisyuk A.S. // *Dokl. Chem.* – 2022. – V. 506. – № 1. – P. 202–210. DOI: 10.1134/S0012500822700112.

УДК 547.891.2

**ТЕТРА(ГЕТ)АРИЛЗАМЕЩЕННЫЕ 3H-АЗЕПИНЫ:
КАТАЛИЗИРУЕМАЯ КОBU^t/DMSO СБОРКА ИЗ
N-БЕНЗИЛАЛЬДИМИНОВ И ДИ(ГЕТ)АРИЛДИАЦЕТИЛЕНОВ**

Козлова Д.О.^{*,**}

магистрант, e-mail: d.kzlv.a@yandex.ru

Бидусенко И.А.^{**}

к.х.н., с.н.с., e-mail: bidusenko@irioch.irk.ru

Яковлева А.А.^{*}

д.т.н., профессор, e-mail: ayakov@istu.edu

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

**Иркутский институт химии имени А. Е. Фаворского СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

АННОТАЦИЯ: Формальное [4+3]-циклоприсоединение диацетиленов к *N*-бензилальдимином под действием КОBU^t/DMSO открывает доступ к синтезу тетразамещённых производных 3*H*-азепинов. Процесс включает присоединение азааллильных анионов к одной из тройных связей диацетиленов с последующей циклизацией анионных интермедиатов с участием второй тройной связи.

Ключевые слова: азааллильный анион, азепины, супероснование

**TETRA(НЕТ)ARYLSUBSTITUTED 3H-AZEPINES:
КОBU^t/DMSO-CATALYZED ASSEMBLY FROM
N-BENZYLALDIMINES AND DI(НЕТ)ARYLDIACETYLENES**

Kozlova D.O.^{*,**}

Undergraduate student, d.kzlv.a@yandex.ru

Bidusenko I.A.^{**}

Assistant professor, bidusenko@irioch.irk.ru

Yakovleva A.A.^{*}

Professor, ayakov@istu.edu

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

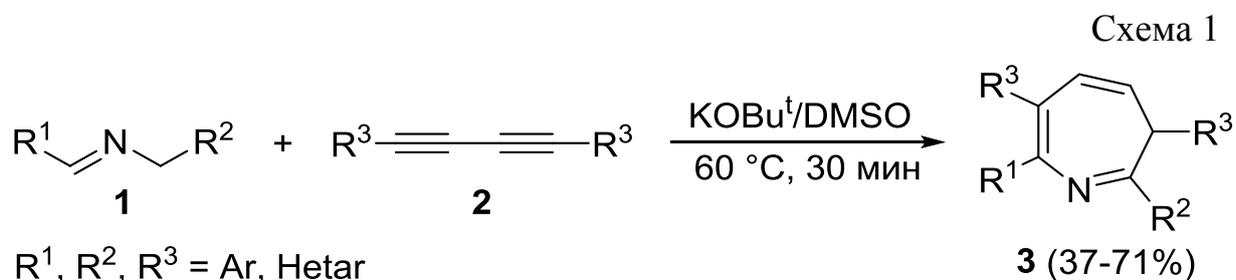
**A. E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry
Siberian Branch Russian Academy of Sciences
664033, Irkutsk, st. Favorsky, 1

ABSTRACT: Formal [4+3]-cycloaddition of diacetylenes to *N*-benzylaldimines under the action of КОBU^t/DMSO opens access to the synthesis of tetrasubstituted derivatives of 3*H*-azepines. The process involves the addition of azaallyl anions to one of the triple bonds of diacetylenes followed by cyclisation of the anionic intermediates involving the second triple bond.

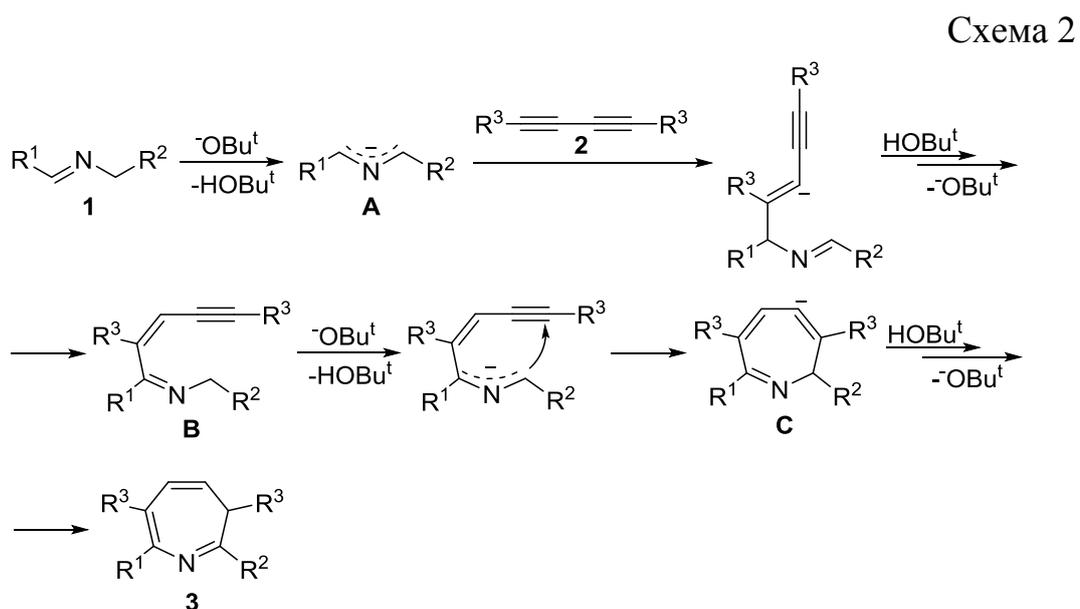
Keywords: azaallyl anion, azepines, superbases

Азепины – важный класс семичленных азотсодержащих гетероциклов, встречающихся в структурах, как природных соединений, так и фармацевтических препаратов [1-8]. Они находят применение в области промышленности, фармакологии, а также могут быть использованы в органическом синтезе в виде интермедиатов, лигандов, органических катализаторов [9-11]. Однако получать азепины значительно сложнее, чем их пяти- или шестичленные аналоги, что вызывает непрекращающийся поиск удобного подхода этому классу соединений.

Было показано, что *N*-бензиальдимины **1** (аддукты бензиламинов и бензальдегидов) реагирует с диацетиленами **2** в суперосновной системе (KOBu^t/DMSO) при 60 °C в течение 30 мин, образуя 3*H*-азепины **3** с препаративными выходами до 71% (Схема 1) [12]. Этот подход оказался применим к широкому диапазону как иминов, так и диацетиленов, несущих различные арильные и гетарильные заместители.



Данное формальное [4+3]-циклоприсоединение вероятней всего начинается с образования азааллильных анионов **A** (Схема 2) из *N*-бензиальдиминов **1** под действием системы KOBu^t/DMSO.



Анионы **A** далее атакуют одну из тройных связей диарилдиацетиленов **2**, давая после нейтрализации винилацетилен **B**. Этот интермедиат после депротонирования претерпевает внутримолекулярную атаку азааллильного анионного центра на второй ацетиленовый фрагмент, приводящую к замыканию азепинового цикла. Протонирование аниона семичленного азотсодержащего гетероцикла **C** и серия прототропных сдвигов завершает сборку *3H*-азепина **3**.

Таким образом, нами разработан одnoreакторный подход к новому большому семейству полиарилированных *3H*-азепинов из *N*-бензилальдиминов и диацетиленов в каталитической системе (KOBu^t/DMSO). Доступность как суперосновной системы, так и реагентов, простота проведения реакции, а также высокий потенциал применения получаемых *3H*-азепинов может привлечь внимание широких кругов специалистов в области органического синтеза, фармацевтики и инновационных материалов.

Библиографический список:

1. O. Sterner, B. Steffan, W. Steglich *Tetrahedron* 1987, 43 (6), 1075-1082.
2. W. Steglich, H. Bauer, M. Große-Bley, R. Jeschke, J. Josten, J. Klein *J. Heterocyclic Chem.* 1990, 27 (1), 107-110.
3. W.-H. Lin, Y. Ye, R.-S. Xu *J. Nat. Prod.* 1992, 55 (5), 571-576.
4. K.-H. Lim, T.-S. Kam *Org. Lett.* 2006, 8 (8), 1733-1735.
5. T. Feng, Y. Li, Y.-P. Liu, X.-H. Cai, Y.-Y. Wang, X.-D. Luo *Org. Lett.* 2010, 12 (5), 968-971.
6. C. Ballatore, K. R. Brunden, D. M. Huryn, J. Q. Trojanowski, W. M.-Y. Lee, A. B. Smith III, *J. Med. Chem.* 2012, 55 (21), 8979-8996.
7. S. Pradhan, K. Abhishek, F. Mah *Expert Opin. Drug Metab. Toxicol.* 2009, 5 (9), 1135-1140.
8. C. Schultz, A. Link, M. Leost, D. W. Zaharevitz, R. Gussio, E. A. Sausville, L. Meijer, C. Kunick *J. Med. Chem.* 1999, 42 (15), 2909-2919.
9. S. J. Yoon, Y. K. Kang, D. Y. Kim *Synlett.* 2011, 420-424.
10. V. Bisai, V. K. Singh *Synlett.* 2011, 481-484.
11. R. Novikov, G. Bernardinelli, J. Lacour *Adv. Synth. Catal.* 2008, 350, 1113-1124.
12. I. A. Bidusenko, E. Yu. Schmidt, D. O. Kozlova, N. I. Protsuk, I. A. Ushakov, I. Yu. Bagryanskaya, V. B. Orel, A. A. Zubarev, B. A. Trofimov *Org. Lett.* 2024, 26, 23, 4963-4968.

УДК 544.77.546.98.547.32

**СИНТЕЗ (R)-N-АЦЕТИЛФЕНИЛАЛАНИНА МЕТОДОМ
ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ НА
ХИРАЛЬНО-МОДИФИЦИРОВАННОМ
КОЛЛОИДНОМ ПАЛЛАДИИ**

Бадырова Н.М.

к.х.н., доцент, n.m.badyrova@ex.istu.edu

Раднаева Д.Д.

студент, dulmar@list.ru

Жуликов М.М.

студент, zhulikov.maxim@mail.ru

Гурбатов С. Е.

студент, sergey_evgu@mail.ru

Страхов В.О.

учебный мастер, v.strakhov@mail.ru

Ниндакова Л.О.

д.х.н., профессор, nindakova@ex.istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: В настоящей статье описывается каталитическое получение альфа-аминокислот путем гидрирования дегидроаминокислот, катализируемое коллоидным палладием при комнатной температуре и давлении H_2 5атм. Показано, что коллоидная система $Pd(Asc)_2 - mod - H_2$, где *mod* – хиральные стабилизаторы молекулярного (8S,9R)-цинхонидин, (-)-Cin, и ионного (-)-Cin*HCl и (-)-Cin*2HCl типа, активна в асимметрическом гидрировании N-ацетил- α -амидокоричной кислоты (α -ААКК). Избыток R-(-)-энантиомера N-ацетилфенилаланина достигает 78% на системе $Pd(Asc)_2 - (-)-Cin - H_2$ при отношении (-)-Cin/Pd = 1.5. С применением РФА и ПЭМ ВР установлено формирование наночастиц палладия со средними размерами 5.3 ± 0.8 нм и 4.2 ± 0.5 нм.

Ключевые слова: палладий, (-)-цинхонидин, хиральность, N-ацетил- α -амидокоричной кислоты, N-фенилаланин

**SYNTHESIS OF (R)-N-ACETYLPHENYLALANINE BY
ENANTIOSELECTIVE HYDROGENATION OVER CHIRALLY
MODIFIED COLLOIDAL PALLADIUM**

Badyrova N.M.

PhD, assistant professor, n.m.badyrova@ex.istu.edu

Radnaeva D.D.

Student, dulmar@list.ru

Zhulikov M.M.

Student, zhulikov.maxim@mail.ru

Gurbatov S.E.

Student, sergey_evgu@mail.ru

Strakhov V.O.

Training Master, v.strakhov@mail.ru

Nindakova L.O.

D.Sc. (Chemistry), professor, nindakova@ex.istu.edu

Irkutsk National Research Technical University

64074, Irkutsk, Lermontov str, 83

ABSTRACT: This article describes the catalytic preparation of alpha-amino acids via hydrogenation of dehydroamino acids catalyzed by colloidal palladium at room temperature and H₂ pressure of 5 atm. It is shown that the colloidal system Pd(Acac)₂ – mod – H₂, where mod are chiral stabilizers of the molecular (8*S*,9*R*)-cinchonidine, (-)-Cin, and ionic (-)-Cin*HCl and (-)-Cin*2HCl type, is active in the asymmetric hydrogenation of N-acetyl- α -amidocinnamic acid (α -AACC). The excess of the R(-)-enantiomer of N-acetylphenylalanine reaches 78% on the Pd(Acac)₂ – (-)-Cin – H₂ system at a ratio of (-)-Cin/Pd = 1.5. Using XRD and HRTEM, the formation of palladium nanoparticles with average sizes of 5.3 ± 0.8 nm and 4.2 ± 0.5 nm was established.

Keywords: palladium, (-)-cinchonidine, chirality, N-acetyl- α -amidocinnamic acid, N-phenylalanine

Работы по энантиоселективному восстановлению дегидрокислот молекулярным водородом на коллоидных системах в присутствии хиральных стабилизаторов встречаются крайне редко [1], несмотря на то, что в таких системах удобно наблюдать влияние стабилизаторов (модификаторов) на каталитическую эффективность систем в отсутствие влияния носителя.

Широко известны исследования по разработке каталитических методов синтеза биологически активных соединений в энантиомерно чистой форме, востребованных в фармакологии, пищевой промышленности. Распространенные противовоспалительные лекарственные препараты, такие как напроксен, (*S*)-6-метокси- α -метил-2-нафталинуксусная кислота (в виде натриевой соли), и ибупрофен, (*R,S*)-2-(4-изобутилфенил)-пропионовая кислота), получают в реакции энантиоселективного гидрирования соответствующих дегидрокислот. Такие продукты образуются в энантио- и диастереоселективных реакциях гидрирования либо на хирально модифицированных катализаторах.

Следует отметить, что применение палладиевых катализаторов объяснялось ранее более низкой ценой Pd в сравнении с другими благородными металлами (Rh, Pt), хотя в настоящее время соотношение цен на метал-

лы резко изменилось. Наночастицы Pd и Ru, полученные из металлоорганических предшественников в присутствии Р-стереогенных фосфинов, оценены в реакциях гидрирования экзоциклических C = C-связей [2]. Наночастицы Pt, Pd, Ru и Rh, внесённые в сополимер β-циклодекстрина и эпихлоргидрина, дают в такой реакции избыток энантиомера не более 10% [3]. Заметный результат был достигнут с 1% Pd/SiO₂ катализатором, модифицированным (8S,9R)-(-)-цинхонидином, на котором получено 27% и.э. в превращении 2-метил-2-пентеновой кислоты в (S)-2-метилпентановую кислоту [4].

В течение последних 30 лет в качестве хирального индуктора, благодаря своим структурным особенностям, широко используется (8S,9R)-(-)-цинхонидин, (S)-(-)-хинолин-4-ил-[(1S,2R,4S,5R)-5-винил-азабицикло[2.2.2]окт-2-ил]-метанол, (-)-Cin, один из натуральных алкалоидов, извлекаемый из коры хинного дерева. (-)-Cin является довольно крупной, пространственно затрудненной молекулой, эффективной в каталитической реакции Орито на платиновых катализаторах. Выбор его в качестве хирального стабилизатора позволял нам рассчитывать на достаточно высокий и.э.

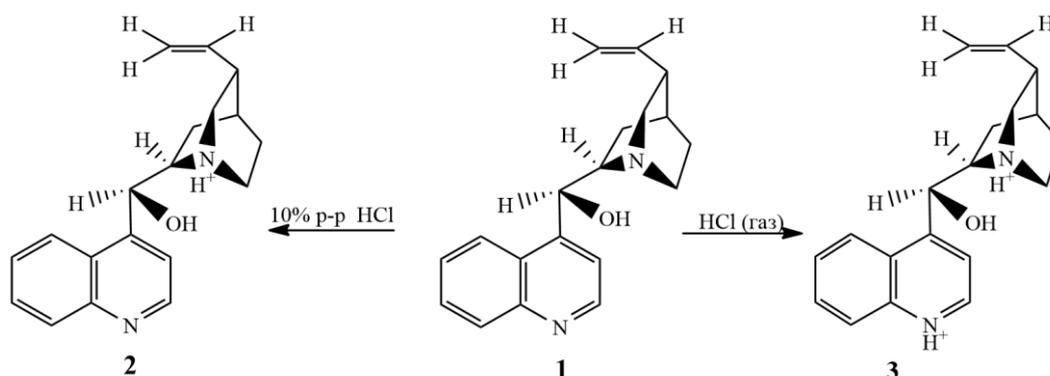
Широко известны работы Baiker'a с сотр. по гидрированию ряда α,β-ненасыщенных кислот на Pd и Pt, модифицированным (-)-(Cin). И.э. в значительной степени зависел от давления водорода, полярности растворителя и количества катализатора, также большой вклад вносила реакция изомеризации дегидрокислоты, приводящая к понижению и.э. продукта.

N-ацетил-α-амидокоричная кислота (α-ААКК) – модельный субстрат, исторически сыгравший ключевую роль в развитии метода асимметрического каталитического гидрирования и понимании природы структурных взаимоотношений в процессе передачи хиральности на субстрат. Продукт её гидрирования, N-АФА, производное фенилаланина, является предшественником тирозина, моноаминового нейромедиатора дофамина, норэпинефрина (норадреналина) и адреналина.

Целью настоящего исследования является изучение возможности получения ионных соединений на основе природного алкалоида хинного ряда 8S,9R-(-)-цинхонидина, 1, и их применения в качестве стабилизаторов и хиральных модификаторов поверхности наночастиц палладия.

Для получения ионного стабилизатора 2 проведено протонирование раствором HCl азотного атома хинуклидинового бициклического фрагмента. При обработке раствора (8S,9R)-(-)-цинхонидина, (-)-Cin, 1, газообразным HCl, образуется стабилизатор 3, протонированный по двум атомам азота: в хинуклидиновом бициклическом фрагменте и в хинолиновом кольце (см. схему 1).

Схема 1



Типичные результаты процессов гидрирования приведены в табл. 1. Во всех случаях, кроме эксперимента в отсутствие (-)-Cin (Табл. 1, строка 7), в реакционной смеси помимо N-ацетил-фенилаланина образуется его метиловый эфир, причём этерификация N-АФА начинается сразу после или ещё до полного превращения α -ААКК.

Схема 2

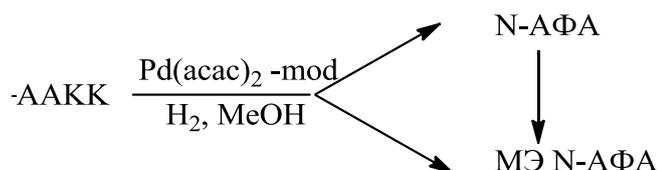


Таблица 1

Влияние природы модификатора на гидрирование α -ААКК на каталитических системах $\text{Pd}(\text{acac})_2 - n \text{ mod} - \text{H}_2$

№ п/п	Mod, (d, нм)	$t_{\text{инд}}, \text{ч}$	Выход, %		и.э. (R)-(-), %
			N-АФА	МЭ N-АФА	
1	2	3	4	5	6
1	1 (5.3)	6.0	48.7	8.4	34.8
2 ^a	1	2.5	73.7	26.3	5.4
3 ^b	1	0	90.9	9.1	1.0
4	2 (4.2)	2.5	83.5	11.0	22.9
5 ^b	2	0	60.3	22.7	6.8
6	3 (4.7)	2.5	66.5	33.5	9.6
7	(10.5)	6.0	99.2	0.8	0

Применение в качестве стабилизаторов протонированных производных **1** приводит: а) к увеличению выхода продуктов этерификации (Табл. 1, строки 1, 4, 5, 6), что может быть связано с изменением типа стабилизации (стерического на электростатический) и б) к увеличению скорости

гидрирования ААКК (Таблица 1, строки 1, 4, 6) из-за потери координации стабилизатора с поверхностью наночастиц металла через азотные атомы.

Наиболее высокий избыток (R)-(-)-N-АФА получен в присутствии (-)-цинхонидина

Библиографический список:

1. Jansat S., Picurelli D., Pelzer K., Philippot K., Gómez M., Muller G., Lecante P., Chaudret B. Synthesis, characterization and catalytic reactivity of ruthenium nanoparticles stabilized by chiral N-donor ligands // *New J. Chem.* 2006. V. 30. № 1. P. 115–122.

2. Grabulosa A., Lavedan P., Pradel Ch., Muller G., Gómez M., Raluy E. P-stereogenic phosphines for the stabilisation of metal nanoparticles. A surface state study // *Catalysts.* 2016. V. 6. P. 213.

3. Smith G.V., Cheng J., Song R. Enantioselective hydrogenation of prochiral C=C bonds over noble metal catalysts supported by β -cyclodextrin polymer. *Catalysis of organic reactions.* New York-Basel-Hong Kong: Marcel Dekker. 1996. P. 479–484.

4. Hall T.J., Johnston P., Vermeer W.A.H., Watson S.R., Wells P.B. Enantioselective hydrogenation catalysed by palladium // *Stud. Surf. Sci. Catal.* 1996. V. 101. P. 221–230.

УДК 547.831

**СИНТЕЗ И ФОТОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
2-(2,5-ДИМЕТИЛТИОФЕН-3-ИЛ)-3-(5-МЕТИЛ-2-ФЕНИЛОКСАЗОЛ-
4-ИЛ)МАЛЕАТА КАЛИЯ**

Курмыгина С.В.

студент, snezhanakurmygina@yandex.ru

Болотова Ю.А.

аспирант, bolotovachem@yandex.ru

Львов А.Г.

д.х.н., зав. лабораторией, lvov-andre@yandex.ru

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

АННОТАЦИЯ: Предложен альтернативный метод синтеза 2,3-диарилмалетов калия, первого универсального класса водорастворимых фотоактивных диарилэтенон. Синтезирован 2-(2,5-диметилтиофен-3-ил)-3-(5-метил-2-фенилоксазол-4-ил)малеат калия, проявляющий фотохромные свойства в воде.

Ключевые слова: диарилэтенон, фотохромизм, водорастворимость, диарилмалеаты

SYNTHESIS AND PHOTOCHEMICAL PROPERTIES OF 2-(2,5-DIMETHYLTHIOPHENE-3-YL)-3-(5-METHYL-2- PHENYLOXAZOLE-4-YL)POTASSIUM MALEATE

Kurmygina S.V.

Student, snezhanakurmygina@yandex.ru

Bolotova I.A.

PhD student, bolotovachem@yandex.ru

A.G. Lvov

DSc in Chemistry, Head of Laboratory, lvov-andre@yandex.ru

Irkutsk National Research Technical University

83 Lermontov St., 664074 Irkutsk

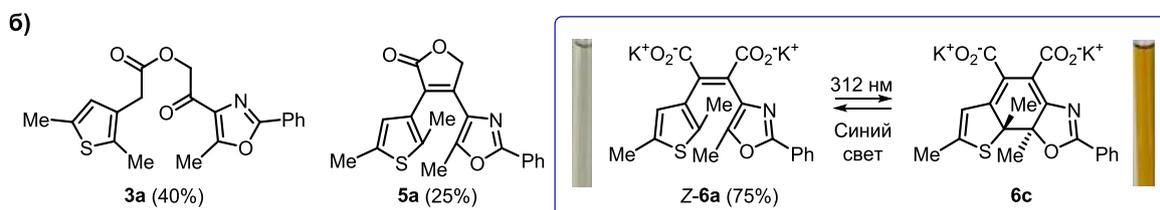
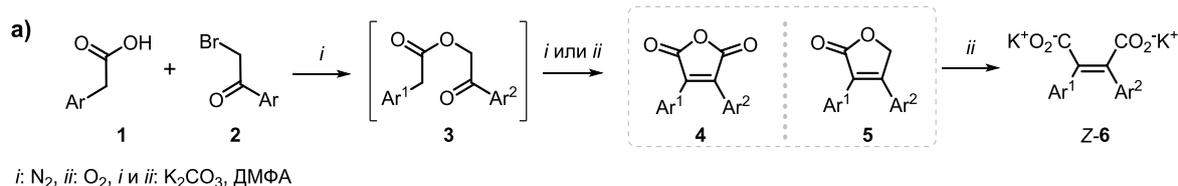
ABSTRACT: An alternative method for the synthesis of 2,3-diarylmalets of potassium, the first versatile class of water-soluble photoactive diarylethenes, is proposed. Potassium 2-(2,5-dimethylthiophene-3-yl)-3-(5-methyl-2-phenyloxazole-4-yl) maleate was synthesized, which exhibits photochromic properties in water.

Key words: diarylethenes, photochromism, water solubility, diarylmaleates.

Диарилэтенy (ДАЭ) — уникальный класс светочувствительных соединений, способных вступать в различные фотохимические реакции, связанные с циклизацией гексаatriеновой системы. За последние десятилетия данный класс активно использовался при разработке оптико-электронных устройств и новых фотонных технологий [1]. В большинстве случаев молекулы ДАЭ обладают липофильными свойствами. Однако водорастворимость имеет решающее значение для применения фотопереключаемых органических молекул в биологических системах, например, в быстро развивающейся области фотофармакологии [2]. Одним из подходов придания молекуле гидрофильности является внедрение в структуру молекулы положительно или отрицательно заряженных групп.

Ранее нами был предложен технологически простой путь синтеза универсального водорастворимого класса диарилэтенy — диарилмалеатов калия (ДАМ), которые в зависимости от структуры могут вступать в обратимые и необратимые фотохимические реакции в воде [3]. ДАМ получали на основе производных 3,4-диарилфурандиона **4**, которые в свою очередь получали конденсацией соответствующих арилуксусных кислот **1** и α -бромкетонy **2**, минуя стадию получения промежуточного кетоэфирa **3** (Схема 1a).

Схема 1



В данной работе нами был предложен альтернативный путь синтеза ДАМ на примере соли **Z-6** исходя из 3,4-диарилфуранона **5a**. Для этого нами были синтезированы субстраты **3a** и **5a** с тиенильным и оксазолильным заместителями (Схема 1б). Последующее взаимодействие **3a** или **5a** с карбонатом калия в диметилформамиде приводит к образованию 2-(2,5-диметилтиофен-3-ил)-3-(5-метил-2-фенилоксазол-4-ил)малеата калия **Z-6a** с выходом 75%. Полученная соль проявляет положительный фотохромизм. При воздействии ультрафиолетового света на исходную форму **Z-6a** наблюдается образование окрашенного циклического изомера **6c**, который в свою очередь возвращается исходный изомер под действием синего света. Помимо этого, наблюдается протекание побочного процесса, исследование которого продолжается в настоящее время.

Библиографический список:

1. H. Cheng *et al.*, “Future- Oriented Advanced Diarylethene Photoswitches: From Molecular Design to Spontaneous Assembly Systems,” *Adv. Mater.*, vol. 34, no. 16, Apr. 2022, doi: 10.1002/adma.202108289.
2. J. Volarić, W. Szymanski, N. A. Simeth, and B. L. Feringa, “Molecular photoswitches in aqueous environments,” *Chem. Soc. Rev.*, vol. 50, no. 22, pp. 12377–12449, 2021, doi: 10.1039/D0CS00547A.
3. I. A. Bolotova *et al.*, “2,3-Diarylmaleate salts as a versatile class of diarylethenes with a full spectrum of photoactivity in water,” *Chem. Sci.*, vol. 14, no. 35, pp. 9553–9559, 2023, doi: 10.1039/D3SC02165C.

УПК 614.7

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ ОКСИДОВ АЗОТА
ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ,
ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСАХ**

Мамурова А.Н.

ведущий химик, anna.mamurova@mail.ru

Акционерное общество «Ангарская нефтехимическая компания»
665830, г. Ангарск, населенный пункт Первый
промышленный массив, квартал 63, дом 2

АННОТАЦИЯ: В статье рассматривается процедура разработки новой методики по определению оксидов азота фотометрическим методом в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах. Методика прошла метрологическую аттестацию в установленном порядке и может применяться в целях мониторинга в лабораториях, осуществляющих производственный и экологический контроль на предприятиях Топливо-энергетического комплекса России.

Ключевые слова: оксиды азота, методики измерений, экологический мониторинг.

**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR MEASURING
NITROGEN OXIDES BY PHOTOMETRIC METHOD IN ATMOSPHERIC
AIR, WORKING ZONE AIR, AND INDUSTRIAL EMISSIONS**

Mamurova A.N.

Leading Chemist, anna.mamurova@mail.ru

Joint-stock company «Angarsk Petrochemical Company»
665830, Angarsk, settlement First Industrial massif,
quarter 63, house 2

ABSTRACT: The article discusses the procedure of developing a new methodology for determining nitrogen oxides by photometric method in atmospheric air, working zone air, and industrial emissions. The methodology has undergone metrological certification in accordance with established procedures and can be used for monitoring in laboratories conducting production and environmental control at enterprises in the Fuel and Energy Complex of Russia.

Keywords: nitrogen oxides, measurement methodologies, environmental monitoring.

В числе распространенных выбросов антропогенного происхождения оксиды азота занимают одно из первых мест. Источники образования

оксидов азота – продукты сгорания тепловых электростанций, выхлопы автомобильного транспорта, отходы металлургических и нефтехимических производств. При растворении в воде диоксид азота образует азотную и азотистую кислоты, которые при вдыхании разрушают легочную ткань, а при концентрациях 0,004-0,008% – могут вызвать отек легких. Оксиды воздействуют на слизистые оболочки глаз и носа, а также на нервную и сердечно-сосудистую системы человека, кровеносные органы и печень, вызывая развитие хронических заболеваний. В природе следствием процесса растворения становятся кислотные дожди. Наибольшую опасность оксиды азота представляют в качестве активного компонента смога. Так, соединяясь с несгоревшими олефиновыми углеводородами, данные оксиды образуют токсичные нитроолефины, вызывающие заболевания дыхательных путей и нервные расстройства. Токсический эффект воздействия оксидов азота на человека в 10 раз выше, чем у монооксида углерода (угарного газа). Небольшие концентрации в атмосфере приводят к постепенному отравлению организма, причем нейтрализующих его средств нет.

Предприятия, являющиеся объектами негативно воздействующими на окружающую среду и имеющие источники выбросов оксидов азота, в соответствии с действующим законодательством обязаны осуществлять контроль за содержанием данных веществ непосредственно на источниках – для соблюдения нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ), в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны и в жилой зоне – для соблюдения нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) для населенных пунктов и в воздухе рабочей зоны – для соблюдения нормативов ПДК рабочих местах [1].

В связи с вышеизложенным, необходимы универсальные, чувствительные и точные методики контроля за содержанием оксидов азота в атмосферном воздухе населенных пунктов, промышленных выбросах предприятий, а также в воздухе рабочей зоны. Кроме этого, методики, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в обязательном порядке подлежат аттестации.

Основной целью работы было создание универсальной методики, подходящей для измерения содержания оксидов азота во всех трех объектах контроля (атмосферный воздух, промышленные выбросы, воздух рабочей зоны) и ее метрологическая аттестация в установленном порядке.

Диапазон измерений массовой концентрации оксидов азота и относительная погрешность измерений по разработанной методике представлены в таблице.

В основу методики положен фотометрический метод, который основан на улавливании азота диоксида пленочным хемосорбентом на основе калия йодистого, нанесенного на стеклянные гранулы сорбционной

трубки, или в поглотительный раствор, содержащий калий йодистый, при отборе проб в поглотители Рихтера проб воздуха рабочей зоны. При отборе проб промышленных выбросов в газовые пипетки диоксид азота улавливается в поглотительный раствор, содержащий уксусную кислоту, в котором он превращается в нитрит-ион. Определение азота оксида осуществляется таким же образом после окисления его до азота диоксида с помощью оксида хрома (VI) при отборе проб на сорбционные трубки. Определение суммарной массовой концентрации азота оксидов (в пересчете на азота диоксид) осуществляется таким же образом после окисления до азота диоксида окислительным раствором при отборе проб в поглотители Рихтера (воздух рабочей зоны) или оксидом хрома (VI) при отборе проб в газовые пипетки (промышленные выбросы).

Таблица

Метрологические характеристики методики измерений

Определяемый показатель	Диапазон измерений, мг/м ³	Границы относительной погрешности при доверительной вероятности P=0,95, %
Атмосферный воздух		
Азота диоксид	от 0,020 до 6,25 вкл.	25
Азота оксид	от 0,013 до 4,00 вкл.	25
Воздух рабочей зоны		
Азота диоксид	от 1,00 до 20,0 вкл.	25
Азота оксиды (в пересчете на азота диоксид)	от 1,00 до 20,0 вкл.	25
Промышленные выбросы		
Азота оксиды (в пересчете на азота диоксид)	от 5,00 до 2500 вкл.	25

Взаимодействие образующегося нитрит-иона с сульфаниловой кислотой и 1-нафтиламином приводит к образованию диазосоединения, которое, реагируя с 1-нафтиламином дает азокраситель, окрашивающий раствор от бледно-розового до красно-фиолетового цвета. Определение азота оксида осуществляется таким же образом после окисления его до азота диоксида с помощью оксида хрома (VI) при отборе проб на сорбционные трубки и газовые пипетки или окислительным раствором при отборе проб в поглотители Рихтера. Светопоглощение полученного раствора измеряют. Для оценки степени поглощения оптическую плотность исследуемых и контрольных растворов измеряют с помощью спектрофотометра при длине волны 520 нм в кюветах с толщиной поглощающего слоя 10 мм относительно дистиллированной воды. Контрольным раствором служит раствор, содержащий те же реактивы, но не содержащий определяемого компонента. Значения оптической плотности, соответ-

ствующие определяемым концентрациям показателей, находят по разности оптических плотностей исследуемых и контрольных растворов. Величина оптической плотности зависит от содержания нитрит-ионов в исследуемом растворе.

Для анализа рабочих проб используют градуировочные характеристики, представляющие собой функциональные зависимости оптической плотности (в белых) от массовой концентрации нитрит-ионов в исследуемом растворе (в мкг/5 см³ или в мкг/20 см³). В разработанной методике предусмотрены процедуры приготовления аттестованных смесей, как из государственных стандартных образцов нитрит-ионов, так и из реактива – натрия азотистокислого. Рассчитаны и приведены аттестованные значения содержаний и погрешности аттестованных значений по процедуре приготовления.

Разработаны подготовительные процедуры (процедуры подготовки лабораторной посуды и оборудования, приготовление растворов реактивов и аттестованных смесей для градуировки средств измерений и проведения внутрилабораторного контроля качества), процедура отбора проб и их анализ. Внедрен способ отбора воздуха рабочей зоны в поглотителе Рихтера с поглотительным и окислительным реактивами – водным раствором калия йодида и калия перманганата соответственно, по сравнению с отбором проб поглотителя Петри в альтернативной методике [2]. Экспериментально установлена эффективность данного способа.

Был внедрен способ отбора проб промышленных выбросов в вакуумированные газовые пипетки (рисунке) с установленным фактическим объемом и заполненные поглотительным раствором, что позволило сократить время отбора одной пробы по сравнению с использованием поглотительного устройства, через которое прокачивают определенный объем отбираемого газа при помощи аспиратора.

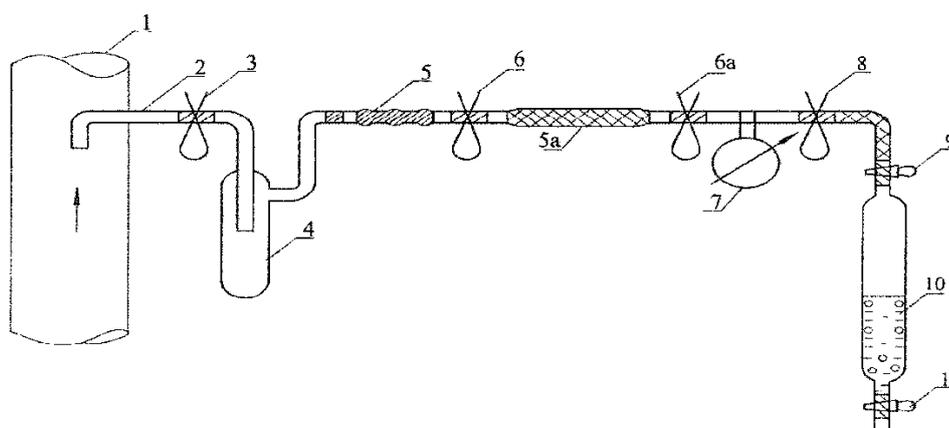


Рисунок. Схема отбора проб промышленных выбросов

Метод отбора проб промышленных выбросов в вакуумированные газовые пипетки представляет собой следующее (рис. 1): в газоход вставляют пробоотборный зонд (1); с помощью отрезков силиконовых или резиновых трубок подсоединяют последовательно каплеуловитель (4) (если анализируемый газ содержит влагу); гофрированную трубку, заполненную медицинской ватой (5) (если анализируемый газ содержит механические примеси); трубку с окислителем (5а), вакуумметр (7); газовую пипетку (10). Далее вместо газовой пипетки подсоединяют аспиратор, для промывания системы анализируемым газом. Затем отсоединяют аспиратор и присоединяют газовую пипетку (10). Отсоединив зажим (2), заполняют газовую пипетку анализируемым газом.

Модифицирован состав раствора для обработки сорбционных трубок, используемых для отбора атмосферного воздуха, по сравнению с альтернативной методикой [3]. Замена этиленгликоля на более доступный глицерин с большим сроком хранения позволит получить практическую выгоду.

Также увеличена чувствительность и диапазон измерений показателей для атмосферного воздуха по сравнению с альтернативной методикой [3]. Альтернативные методики [2,3] не внесены в реестр аттестованных методик измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Для проведения внутрилабораторного контроля качества используют построение контрольных карт Шухарта в относительных единицах в соответствии с [4]. Цель построения контрольной карты — выявление точек выхода процесса из стабильного состояния для последующего установления причин появившегося отклонения и их устранения. В случае если нестабильность процесса будет оперативно выявлена — это поможет в предотвращении реализации рисков в системе менеджмента качества лаборатории и позволит оперативно реагировать на промахи и нестабильные результаты измерений.

Анализ контрольных карт проводят регулярно в течение установленного периода с целью выявления нарушений стабильности процесса. В качестве рисков приняты следующие ситуации:

1. Результат одной контрольной процедуры вышел за предел действия.
2. Подряд девять результатов контрольных процедур находятся по одну сторону от средней линии и выходят за половинные границы зоны предупреждения.
3. Два из трех результатов контрольных процедур вышли за пределы предупреждения.

При выявлении вышеописанных ситуаций, а также при выявлении новых рисков необходимо выяснить причину их возникновения, приостано-

новить процесс измерения (при необходимости) и провести коррекцию и/или корректирующие мероприятия. Примерами корректирующих мероприятий может служить проверка квалификации оператора, исправности аспиратора для отбора проб.

Таким образом, новая методика измерений, разработанная с учетом требований [1, 5-10], для определения оксидов азота в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах, прошла процедуру метрологической аттестации (свидетельство об аттестации № 08–47/535.01.00143-2013.2023), и внесена в реестр аттестованных методик Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений под номером ФР.1.31.2023.46571. Разработанная методика может применяться в лабораториях, осуществляющих производственный и экологический мониторинг на предприятиях Топливо-энергетического комплекса России.

Библиографический список:

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. МУК 4.1.2473-09 Измерение массовых концентраций оксида и диоксида азота в воздухе рабочей зоны по реакции с реактивом Грисса-Илосвая методом фотометрии.
3. РД 52.04.792-2014 Массовая концентрация оксида и диоксида азота в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с использованием сульфаниловой кислоты и I-нафтиламина.
4. РМГ 76-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа.
5. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
6. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.
7. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
8. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
9. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

УДК 544.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА В РАПЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Матиенко О.И.

к.х.н, ст. преподаватель, olga_pomazkina@mail.ru

Монхороева Л.М.

аспирант, lubamon071299@gmail.com

Климова А.А.

студент, echerdanceva.94@yandex.ru

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

АННОТАЦИЯ: В работе изучены методы определения борат-иона в рапе. В качестве исследования использовали рапу Сибирской платформы. Количественное определение борат-иона выполняли объемным методом. Данный метод применяют при определении больших содержаний борат-иона, т.к. он достаточно прост в выполнении и требует строго соблюдать рекомендуемые условия определения.

Ключевые слова: рапа, борат-ион, бор, воды нефтяных месторождений, рапа соленых озер.

DETERMINATION OF BORON IN BRINE OF THE SIBERIAN PLATFORM

Matienko O.I.

Assistant professor, olga_pomazkina@mail.ru

Monhoroeva L.M.

Postgraduate student, lubamon071299@gmail.com

Klimova A.A.

Student, cherdanceva.94@yandex.ru

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

ABSTRACT: The paper studies methods for determining borate ion in brine. The brine of the Siberian platform was used as a study. Quantitative determination of borate ion was performed by a volumetric method. This method is used to determine high contents of borate ion, since it is fairly simple to perform and requires strict adherence to the recommended determination conditions.

Key words: brine, borate ion, boron, oil field waters, salt lake brine.

Бор, как химический элемент, обнаруживается в подземных водах, его источниками являются осадочные бороносные породы, такие как калиборит, углексит, бура, колеманит, борациит и ашарит, а также соленосные

отложения и алюмосиликаты. Вулканические глины и породы также могут содержать бор, сорбированный из морской воды [1].

Дополнительными природными источниками данного элемента являются термальные источники в районах вулканической активности, воды нефтяных месторождений и рапа соленых озер. Кроме того, антропогенные факторы, такие как стоки различных производств и коммунальных хозяйств с содержанием моющих средств, способствуют загрязнению окружающей среды. Внесение удобрений, содержащих бор, а также разработка борсодержащих руд также приводят к загрязнению почвы.

В природных рапах и водах бор может существовать в форме борат-ионов, представляющих собой анионы борных и полиборных кислот. Характер борат-ионов в растворе определяется множеством факторов, включая состав раствора, уровень pH и температуру. При изменении этих условий борат-ионы могут легко преобразовываться друг в друга. В связи с этим содержание борат-иона в растворе обычно выражается условно в виде окисла B_2O_3 [2–4].

В рапе некоторых озер и в нефтяных водах наблюдаются повышенные концентрации борат-ионов. Поэтому перед проведением количественного анализа необходимо выполнить качественное определение наличия борат-ионов в исследуемом растворе.

Для качественного анализа рапы в фарфоровую чашку помещают несколько кубических сантиметров исследуемого рассола, добавляют несколько капель 0,01% раствора хинализарина, предварительно растворенного в концентрированной серной кислоте, и слегка нагревают пробу. В присутствии борат-ионов происходит изменение окраски хинализарина с фиолетовой на синюю [5].

В качестве объектов исследования использовалась рапа Сибирской платформы. Количественное определение борат-ионов проводилось объемным методом. Данный метод применяется для определения высоких концентраций борат-ионов, так как он достаточно прост в выполнении и требует строгого соблюдения рекомендованных условий анализа.

Определение основано на способности борной кислоты образовывать комплексную кислоту с маннитом, которая затем титруется щелочью в присутствии индикатора фенолфталеина. Содержание борат-ионов вычисляется по соответствующей формуле:

$$U_{B_2O_3} = \frac{(V_1 - V_2) T_{B_2O_3} * 1000}{V}$$

где, V_1 – объем раствора NaOH, израсходованного на титрование пробы, $см^3$; V_2 – объем раствора NaOH, израсходованного на опыт, $см^3$; $T_{B_2O_3}$ – титр раствора NaOH, выраженный в B_2O_3 г/ $см^3$; V – объем анализируемой рапы, $см^3$

Библиографический список:

1. Большая Российская энциклопедия: СПб.: Норинт, 2004. – 1456 с.
2. Самбурский Г.А. Анализ технико-экологических проблем удаления бора из природной воды // Вестник МИТХТ. 2011. Т. 6, № 4. – С. 118–125.
3. Валяшко М.Г., Власова Е.В. К вопросу о состоянии бора в водных растворах // Геохимия. 1966. № 7. – С. 818–831.
4. Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А., Кунжуева К.Г. О перспективе извлечения соединений бора при комплексной переработке геотермальных рассолов // Вестник Дагестанского государственного университета Серия 1. Естественные науки. 2022. Том 37. Вып. 4 – С. 84–92
5. Морачевского Ю.В., Петрова Е.М. Методы анализа рассолов и солей.– Л.: Химия, 1965.– 403с.

УДК 54.053+546.05

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ГИДРОКСИДА
МАГНИЯ ИЗ РАЗЛИЧНОГО МАГНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

Павлова А.А.

магистрант, pawlowanastasiya@gmail.com

Бегунова Л.А.

к.т.н., доцент, lbegunova@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Гидроксид магния – важное неорганическое соединение, обладающее широким спектром применения благодаря своей химической стабильности, экологической безопасности и уникальным функциональным свойствам. Он используется в качестве антипирена в полимерных материалах, антацида в фармацевтике, сорбента для очистки сточных вод от тяжелых металлов и кислотных газов, а также в качестве прекурсора для получения оксида магния. Ключевым методом синтеза $Mg(OH)_2$ является осаждение из растворов солей магния, которое позволяет контролировать размер частиц, морфологию и чистоту продукта. В зависимости от условий проведения процесса можно получать материал с заданными характеристиками, что определяет его дальнейшее применение.

Ключевые слова: гидроксид магния, осаждение, магнийсодержащее сырьё.

**FEATURES OF MAGNESIUM HYDROXIDE PRECIPITATION
PROCESS FROM DIFFERENT MAGNESIUM-CONTAINING
RAW MATERIALS**

Pavlova A.A.

Undergraduate student, pawlowanastasiya@gmail.com

Begunova L.A.

Ph.D., Associate Professor, lbegunova@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

83 Lermontov St., 664074 Irkutsk

ABSTRACT: Magnesium hydroxide is an important inorganic compound with a wide range of applications due to its chemical stability, environmental safety and unique functional properties. It is used as a flame retardant in polymeric materials, as an antacid in pharmaceuticals, as a sorbent for wastewater treatment of heavy metals and acid gases, and as a precursor for the production of magnesium oxide. The key method for the synthesis of $Mg(OH)_2$ is precipitation from solutions of magnesium salts, which allows control of particle size, morphology and purity of the product. Depending on the conditions of the process, it is possible to obtain a material with specified characteristics, which determines its further application.

Keywords: magnesium hydroxide, precipitation, magnesium-containing raw materials.

При использовании метода осаждения $Mg(OH)_2$ осаждается из растворов солей при взаимодействии с осаждающим агентом, обычно сильным основанием, такими как аммиак [1-5] или гидроксид натрия [6-10]. Наиболее часто используемыми прекурсорами являются неорганические соли - $MgCl_2$, $MgSO_4$ и $Mg(NO_3)_2$, в то время как органические соединения магния, такие как $Mg(CH_3CO_2)_2$ [11], используются редко.

Параметры процесса оказывают значительное влияние на структуру, морфологические и дисперсионные свойства продукта. По этой причине многочисленные исследовательские группы проводят эксперименты, направленные на определение условий реакции, которые окажут наиболее благоприятное влияние на ход реакции и, следовательно, на конкретные свойства продукта. Чаще всего анализируется влияние скорости и направление дозирования реагентов, их концентрации и соотношения, температуры процессов осаждения и прокаливания, а также методы сушки [12-16].

В настоящее время существует множество подходов к получению $Mg(OH)_2$ с заданной морфологией. Кристаллы гидроксида магния (брусита) обычно формируются в виде крупных гексагональных пластин, однако размер и морфологию частиц гидроксида магния можно изменять путём варьирования целого ряда условий при его осаждении. Среди них: растворитель, осаждающий агент, сырьё-прекурсор, температура, давление, использование модификаторов поверхности, pH и др. Всё это позволяет получать $Mg(OH)_2$ как в виде гексагональных пластин, так и в виде микро- и наноразмерных трубок, стержней или игл, что оказывает существенное

влияние на свойства конечного материала, особенно при его использовании в качестве антипирена [17].

Библиографический список

1. Wang W. et al. Facile synthesis of magnesium oxide nanoplates via chemical precipitation //Materials Letters. – 2007. – Т. 61. – №. 14-15. – С. 3218-3220.

2. Yu J. C. et al. Synthesis and characterization of porous magnesium hydroxide and oxide nanoplates //The Journal of Physical Chemistry B. – 2004. – Т. 108. – №. 1. – С. 64-70.

3. Guo H. et al. Gaseous ammonia: superior to aqua ammonia in the precipitation of Mg (OH) 2 under mild conditions //RSC Advances. – 2014. – Т. 4. – №. 54. – С. 28822-28825.

4. Meshkani F., Rezaei M. Facile synthesis of nanocrystalline magnesium oxide with high surface area //Powder Technology. – 2009. – Т. 196. – №. 1. – С. 85-88.

5. Rezaei M., Khajenoori M., Nematollahi B. Synthesis of high surface area nanocrystalline MgO by pluronic P123 triblock copolymer surfactant //Powder technology. – 2011. – Т. 205. – №. 1-3. – С. 112-116.

6. Pilarska A. et al. The influence of spray drying on the dispersive and physicochemical properties of magnesium oxide //Drying Technology. – 2011. – Т. 29. – №. 10. – С. 1210-1218.

7. Pilarska A. et al. Physico-chemical and dispersive characterisation of magnesium oxides precipitated from the Mg (NO3) 2 and MgSO4 solutions //Polish Journal of Chemical Technology. – 2010. – Т. 12. – №. 2. – С. 52-56.

8. Jiang W. et al. Preparation of lamellar magnesium hydroxide nanoparticles via precipitation method //Powder Technology. – 2009. – Т. 191. – №. 3. – С. 227-230.

9. Chenghao X. U. et al. Effect of additive EDTA on crystallization process of magnesium hydroxide precipitation //Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2010. – Т. 18. – №. 5. – С. 761-766.

10. Pilarska A. et al. Synthesis of magnesium hydroxide and its calcinates by a precipitation method with the use of magnesium sulfate and poly (ethylene glycols) //Powder Technology. – 2013. – Т. 235. – С. 148-157.

11. Alvarado E. et al. Preparation and characterization of MgO powders obtained from different magnesium salts and the mineral dolomite //Polyhedron. – 2000. – Т. 19. – №. 22-23. – С. 2345-2351.

12. Pilarska A., Klapiszewski L., Jesionowski T. The effect of precipitation parameters on physicochemical properties of magnesium hydroxide and its calcinates //PRZEMYSŁ CHEMICZNY. – 2011. – Т. 90. – №. 5. – С. 983-987.

13. Utamapanya S., Klabunde K. J., Schlup J. R. Nanoscale metal oxide particles/clusters as chemical reagents. Synthesis and properties of ultrahigh

surface area magnesium hydroxide and magnesium oxide //Chemistry of Materials. – 1991. – Т. 3. – №. 1. – С. 175-181.

14. Wang B. et al. Influence of drying processes on agglomeration and grain diameters of magnesium oxide nanoparticles //Drying Technology. – 2007. – Т. 25. – №. 4. – С. 715-721.

15. Yun L. et al. Drying kinetics of magnesium hydroxide of different morphological micro nanostructures //Drying Technology. – 2009. – Т. 27. – №. 4. – С. 523-528.

16. Wang B. et al. Progress in drying technology for nanomaterials //Drying Technology. – 2005. – Т. 23. – №. 1-2. – С. 7-32.

17. Balducci G., Diaz L. B., Gregory D. H. Recent progress in the synthesis of nanostructured magnesium hydroxide //CrystEngComm. – 2017. – Т. 19. – №. 41. – С. 6067-6084.

УДК 544.723.5

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРБЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ
ГУАНИДИНАМИ**

Филатова Е.Г.

к.т.н., доцент

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

АННОТАЦИЯ: Полученные сорбционные материалы на основе природных цеолитов, модифицированных кремнийорганическим ацетилгуанидином можно использовать для удаления ионов тяжелых металлов из водных растворов. При модификации кремнийорганическими соединениями природных минералов, последние изменяют свои термические свойства. Показано, что из-за наличия в своем составе кремнийорганического аппарата модифицированный образец характеризуется более низкой термической стабильностью по сравнению с природным минералом.

Ключевые слова: цеолит, модификация кремнийорганическими соединениями, термические свойства.

**PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SORPTION MATERIALS
BASED ON NATURAL ZEOLITES MODIFIED
WITH ORGANOSILICON GUANIDINES**

Filatova E.G.

assistant professor

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

ABSTRACT: The obtained sorption materials based on natural zeolites modified with organosilicon acetylguanidine can be used to remove heavy metal ions from aqueous solutions. When organosilicon compounds modify natural minerals, the latter change their thermal properties. It is shown that due to the presence of organosilicon dressing in its composition, the modified sample is characterized by lower thermal stability compared to a natural mineral.

Keywords: zeolite, modification by organosilicon compounds, thermal properties.

Высокая степень покрытия N-(3-триэтоксисилилпропил)-ацетилгуанидином (АЦГ) поверхности природного цеолита (ПЦ) подтверждена данными спектров энергодисперсионного рентгеновского анализа. При этом химическая модификация природного ПЦ приводит к изменению структуры материала. После модификации поверхность ПЦ-АЦГ становится более однородной и менее пористой. Известно, что при модификации кремнийорганическими соединениями природных минералов, последние изменяют свои термические свойства [1]. В работе исследована термическая стабильность сорбентов, полученных на основе природного цеолита, модифицированного кремнийорганическим ацетилгуанидином ПЦ-АЦГ. Результаты термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для модифицированного образца ПЦ-АЦГ представлены на рисунке.

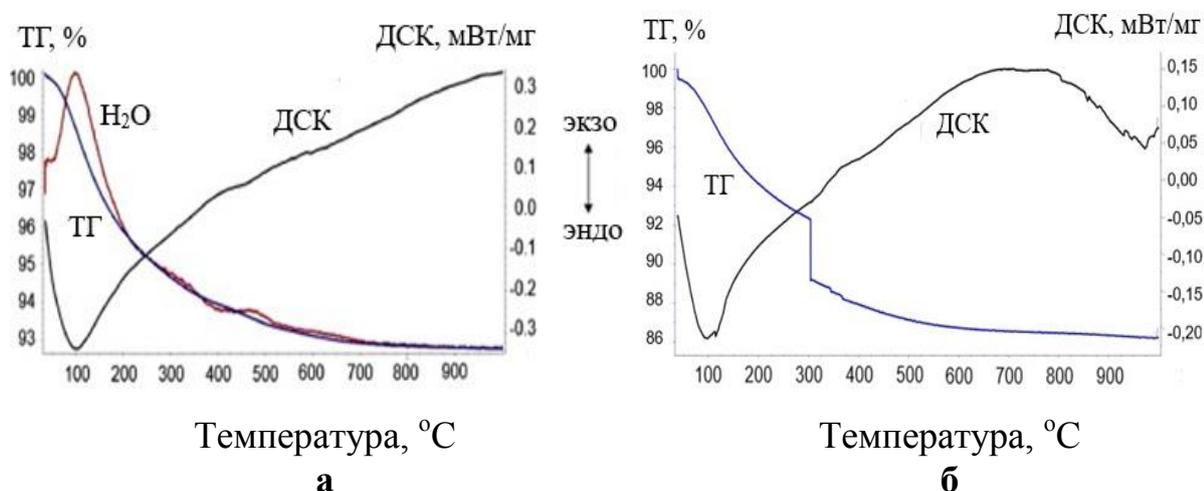


Рисунок 1. Результаты ТГА-ДСК: а – ПЦ; б – ПЦ-АЦГ

Из-за наличия в своем составе кремнийорганического аппарата модифицированный образец ПЦ-АЦГ характеризуется более низкой термической стабильностью по сравнению с природным цеолитом ПЦ (рис. 1а). Для модифицированного образца ПЦ-АЦГ эндотермический эффект

наблюдается при 40–120 °С, а потеря массы образца составляет 5,91 % из-за испарения адсорбированной воды (рис. 1б).

Судя по кривой ТГА, потеря массы образцом ПЦ-АЦГ начиная с 92 и до 89% происходит при одной и той же температуре 300 °С (рис. 1б).

Этот факт указывает, на то, что при 300 °С происходит мгновенное разложение полученного сорбента ПЦ-АЦГ. При этом прибору не удается зафиксировать изменение массы в зависимости от изменения температуры. После проведения термического анализа масса ПЦ-АЦГ составила 86,19% от исходной. Таким образом, потеря веса составляет 13,81%. Разница в весе между модифицированным ПЦ-АЦГ и исходным ПЦ (13,81% – 7,23% = 6,58%) свидетельствует о содержании гуанидинового модификатора АЦГ в образце ПЦ-АЦГ. В этом случае расчетное содержание органического фрагмента в ПЦ-АЦГ составляло 6,25 %. Полученные результаты согласуются с литературными данными по термическому анализу модифицированных природных цеолитов [2].

Таким образом, полученные сорбционные материалы, менее стабильны, чем природный цеолит, из-за присутствия кремнийорганического аппарата [1]. Полученный сорбент можно использовать для удаления ионов тяжелых металлов из водных растворов.

Библиографический список:

1. S.N. Adamovich, E.G. Filatova, Yu.N. Pozhidaev, I.A. Ushakov, A.D. Chugunov, E.N. Oborina, I.B. Rozentsveig, F. Verpoort. Natural zeolite modified with 4-(3-triethoxysilylpropyl) thiosemicarbazide as an effective adsorbent for Cu(II), Co(II) and Ni(II) // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2021, 129, pp. 396–409.

2. Chugunov, A.D. Kinetics of adsorption of nickel(II) ions by zeolite with immobilized thiosemicarbazid / A.D. Chugunov, **E.G. Filatova**, Y.N. Pozhidaev, S.N. Adamovich, E.N. Oborina, I.A. Ushakov // Journal of Siberian Federal University. Chemistry – 2023. – Vol. 16, № 2. – P. 244–254.

УДК 547.672.1

ФОТОРЕАКЦИИ ПОЛУЖЕСТКИХ ДИАРИЛЭТЕНОВ НА ОСНОВЕ ЦИКЛОГЕКСЕНОЛА

Сергеева Е.С.^{*,**}

студент гр., avrllvgn2003@gmail.com

Львов А.Г.^{*,**}

д.х.н., зав. лабор. фотофункциональных материалов, lvov-andre@yandex.ru

Дударев В.И.^{*}

д.т.н., профессор, vdudarev@mail.ru

^{*}Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

^{**}ФИЦ Иркутский институт химии СО РАН им. А.Е. Фаворского

664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

АННОТАЦИЯ: В работе раскрыт синтетический потенциал ранее неизвестного класса полужестких диарилэтенев (ДАЭ), обладающих нетипичной реакционной способностью. Известными необратимыми реакциями ДАЭ являются окислительная циклизация, обычно протекающая с отщеплением малых молекул, и [1,n] сдвиг атома водорода, ведущий к перегруппировке. Варьируя условия, удовлетворяющие либо одному, либо другому типу реакций, были открыты неожиданные грани реакционной способности полужестких диарилэтенев. Так, при фотолизе этих соединений в разных условиях были получены продукты [1,3]-сдвига одного атома водорода и полной ароматизации молекулы в антрацен. В отсутствие кислорода воздуха наблюдалось исключительно образование продуктов фотоперегруппировки в виде смеси *E*-/*Z*-изомеров тиолов. Последняя описанная в работе реакция вела к образованию полициклического продукта в результате формального отщепления метана – редкого явления для ДАЭ, имеющих метильную группу при реакционном центре. Предложен механизм, объясняющий различную реакционную способность полужестких ДАЭ в данных условиях.

Ключевые слова: Диарилэтенев, фотопереключение, стильбены.

PHOTOREACTIONS OF CYCLOHEXENOL-BASED SEMI-STIFF DIARYLETHENES

Sergeeva E.S.^{*,**}

Student, avrllvgn2003@gmail.com

Lvov A.G.^{*,**}

Head of the laboratory, lvov-andre@yandex.ru

Dudarev V.I.*

Professor, vdudarev@mail.ru

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

**E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry of the
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
664033, Irkutsk, st. Favorsky, 1

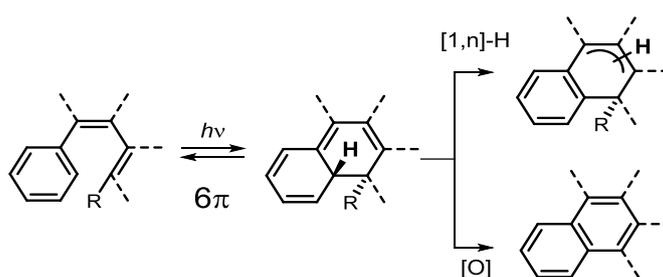
ABSTRACT: The paper reveals the synthetic potential of a previously unknown class of semi-stiff diarylethenes (DAE) with atypical reactivity. Known irreversible reactions of DAE are oxidative cyclization, which usually occurs with the cleavage of small molecules, and [1,n]-H shift, leading to rearrangement. By varying the conditions satisfying either one or the other type of reactions, unexpected facets of the reactivity of semi-stiff DAE were discovered. Thus, during photolysis of these compounds under different conditions, products were obtained [1,3]-H shift and the complete aromatization of the molecule into anthracene. In the absence of atmospheric oxygen, the formation of photorearrangement products in the form of a mixture of *E*-/*Z*-isomers of thiols was exclusively observed. The last reaction described in the work led to the formation of a polycyclic product as a result of the formal cleavage of methane, a rare phenomenon for DAE having a methyl group at the reaction center. A mechanism is proposed to explain the different reactivity of semi-stiff DAE under these conditions.

Keywords: Diarylethenes, photoswitching, stilbenes

6π-фотоциклизации с последующей миграцией водорода представляют собой распространенную группу каскадных реакций, которые открывают путь к функционализированным карбо- и гетероциклам (схема 1). Среди субстратов для этих превращений часто можно найти молекулы типа 1,2-ди(гет)арилэтена (диарилэтенны или ДАЭ) [1,2]. В этих молекулах два ароматических кольца соединены этеновым мостиком, образуя, фотоактивную гексатриеновую систему. В зависимости от структуры и условий, ДАЭ претерпевают два основных превращения после 6π-циклизации: миграцию водорода [3] и окисление с образованием нафталиновых производных.

Схема 1.

Каскадные реакции 6π-фотоциклизации диарилэтеннов



В поисках новых типов превращений диарилэтенон мы вводим понятие полужесткие (semi-stiff) диарилэтенон. На сегодняшний день субстраты такого типа для фотохимических экспериментов практически не используются: единственный пример был изучен Краюшкиным и соавторами в 2004 году [4].

Целью данной работы является исследование реакций нового класса соединений полужестких диарилэтенон. Для этого планируется использование различных условий и добавок, удовлетворяющим условиям образования продуктов перегруппировки или окислительной циклизации.

Спектры ЯМР ^1H (400 МГц) и ^{13}C (101 МГц) регистрировали на приборе Bruker AV400 в C_6D_6 и CDCl_3 при комнатной температуре. Химические сдвиги выражаются в миллионных долях (ppm) с использованием сигналов CDCl_3 или C_6D_6 в качестве внутренних стандартов. Кратности указаны как s (синглет), d (дублет), t (триплет), q (квартет), m (мультиплет).

Все фотохимические реакции проводили при комнатной температуре в колбах из боросиликатного стекла. Ультрафиолетовое облучение проводилось лампой Vilber Lourmat с длиной волны 365 нм (15 Вт и 8 Вт). Облучение в видимом свете проводилось зеленым светодиодным источником ($\lambda_{\text{max}} = 555$ нм).

Чтобы раскрыть потенциал синтеза полужестких диарилэтенон, мы выбрали субстрат, содержащий фенил и тиофен-3-ил **2o**.

В соответствии со структурными предпосылками, **2o** был фотоактивным, но при облучении ультрафиолетовым светом (365 нм) в CDCl_3 он образовывал смесь продуктов. Чтобы избежать побочных фотореакций, мы провели фотолиз **2o** в присутствии (1,4-диазабцикло[2.2.2]октана (DABCO), известного, как ловушка синглетного кислорода (рисунок 1).

Фотолиз **2o** в присутствии DABCO приводил к образованию основного фотопродукта. Фотореакция **2o** с 3 экв. DABCO при ультрафиолетовом облучении (365 нм) привела к постепенному исчезновению исходного соединения и образованию нового продукта с мультиплетами в области 4,1-4,4 ppm. Этот процесс сопровождался исчезновением синглетной группы при 12,93 ppm. Основываясь на этих наблюдениях, мы предложили структуру **4** для фотопродукта. Препаративный фотолиз **2o** в CH_2Cl_2 с добавлением 3 экв. DABCO позволил нам получить соответствующий продукт **4** с выходом 69%.

Неселективные фотореакции **2o** в CDCl_3 в присутствии кислорода побудили нас проверить его реакционную способность в более мягких условиях. Фотолиз C_6D_6 в атмосфере азота привел к избирательному образованию двух продуктов, которые были идентифицированы как *E*-/*Z*-изомеры производного дигидроантрацена **6** (рисунок 2).

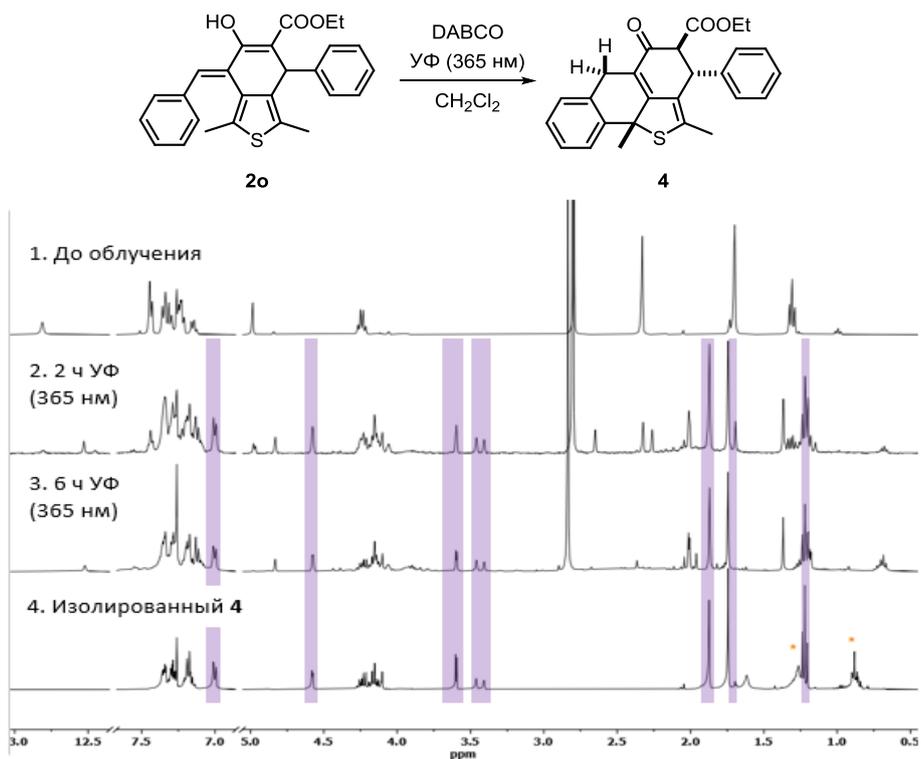


Рисунок 1. Фотореакция **2o** в присутствии DABCO

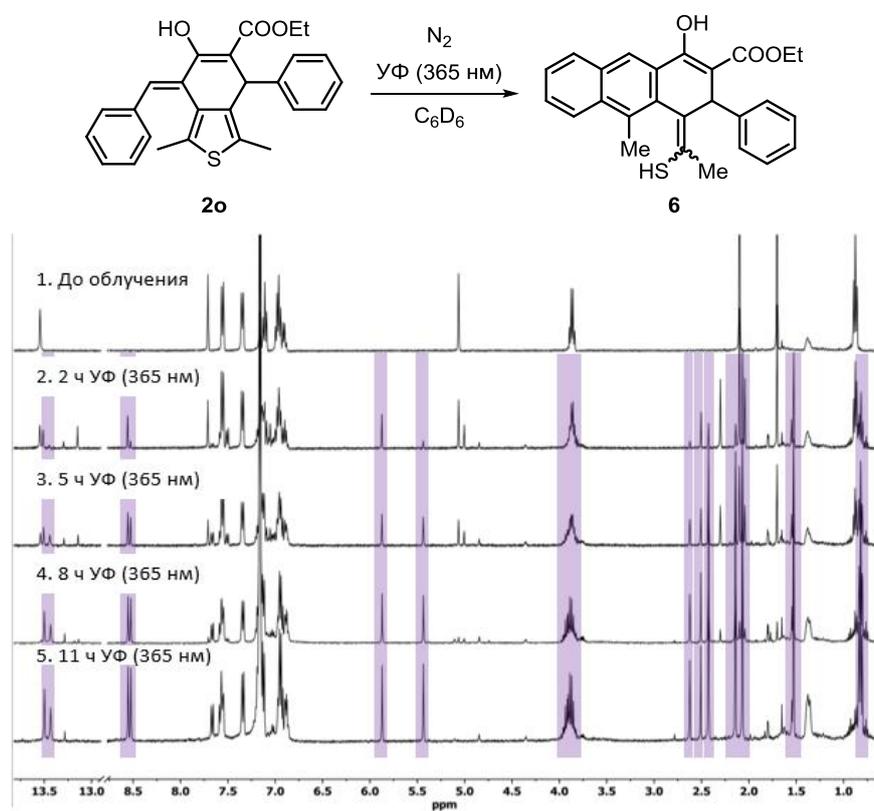


Рисунок 2. Фотореакция **2o** в инертной среде

По результатам ЯМР-мониторинга после завершения реакции оба изомера присутствовали в равных количествах.

Более тщательное изучение фотореакции **2o** в CDCl_3 выявило образование трех основных продуктов в смеси. Два из них были *E*-/*Z*-изомерами **6**, в то время как оставшийся был идентифицирован как антрацен **7**. При препаративном фотолизе был выделен **7** с выходом 23% (рисунок 3).

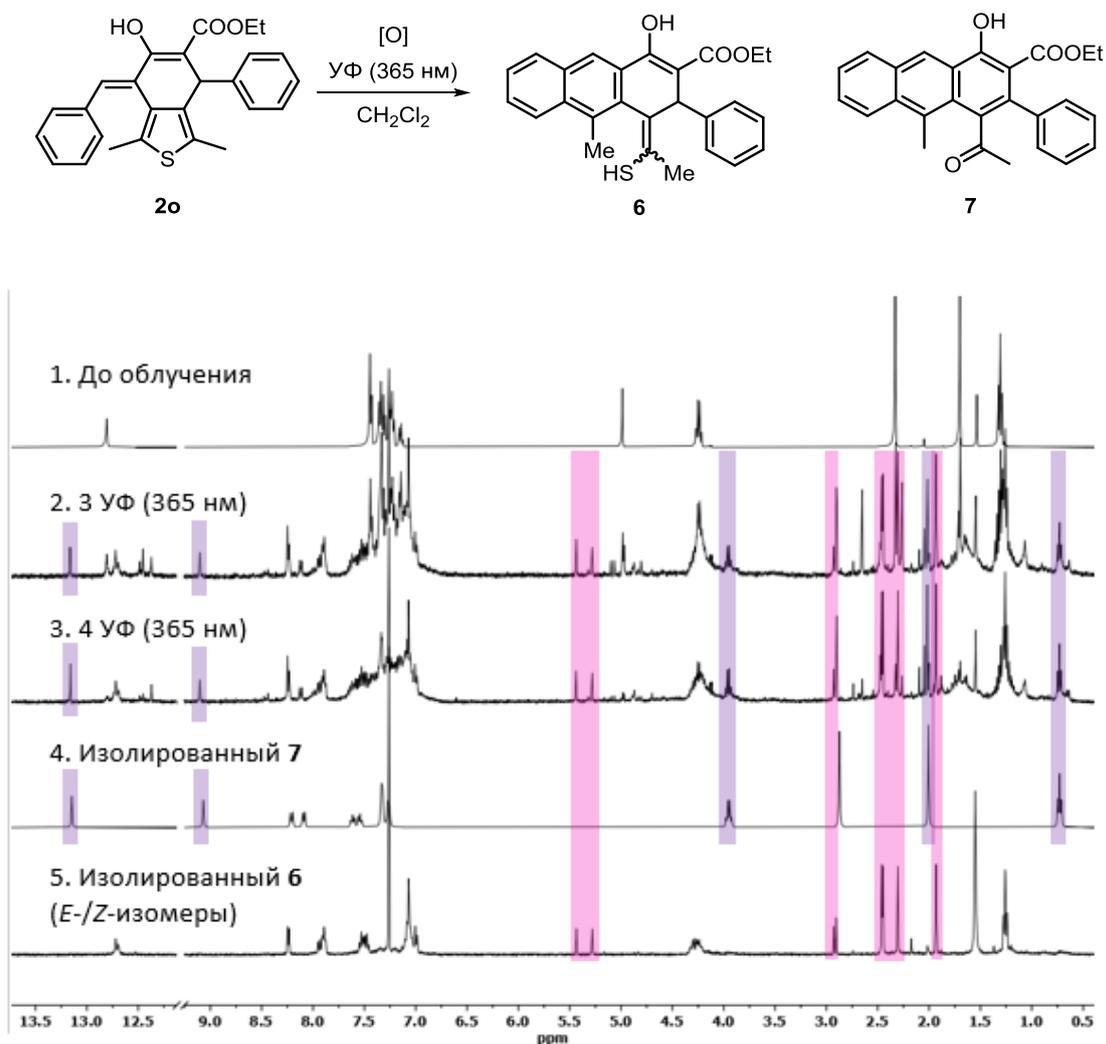


Рисунок 3. Фотолиз **2o** в присутствии кислорода воздуха

Четвертый тип реакции полужесткого диарилэтена **2o** был обнаружен в обычных условиях фотолиза по Мэллори в присутствии йода [5]. В этих условиях **2o** образовал продукт **8** с нафто[1,2-*b*]тиофеновым скелетом. Согласно данным ЯМР-мониторинга, эффективность этого процесса относительно высока. При препаративном фотолизе выход составил 56% (рисунок 4).

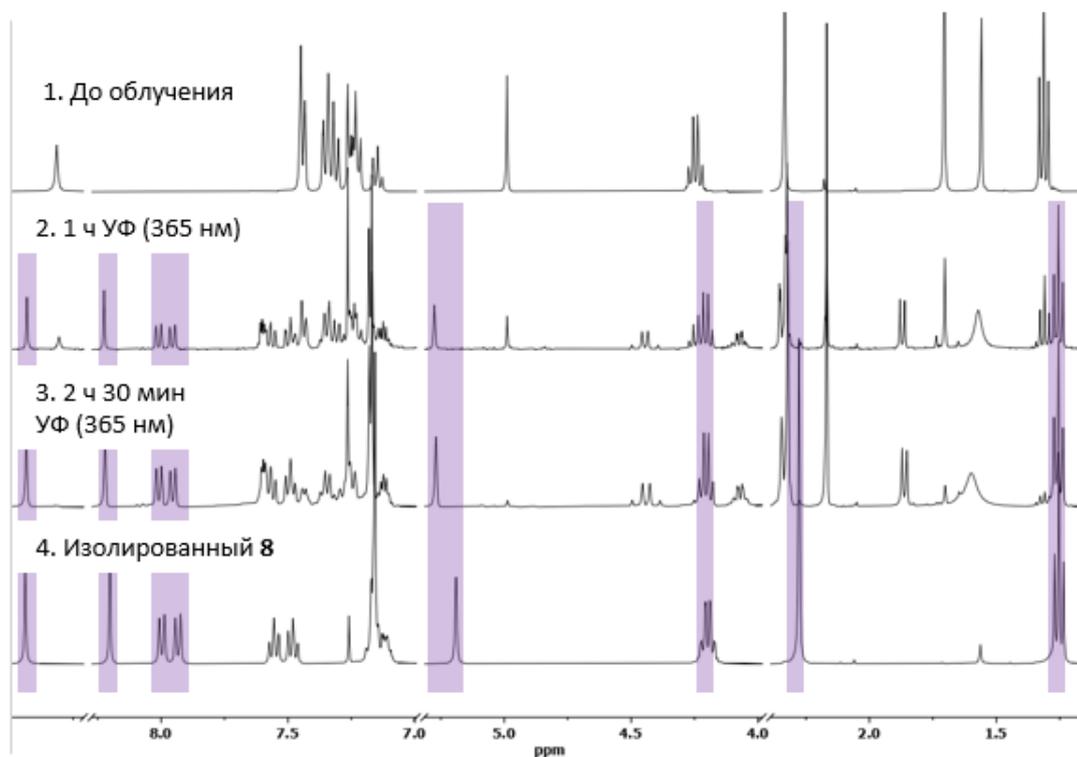
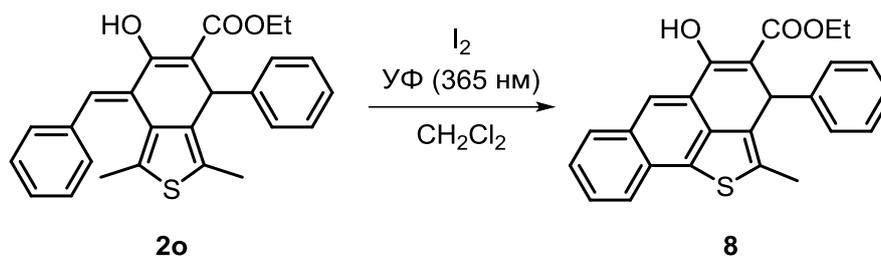


Рисунок 4. Фотолиз **2o** в присутствии иода

В заключение, была продемонстрирована разнообразная фотохимическая реакционная способность полужестких диарилэтенон на основе циклогексанола. В зависимости от условий реакции они могут подвергаться неизвестному ранее единственному формальному [1,3]-Н сдвигу и окислительной циклизации с образованием производного антрацена. В иных условиях возможна окислительная циклизация с формальным отщеплением метана или перегруппировкой.

Библиографический список:

1. Jørgensen K.B. Photochemical Oxidative Cyclisation of Stilbenes and Stilbenoids—The Mallory-Reaction // *Molecules*. 2010. Vol. 15, № 6. P. 4334–4358.
2. Lvov A.G. Switching the Mallory Reaction to Synthesis of Naphthalenes, Benzannulated Heterocycles, and Their Derivatives // *J. Org. Chem.* 2020. Vol. 85, № 14. P. 8749–8759.
3. Mallory F.B., Mallory C.W. Photocyclization of Stilbenes and Related

Molecules // Organic Reactions. Wiley, 1984. P. 1–456.

4. Krayushkin M.M. et al. Photochromic Dihetarylethenes: XX. Synthesis and Photochromic Properties of Dithienylethenes with a Fixed Conformation // Russ. J. Org. Chem. 2004. Vol. 40, № 1. P. 79–84.

5. Mallory F.B., Wood C.S., Gordon J.T. Photochemistry of Stilbenes. III. Some Aspects of the Mechanism of Photocyclization to Phenanthrenes // J. Am. Chem. Soc. 1964. Vol. 86, № 15. P. 3094–3102.

УДК 541.64: 544.722.132: 547.1

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ КРАФТ-БУМАГИ ФТОРСОДЕРЖАЩИМИ ПОЛИСИЛСЕСКВИОКСАНАМИ

Степанов М.А.^{*,**}

инженер лабор. функциональных полимеров, магистрант, stepanov.markys@bk.ru

Болгова Ю.И.

к.х.н., с.н.с., omtrof1@irioch.irk.ru

Сипкина Е.И.^{**}

к.х.н., доцент, evgiv84@mail.ru

Трофимова О.М.

д.х.н., в.н.с., omtrof@irioch.irk.ru

* ФИЦ Иркутский институт химии СО РАН им. А.Е. Фаворского
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

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

АННОТАЦИЯ: Бумажная упаковка для пищевых продуктов вызывает интерес благодаря своей нетоксичности, способности к биоразложению и возобновляемости. Однако спектр её применения ограничен гидрофильностью бумаги. В данном исследовании сообщается о модификации крафт-бумаги фторсодержащими полисилсесквиоксанами, что придает ей высокогидрофобные свойства и открывает перспективы её использования в производстве упаковочных материалов для пищевой промышленности.

Ключевые слова: полифторированный полисилсесквиоксан, крафт-бумага, гидрофобность, модификация.

HYDROPHOBISATION OF KRAFT PAPER WITH FLUORINE-CONTAINING POLYSILSESQUOXANES

Stepanov M.A.^{*,**}

Engineer of the laboratory of functional polymers,
Master's Degree student, stepanov.markys@bk.ru

Bolgova Y.I.^{*}

Cand. Sc. (Chemistry), senior researcher, omtrof1@irioch.irk.ru

Sipkina E.I.^{**}

Cand. Sc. (Chemistry), associate Professor, evgiv84@mail.ru

Trofimova O.M.^{*}

D.Sc. (Chemistry), leading researcher, omtrof@irioch.irk.ru

^{*}A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS

1, Favorsky Str., Irkutsk, 664033, Russia

^{**}Irkutsk National Research Technical University

83, Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russia

ABSTRACT: Paper food packaging is arousing interest due to its non-toxicity, biodegradability and renewability. However, its range of applications is limited by the hydrophilicity of the paper. This study reports the modification of kraft paper by fluorine-containing polysilsesquioxanes, which gives it highly hydrophobic properties and opens up prospects for its use in the production of packaging materials for the food industry.

Keywords: Polyfluorinated polysilsesquioxane, kraft paper, hydrophobicity, modification.

Пластиковые упаковки стали незаменимыми инструментами в современной жизни. Около 244 миллиона тонн пластика ежегодно выбрасывается на свалки или попадает в океан [1]. Загрязнение окружающей среды пластиком представляет опасность для питьевой воды, продуктов питания, почвы и т.д. [2]. Для решения этой проблемы крайне желательны более экологичные материалы: биоразлагаемый пластик и упаковочные материалы на основе бумаги.

Бумажные материалы широко используются для упаковки пищевых продуктов благодаря своим многочисленным преимуществам, включая низкую стоимость, хорошие механические свойства, возможность переработки и способность к биоразложению [3]. Однако, пористая геометрия и полярный химический состав делают бумагу непригодной для использования в местах прямого контакта с водой или жидкостью [4]. Целлюлозные материалы по своей природе гидрофильны и не обладают хорошими водо- и маслоотталкивающими свойствами, что необходимо для широкого спектра применений.

Для достижения (высоко)гидрофобных свойств используют функциональные фторкремнийорганические мономеры и полимеры в виду их низкого значения удельной поверхностной энергии, повышенной термо- и хемостойкости, гидро- и олеофобности, морозо- и износостойкости [5,6].

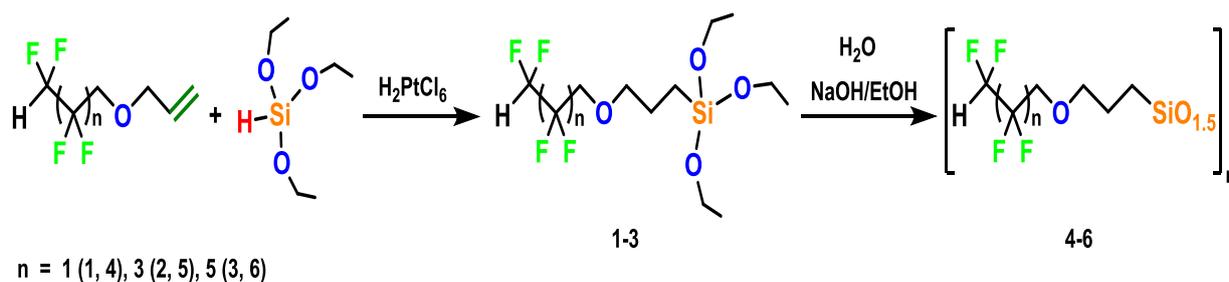
Разработка современных функциональных бумажных материалов, обладающих комплексом высоких эксплуатационных характеристик, таких как механическая прочность, хемо- и термостабильность, гидро- и олеофобность, стимулирует создание оригинальных кремнийорганических фторсодержащих полимеров, используемых в качестве модификаторов. С

целью разработки и изучения гидрофобных свойств функциональной крафт-бумаги, представляющей интерес для пищевой промышленности, в качестве гидрофобизирующих агентов были выбраны ранее неизвестные [3-(полифторалкокси)пропил]силсесквиоксанные полимеры с различной длиной фторалкильной цепи.

В настоящее время реакция гидросилилирования непредельных соединений с гидросиланами представляет собой один из основных, простых и эффективных методов получения кремнийорганических соединений с различными функциональными группами [7–9]. По реакции гидросилилирования в присутствии катализатора Спайера нами осуществлен селективный синтез триэтокси(полифторалкоксипропил)силанов **1–3**, которые выступают в роли исходных реагентов для получения фторсодержащих кремнийорганических полимеров (схема).

Схема

Путь синтеза полифторированных триэтоксисиланов **1–3** и полисилсесквиоксанов **4–6** на их основе



Растворимые полисилсесквиоксаны с полифторированными линейными заместителями **4–6** синтезированы по реакции гидролитической поликонденсации триэтоксисиланов **1–3** (схема 1). Состав и строение полученных мономеров и полимеров охарактеризованы методами элементного анализа, ИК спектроскопии, спектроскопии мультядерного (^1H , ^{13}C , ^{19}F и ^{29}Si) магнитного резонанса, гель-проникающей хроматографии, рентгенофазового анализа.

Полученные полифторированные полисилсесквиоксаны **4–6** были использованы для модификации крафт-бумаги путем её многократного погружения (метод «dip-coating») в этанольный раствор соответствующего фторсодержащего полисилсесквиоксана с использованием ультразвука для лучшего и равномерного распределения полимера по поверхности. После обработки бумажные подложки были высушены при 120 °С в течение 1 часа. На рисунке показана крафт-бумага, модифицированная 3-[(2,2,3,3,4,4,5,5-октафторпентил)окси]пропил}силсесквиоксаном **5**.

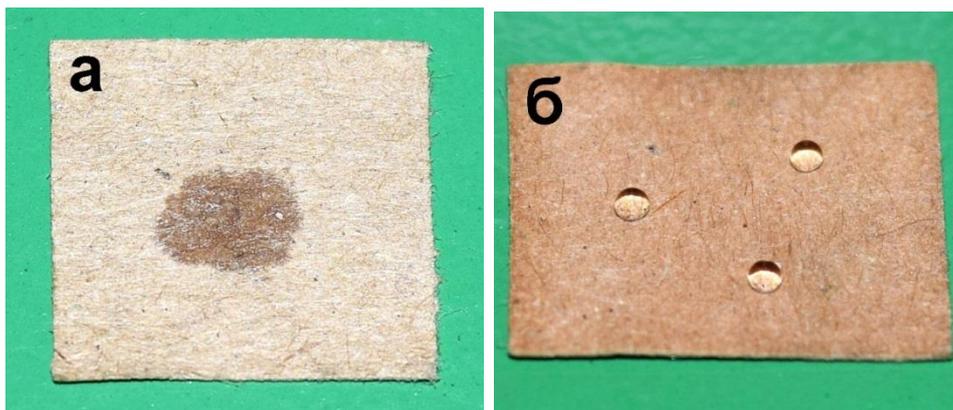


Рисунок. Изображение крафт-бумаги до (а) и после (б) модификации полимером 5

Контактный угол θ с водой является хорошим показателем относительной гидрофобности или гидрофильности образца [10]. Значения краевого угла смачивания θ для крафт-бумаги, модифицированной фторсодержащими полисилсесквиоксанами 4–6, представлены в таблице.

Таблица

Значения контактного угла с водой на поверхности крафт-бумаги

Тип бумаги	Необработанная	Обработанная полимером 4	Обработанная полимером 5	Обработанная полимером 6
$\theta, ^\circ$	26	124	134	143

Из таблицы видна отчетливая корреляционная зависимость между значениями контактного угла, измеренного на поверхности модифицированной крафт-бумаги, и длиной фторалкильной цепи, определяемой количеством CF_2 фрагментов в химической структуре полимеров 4–6. Из этого следует, что различия в химической структуре соединений оказывают существенное влияние на их гидрофобизирующую способность.

Таким образом, синтезированные фторсодержащие полисилсесквиоксаны продемонстрировали свой потенциал в качестве превосходного модификатора крафт-бумаги. В результате обработки крафт-бумага приобретает высокогидрофобные свойства, что позволяет успешно использовать её в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов. Кроме того, такая модифицированная бумага имеет значительную практическую ценность для различных отраслей промышленности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 23-13-00328).

Библиографический список:

1. Qasim U., Osman A.I., Al-Muhtaseb A.H., Farrell C., Al-Abri M., Ali

M., Vo D.V.N., Jamil F., Rooney D.W. Renewable cellulosic nanocomposites for food packaging to avoid fossil fuel plastic pollution: a review // Environ. Chem. Lett. 2021. Vol. 19, № 1. P. 613–641.

2. Jia L., Evans S., Linden S. Motivating actions to mitigate plastic pollution // Nat. Commun. 2019. Vol. 10, № 1. P. 4582-4584.

3. Rolland J.P., Mourey D.A. Paper as a novel material platform for devices // MRS Bull. 2013. Vol. 38, № 4. P. 299–305.

4. Khwaldia K., Arab-Tehrany E., Desobry S. Biopolymer coatings on paper packaging materials // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2010. Vol. 9, № 1. P. 82–91.

5. Пономаренко В.А., Круковский С.П. Фторсодержащие гетероцепные полимеры. М.: Наука, 1973, 304 с.

6. Пономаренко В.А., Игнатенко М.А. Химия фторкремнийорганических соединений. Москва: Наука, 1979, 192 с.

7. Speier J.L. Homogeneous catalysis of hydrosilylation by transition metals // Adv. Organomet. Chem. 1979. Vol. 17. P. 407–447.

8. Harrod A.J., Chalk A.J. Organic synthesis via metal carbonyls. Vol. 2, Wiley, New York, 1977, 673 p.

9. Marciniac B. Comprehensive Handbook on Hydrosilylation. Elsevier, 1992, 754 p.

10. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. Москва: Высшая школа, 2004, 445 с.

УДК 675.043.84:61

СТИМУЛ – ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРЫ В БИМЕДИЦИНЕ

Судаков М.С.

магистрант, maxim_eudomania@bk.ru

Бегунова Л.А.

к.т.н., доцент, lbegunova@mail.ru

Иркутский национальный исследовательский

технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: Стимул-чувствительные полимеры и системы на их основе в настоящее время находят широкое применение в биомедицине – они могут быть использованы как агенты доставки лекарств, переключаемые поверхностные покрытия, мембраны, искусственные мышцы и др. Наиболее популярными и хорошо изученными подобными системами являются водные растворы и гидрогели сополимеров, варьирование состава которых позволяет регулировать их стимул-чувствительность.

Ключевые слова: полимеры, растворы, гидрогели, биомедицина

STIMULUS-SENSITIVE POLYMERS IN BIOMEDICINE

Sudakov M.S.

Master degree student in Physical chemistry, maxim_eudomania@bk.ru

Begunova L.A.

Ph.D., Associate Professor, lbegunova@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

83 Lermontov St., 664074 Irkutsk

ABSTRACT: Stimulus-sensitive polymers and systems based on them are currently widely used in biomedicine - they can be used as drug delivery agents, switchable surface coatings, membranes, artificial muscles, etc. The most popular and well-studied systems are aqueous solutions and hydrogels of copolymers, the variation of the composition of which makes it possible to regulate their stimulus-sensitivity.

Keywords: polymers, solutions, hydrogels, biomedicine.

Такие полимеры, как белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды, представляют собой основные компоненты биологических систем. В настоящее время, большой научный и прикладной интерес вызывают синтетические полимеры, обладающие свойствами, присущим биополимерам.

Одна из особенностей биополимеров – возможность резко, направленно и обратимо менять свои физико-химические свойства при изменении параметров окружающей среды. Данное свойство полимеров получило название “стимул-чувствительность” (СЧ) (соответствующие полимеры называют стимул-чувствительными [1], умными [2, 3] или интеллектуальными [4]). Под стимулом подразумевают некоторый параметр окружающей среды (температура, pH, ионная сила раствора, воздействие света и др.), изменение которого приводит к резкому изменению состояния полимерной системы (образование новой фазы в растворе, коллапсирование или набухание полимерного гидрогеля, изменение окраски раствора и др.).

Для того чтобы полимерная система стала "умной", то есть способной резко реагировать на незначительные изменения внешних условий, в ней должен происходить фазовый переход первого рода, который сопровождается резким изменением удельного объёма макромолекулы [5].

Стимулы, по своей природе, разделяют на три группы:

— Физические

- Электромагнитное излучение (фоточувствительность) [6]
- Температура (термочувствительность (ТЧ)) [7]
- Электрическое поле (электрочувствительность (ЭЧ)) [8]
- Магнитное поле [9]
- Механическое воздействие [10]

— Химические

- рН [11]
- Ионная сила раствора [12]
- Наличие конкретных ионов в растворе [13-16]
- Наличие биомакромолекул (ферменты, сахараиды и др.) [17-19]

Наиболее распространенными стимулами являются температура и кислотность среды (рН), а также полимеры, обладающими СЧ к обоим параметрам сразу [20]. Соответствующие полимеры обычно состоят из трех частей: гидрофильной части, отвечающая за растворимость в воде, гидрофобная часть, обеспечивающая термочувствительность и слабые кислотные или основные группы в качестве рН-чувствительного фрагмента. Повышение температуры приводит к ассоциации макромолекул вплоть до выпадения осадка из-за усиления гидрофобных взаимодействий. Ионизация кислотных (основных) групп препятствует ассоциации и сдвигает термоиндуцированный переход на более высокую температуру. Эти полимеры могут быть использованы в качестве сенсоров [21, 22], агентов доставки лекарств [23, 24], переключаемых поверхностных покрытий [25], мембран [26], искусственных мышц [27], применяются в хроматографии [28-30] и биотехнологии [31]. Типичным чувствительным к стимулу системой является сополимер, переменный состав которого позволяет регулировать температуру и рН перехода для конкретного применения.

Библиографический список:

1. Jeong B, Gutowska A. Lessons from nature: stimuli responsive polymers and their biomedical applications. *Trends Biotechnol* 2002;20:305–11.
2. Hoffman AS, et al. Really smart bioconjugates of smart polymers and receptor proteins. *J Biomed Mater Res* 2000; 52:577–86.
3. Galaev LY, Mattiasson B. ‘Smart’ polymers and what they could do in biotechnology and medicine. *Trends Biotechnol* 2000;17:335–40.
4. Kikuchi A, Okano T. Intelligent thermoresponsive polymeric stationary phases for aqueous chromatography of biological compounds. *Prog Polym Sci* 2002;27:1165–93.
5. Галаев И. Ю. Умные полимеры в биотехнологии и медицине // *Успехи химии*. – 1995. – Т. 64. – №. 5. – С. 505-524.
6. Fang C. et al. Electrochemical sensor based on molecular imprinting by photo-sensitive polymers // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2009. – Т. 24. – №. 10. – С. 3164-3169.
7. Dautzenberg, H. Formation, structure, and temperature behavior of polyelectrolyte complexes between ionically modified thermosensitive polymers / H. Dautzenberg, Y. Gao, M. Hahn // *Langmuir*. – 2000. – V. 16. – P. 9070–9081.
8. A. Puiggali-Jou, E. Cazorla, G. Ruano, I. Babeli, M.P. Ginebra, J. García-Torres, C. Alemán, Electroresponsive alginate-based hydrogels for con-

trolled release of hydrophobic drugs, *ACS Biomater. Sci. Eng.* 6 (2020) 6228–6240

9. Thevenot J. et al. Magnetic responsive polymer composite materials // *Chemical Society Reviews*. – 2013. – T. 42. – №. 17. – C. 7099-7116.

10. Montero de Espinosa L. et al. Bioinspired polymer systems with stimuli-responsive mechanical properties // *Chemical reviews*. – 2017. – T. 117. – №. 20. – C. 12851-12892.

11. Bratek-Skicki A. Towards a new class of stimuli-responsive polymer-based materials—Recent advances and challenges // *Applied Surface Science Advances*. – 2021. – T. 4. – C. 100068.

12. García M. C. Ionic-strength-responsive polymers for drug delivery applications // *Stimuli responsive polymeric nanocarriers for drug delivery applications*. – Woodhead Publishing, 2019. – C. 393-409.

13. Jayawardane B. M. et al. The use of a polymer inclusion membrane in a paper-based sensor for the selective determination of Cu (II) // *Analytica chimica acta*. – 2013. – T. 803. – C. 106-112.

14. Johns V. K. et al. Visible light activated ion sensing using a photoacid polymer for calcium detection // *Analytical chemistry*. – 2014. – T. 86. – №. 13. – C. 6184-6187.

15. Nhien P. Q. et al. Multi-stimuli responsive fluorescence switching behaviours of AIE polymers for acid-base vapour sensing and highly sensitive ferric ion detection // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2022. – T. 372. – C. 132634.

16. Huang K. et al. Integrated ion imprinted polymers-paper composites for selective and sensitive detection of Cd (II) ions // *Journal of hazardous materials*. – 2017. – T. 333. – C. 137-143.

17. Rao J., Khan A. Enzyme sensitive synthetic polymer micelles based on the azobenzene motif // *Journal of the American Chemical Society*. – 2013. – T. 135. – №. 38. – C. 14056-14059.

18. Zhao L. et al. Glucose-sensitive polymer nanoparticles for self-regulated drug delivery // *Chemical Communications*. – 2016. – T. 52. – №. 49. – C. 7633-7652.

19. Li K., Liu B. Water-soluble conjugated polymers as the platform for protein sensors // *Polymer Chemistry*. – 2010. – T. 1. – №. 3. – C. 252-259.

20. Liu Y. Y., Shao Y. H., Lü J. Preparation, properties and controlled release behaviors of pH-induced thermosensitive amphiphilic gels // *Biomaterials*. – 2006. – T. 27. – №. 21. – C. 4016-4024.

21. Hu L. et al. Stimuli-responsive polymers for sensing and actuation // *Materials Horizons*. – 2019. – T. 6. – №. 9. – C. 1774-1793.

22. Ruan C., Zeng K., Grimes C. A. A mass-sensitive pH sensor based on a stimuli-responsive polymer // *Analytica Chimica Acta*. – 2003. – T. 497. – №. 1-2. – C. 123-131.

23. Gupta P, Vermani K, Garg S. Hydrogels: from controlled release to pH-responsive drug delivery. *Drug Discov Today* 2002;7:569–79.
24. Jeong B, Gutowska A. Lessons from nature: stimuli responsive polymers and their biomedical applications. *Trends Biotechnol* 2002;20:305–11.
25. Mendes P. M. Stimuli-responsive surfaces for bio-applications // *Chemical Society Reviews*. – 2008. – Т. 37. – №. 11. – С. 2512-2529.
26. Liu Z. et al. Stimuli-responsive smart gating membranes // *Chemical Society Reviews*. – 2016. – Т. 45. – №. 3. – С. 460-475.
27. Ashley S. Artificial muscles // *Scientific American*. – 2003. – Т. 289. – №. 4. – С. 52-59.; Mirvakili S. M., Hunter I. W. Artificial muscles: Mechanisms, applications, and challenges // *Advanced materials*. – 2018. – Т. 30. – №. 6. – С. 1704407.
28. Kikuchi A, Okano T. Intelligent thermoresponsive polymeric stationary phases for aqueous chromatography of biological compounds. *Prog Polym Sci* 2002;27:1165–93.
29. Kobayashi J, Kikuchi A, Sakai K, Okano T. Aqueous chromatography utilizing hydrophobicity-modified anionic temperature-responsive hydrogel for stationary phases. *J Chromatogr A* 2002;958:109–19.
30. Anastase-Ravion S, Ding Z, Pelle A, Hoffman AS, Letourneur D. New antibody purification procedure using a thermally responsive poly(N-isopropylacrylamide)-dextran derivative conjugate. *J Chromatogr B* 2001;761:247–54.
31. Galaev LY, Mattiasson B. ‘Smart’ polymers and what they could do in biotechnology and medicine. *Trends Biotechnol* 2000;17:335–40., Sharma S, Kaur P, Jain A, Rajeswari MR, Gupta MN. A smart bioconjugate of chymotrypsin. *Biomacromolecules* 2003;4:330–6.

УДК 665.256.15

**ПРИМЕНЕНИЕ ИОНОГЕННЫХ И НЕИОНОГЕННЫХ
ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ
НЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Баторов Л.Б.

студент, batorovleonid@gmail.com

Сердюк М.С.

студент, michelserduk@yandex.ru

Филатова Е.Г.

к.т.н., доцент, efila@list.ru

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

АННОТАЦИЯ: Эффективность разрушения нефтяных эмульсий

зависит от многих факторов, включая состав и свойства эмульсии, температуру, давление, интенсивность перемешивания и тип используемого деэмульгатора. В работе приведены литературные сведения об использовании ионогенных и неионогенных деэмульгаторов, которые широко применяются при разрушении эмульсий. Оптимизация процесса разрушения эмульсий позволяет повысить эффективность добычи и переработки нефти, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: деэмульгаторы, нефтяные эмульсия

APPLICATION OF IONIC AND NONIONIC DEMULSIFIERS IN THE DESTRUCTION OF PETROLEUM EMULSIONS

Batorov L.B.

Student, batorovleonid@gmail.com

Serduk M. S.

Student, michelserduk@yandex.ru

Filatova E.G.

Assistant professor, efila@list.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: The effectiveness of the destruction of oil emulsions depends on many factors, including the composition and properties of the emulsion, temperature, pressure, mixing intensity and the type of demulsifier used. The paper provides literature information on the use of ionic and nonionic demulsifiers, which are widely used in the destruction of emulsions. Optimization of the emulsion destruction process makes it possible to increase the efficiency of oil production and refining, as well as reduce the negative impact on the environment.

Keywords: demulsifiers, petroleum emulsions.

В настоящее время исследование деэмульгаторов как поверхностно-активных веществ, способных к разрушению нефтяных эмульсий, представляет актуальную задачу в области нефтепереработки. Наличие водо-нефтяных эмульсий значительно осложняет добычу, сбор и подготовку нефти, увеличивает ее вязкость и температура застывания [1–3].

Деэмульгаторы классифицируются на две основные группы: ионогенные, которые диссоциируют на ионы в водных растворах, и неионогенные, которые не образуют ионов в водных растворах [3, 4]. Ионогенные деэмульгаторы, в свою очередь, подразделяются на анионоактивные и катионоактивные в зависимости от того, какие ионы являются поверхностно-активными: анионы или катионы. К анионоактивным веществам относятся карбоновые кислоты и их соли, сульфозфиры (алкилсульфаты), алкил-

сульфонаты и алкиларилсульфонаты. Катионогенные ПАВ – соли аминов, соли четвертичных аммониевых соединений, сульфониевые и фосфониевые соединения.

В современной нефтедобыче доминирующее положение занимают неионогенные деэмульгаторы, которые в водной среде не распадаются на заряженные частицы. По сравнению с ионогенными поверхностно-активными веществами, неионогенные соединения завоевали массовое признание в сфере отделения воды и удаления солей из нефти благодаря ряду существенных достоинств: экономичный расход, не образуют осадков на стенках труб, не создают эмульсий обратного типа.

Примером современного неионогенных деэмульгаторов являются оксиэтилированные жирные кислоты (ОЖК-20), получаемые присоединением 14-25 молекул окиси этилена к синтетическим жирным кислотам фракции C_{20} и выше. Оксиэтилированные алкилфенолы (ОП-7, ОП-10) получают из моно- или диалкилфенолов. Широкое применение обессоливания нефтей получили следующие реагенты: Прогалит, Дисолван 4411, Сепарол 25 с ингибитором коррозии (Германия), R-11 и X-2647 (Япония), L-1632 (США), Серво-5348 (Нидерланды), Кемеликс 3448 и Оксайд-А (Великобритания) и др.

При выборе деэмульгатора необходимо учитывать: тип эмульсии, характеристики пластовой воды, условия эксплуатации оборудования, требования к качеству очистки [5].

Для достижения максимальной эффективности процесса деэмульгирования рекомендуется: проводить экспериментальную проверку на модельных эмульсиях, учитывать специфику конкретного месторождения, при необходимости комбинировать деэмульгаторы с ингибиторами коррозии, использовать дополнительные методы воздействия (подогрев, электрическое поле, турбулентный поток).

Таким образом, современные деэмульгаторы, в частности неионогенного типа, являются эффективным инструментом для разрушения нефтяных эмульсий, обеспечивая высокую производительность и качество очистки при рациональном использовании.

Библиографический список:

1. Сафиева Р.З., Магадова Л.А., Климова Л.З., Борисова О.А. Физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. 60 с.
2. Ибрагимов Н.Г., Ишемгужин Е.И. Осложнения в нефтедобыче. Уфа: Монография, 2003. 302 с.
3. Нурабаев Б.К. Физико-химические исследования реологических свойств эмульсий и дисперсионных сред в нефтях // Бурение и нефть. 2010. №9. С. 20–22.

4. Бешагина Е.В., Юдина Н.В., Прозорова И.В., Савиных Ю.В. Состав и свойства нефтяных осадков // Химия в интересах устойчивого развития. 2007. Т. 15. №6. С. 653–658.

5. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды [Текст]: учебник для вузов — 3-е изд., стереотипное / Г. С. Лутошкин. – М.: Альянс. – 2005 – 319 с.

УДК 547.022

СТРОЕНИЕ ФОТОПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ *ПЕРИ*-АРИЛОКСИХИНОНОВ

Быков В. Н.*

аспирант, irkbwn.chem@yandex.ru

Вологжанина А. В.**

к.х.н., с.н.с., vologzhanina@mail.ru

Стерхова И. В.***

к.х.н., с.н.с., irina_sterkhova@irioc.irk.ru

Клименко Л. С.****

д.х.н., профессор, l_klimenko@ugrasu.ru

Львов А. Г.*

д.х.н., зав. лабораторией, lvov-andre@yandex.ru

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

**Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН
119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1

***Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН
664033, г. Иркутск, Фаворского, 1

****Югорский Государственный Университет
628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

АННОТАЦИЯ: Методом рентгеноструктурного анализа изучено строение ряда фотохромных *перу*-арилоксихинонов. Показано, что *перу*-арилоксихиноны способны переключаться из *пара*- в *ана*-форму и обратно в кристаллическом состоянии. Впервые изучено молекулярное строение *ана*-изомера *перу*-арилоксихинона.

Ключевые слова: *перу*-арилоксихиноны, фотохромизм, кристалл, молекулярная структура, рентгеноструктурный анализ

STRUCTURE OF PHOTOSWITCHABLE *PERI*-ARYLOXYQUINONES

Bykov V. N.*

PhD student , irkbwn.chem@yandex.ru

Vologzhanina A. B.^{**}

PhD in chemistry, senior researcher, vologzhanina@mail.ru

Sterkhova I. V.^{***}

PhD in chemistry, senior researcher, irina_sterkhova@irioch.irk.ru

Klimenko L. S.^{****}

DSc in Chemistry, professor, l_klimenko@ugrasu.ru

Lvov A. G.^{*}

DSc in Chemistry, Head of Laboratory, lvov-andre@yandex.ru

^{*}Irkutsk National Research Technical University

83 Lermontov St., 664074 Irkutsk

^{**}A. N. Nesmeyanov Institute of Organoelement
Compounds of the Russian Academy of Science

28 Vavilova St., b. 1., 119334 Moscow

^{***}A. E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry,
Siberian Branch of the Russian Academy of Science

1 Favorsky St., 644050, Irkutsk

^{****}Yugra State University

16 Chekhova St., 628012 Khanty-Mansiysk

ABSTRACT: The structure of a series of photochromic *peri*-aryloxyquinones has been studied by X-ray crystallography. It is shown that *peri*-aryloxyquinones undergo photoswitching in the crystalline state. The molecular structure of the *ana*-isomer of *peri*-aryloxyquinone has been studied for the first time.

Key words: *peri*-aryloxyquinones, photochromism, crystal, molecular structure, X-ray structure analysis

Фотохромизм — это обратимая изомеризация химических соединений под действием света с образованием метастабильного фотоиндуцированного изомера (Рис. 1а). Различие структур исходного соединения и его фотоизомера определяет их различные физико-химические свойства (цвет, электропроводимость, кислотность / основность, окислительно-восстановительный потенциал, химическая и биологическая активность и т.д.). Традиционно фотохромные соединения рассматривались в качестве основы для устройств памяти. В последнее десятилетие появилось множество новых областей их применения в фотофармакологии и биологии, катализе, 3D-печати, возобновляемой энергетике, и молекулярной электронике, пористых кристаллических материалах, кристаллических актуаторах, жидкокристаллических полимерах, и супрамолекулярной химии.

В подавляющем большинстве известных классов фотопереключателей протекают процессы циклизации/рецикликации, например, для диарилэтенов (Рис. 1b) или *E*-/*Z*-изомеризации в случае азобензолов (Рис. 1c). Редкий пример иного механизма фотопереключения реализуется в случае *peri*-арилоксихинонов, простейшим представителем которых является 1-

феноксиантрахинон *пара-1* [1]. Облучение *пара-1* ультрафиолетовым или фиолетовым светом приводит к миграции фенильной группы (арилотропии) с образованием *ана*-замещенного 9-фенокси-1,10-антрахинона (Рис. 1С). Обратная реакция проходит под действием синего или зеленого света.

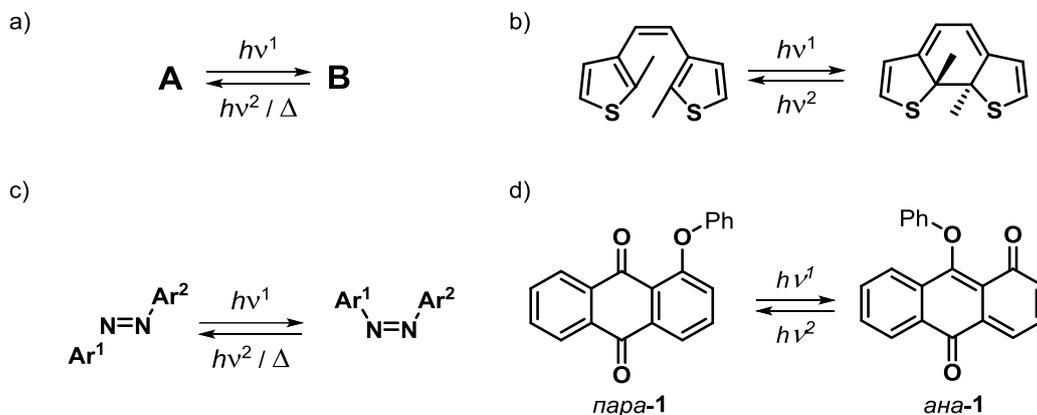


Рисунок 1. Различные классы фотопереключаемых соединений

Одной из особенностей *пери*-ариллоксихинонов является сохранение фотохромных свойств в кристаллическом состоянии [2]. Ранее сообщалось о фотоактивности ряда кристаллов *пери*-ариллоксихинонов (Рис. 2).

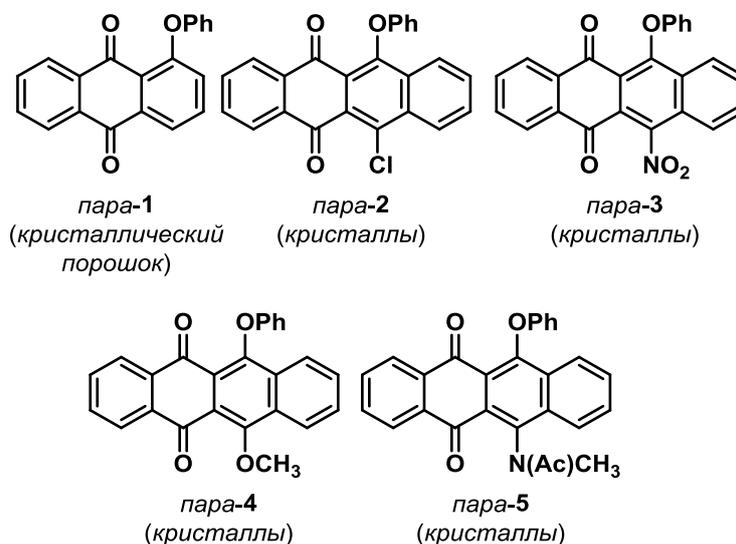


Рисунок 2. *пери*-Ариллоксихиноны, демонстрирующие фотопереключение в кристаллическом состоянии

Желтые кристаллы представленных соединений становятся оранжевыми или красновато-оранжевыми при воздействии солнечного или ультрафиолетового света [3]. Однако структуры этих соединений не были изучены методом рентгеноструктурного анализа.

Ранее рентгеноструктурный анализ (РСА) был проведен только для одного представителя *пери*-арилоксихинонов [4]. В данной работе, совместно с сотрудниками ИНЭОС РАН и Югорского государственного университета был проведен РСА для ряда *пери*-арилоксихинонов (Рис. 3). Молекулярная структура показала почти ортогональное расположение феноксизаместителей относительно плоскости антрахинона и нафтаценхинона, двугранный угол составил от 83 до 91°, что облегчает миграцию арильной группы во время фотоизомеризации.

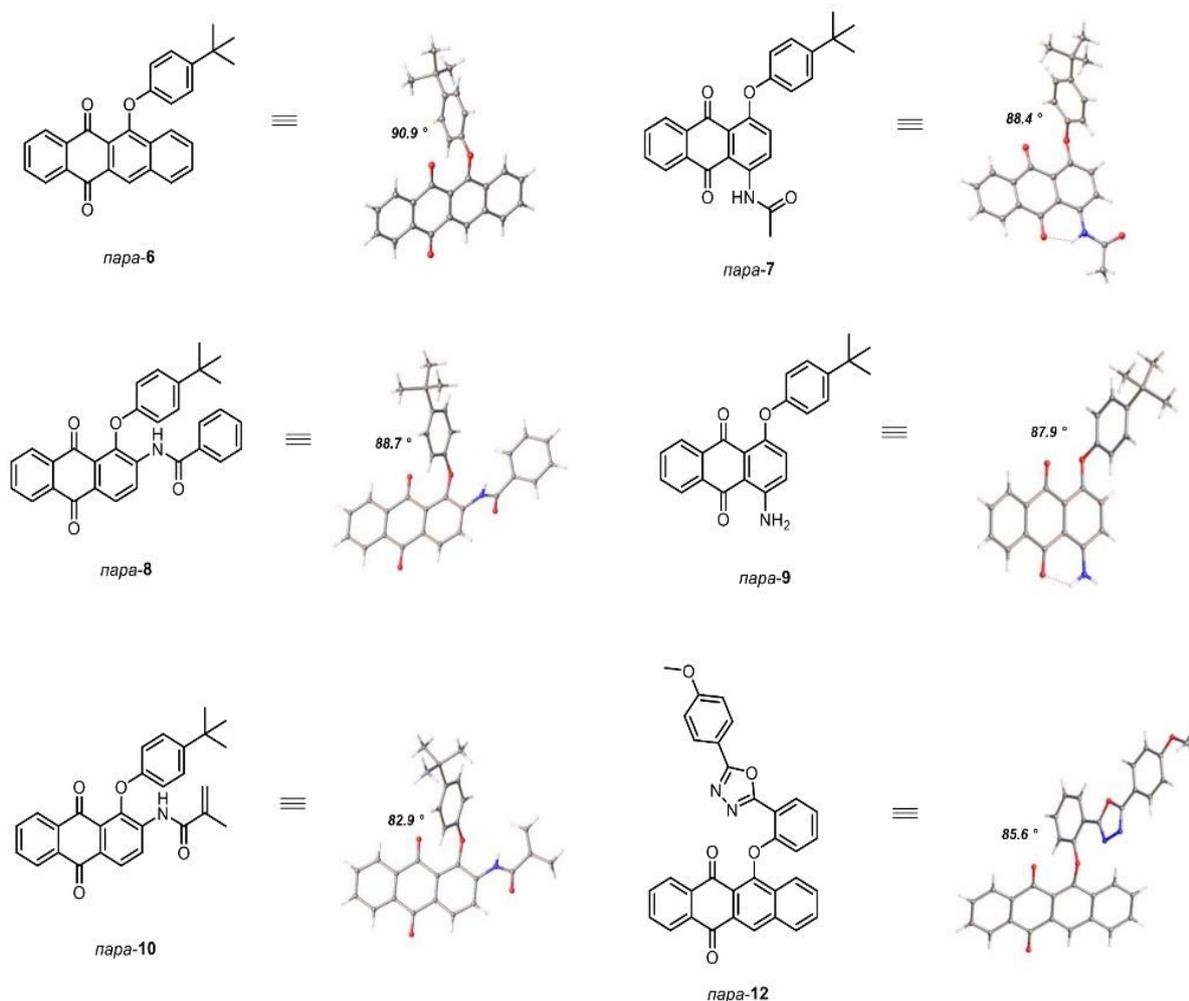


Рисунок 3. Молекулярные структуры ряда *пери*-арилоксихинонов

Начато изучение фотоактивности *пери*-арилоксихинонов в кристаллическом состоянии. Первичные эксперименты показали, что все изученные соединения сохраняют фотоактивность в монокристаллах. Например, при облучении УФ светом *пери*-арилоксихинона пара-8 в течении 1.5 минут наблюдается изменение окраски кристалла с желтой на красную, это изменение обратимо под действием видимого света (Рис. 4).

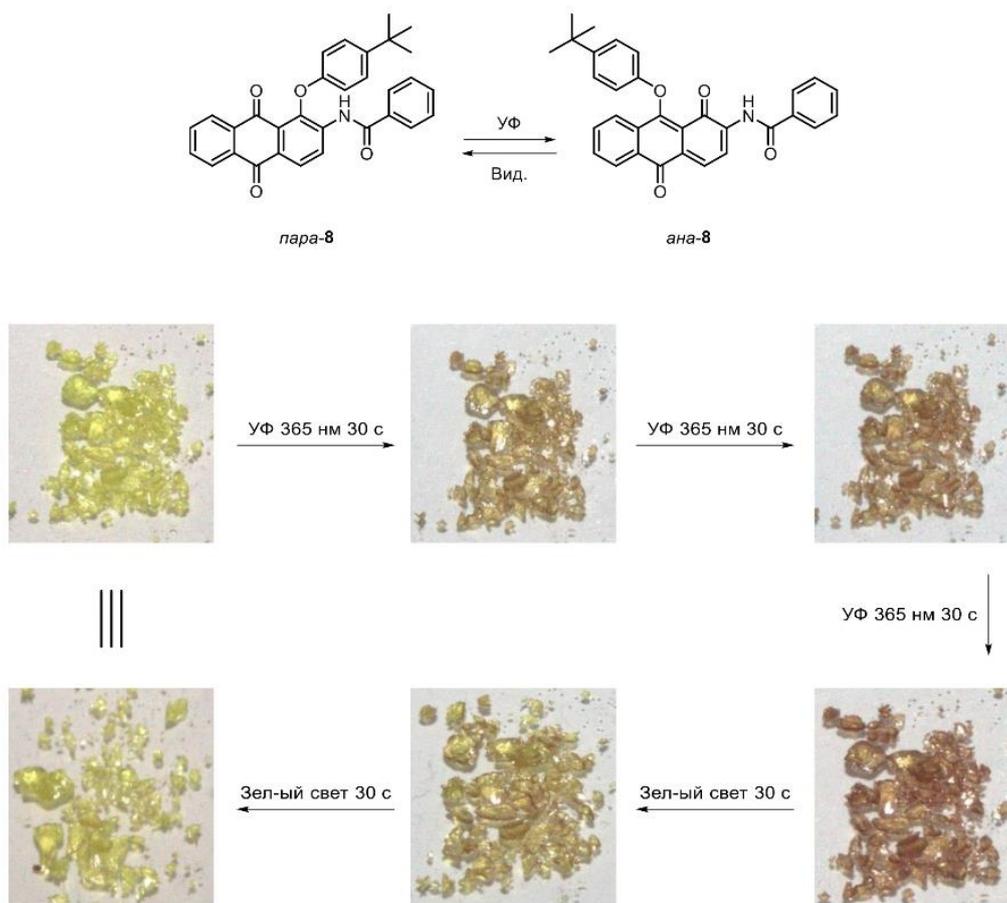


Рисунок 4. Обратимая фотоизомеризация в кристаллическом состоянии *peri*-арилоксихинона *para-8*

Также нами было впервые изучено молекулярное строение фотоиндуцированного изомера *peri*-арилоксихинонов на примере *ana-6* (Рис. 5). Фрагмент тетрацен-5,11-диона в *ana-6* имеет почти плоское строение, двугранный угол составляет 95.59° и 89.88° для двух кристаллографически независимых молекул элементарной ячейки.

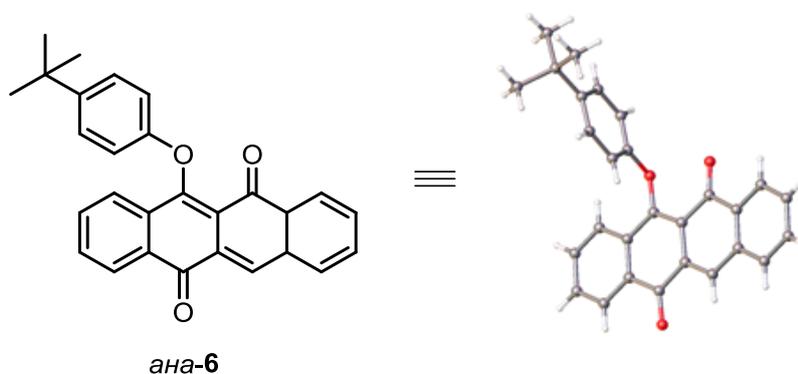


Рисунок 5. Молекулярная структура *peri*-арилоксихинона *ana-6*

Библиографический список:

1. Герасименко, Е. Ю. Фотоизомеризация 6-фенокси-5,12-нафтаценхинона / Ю. Е. Герасименко, Н. Т. Потелешенко // Ж. Орг. Хим. – 1971. – Т. 7. – С. 2413-2415.
2. Lvov, A. G. Revisiting Peri-Aryloxyquinones: From a Forgotten Photochromic System to a Promising Tool for Emerging Applications / A. G. Lvov, L. S. Klimenko, V. N. Bykov, S. Hecht // Chem. Eur. J. – 2024. – Vol. 30. – P. 202303654. (DOI:10.1002/chem.202303654).
3. Герасименко Ю. Е. Фотохромизм периарилокси-р-хинонов. Синтез неко-торых замещенных феноксинафтаценхинонов / Ю. Е. Герасименко, Н. Т. Потелешенко, В. В. Романов // Ж. Орг. Хим. – 1980. – Т. 16. – С. 1938-1945.
4. Мартьянов, Т. П. Олигоэфирные производные 1-феноксиантрахинона: Синтез, фотохромизм и комплексообразование с катионами металлов / Т. П. Мартьянов, Л. С. Клименко, Е. Н. Ушаков // Росс. Ж. Орг. Хим. – 2016. – Т. 52. – С. 1126-1136 (DOI: 10.1134/S1070428016080066).

**СЕКЦИЯ №2. ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

УДК 579.017.8, 579.24

**НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ
TRAMETES PUBESCENS И TRAMETES ZONATELLA ПРИ
ПОВЕРХНОСТНОМ ЖИДКОФАЗНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ
НА ГЛЮКОЗНО-КАРТОФЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

Латипова А.Д.

аспирант, Latipova272@yandex.ru

Сысоева Е.В.

к.х.н., доцент, SysoevaEV@corp.knrtu.ru

Сысоева М.А.

д.х.н., профессор, oxygen1130@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, улица Карла Маркса, 68 Казань, Республика Татарстан

АННОТАЦИЯ: Проведено культивирование штаммов *Trametes pubescens* F-265, *Trametes zonatella* F-573 поверхностным жидкофазным методом на глюкозо-картофельной среде. Установлено, что *Trametes zonatella* F-573 накапливает в 1,14 раза больше биомассы и 1,6 раза больше полисахаридов, чем *Trametes pubescens* F-265. Оба штамма являются перспективными для дальнейших исследований.

Ключевые слова: *Trametes*, культивирование, биологически активные вещества

**ACCUMULATION OF BIOMASS AND EXOPOLYSACCHARIDES
OF TRAMETES PUBESCENS AND TRAMETES ZONATELLA
DURING SURFACE LIQUID PHASE CULTIVATION ON
GLUCOSE-POTATO MEDIUM**

Latipova A.D.

Graduate student, Latipova272@yandex.ru

Sysoeva E.V.

Ph.D of Chemical Sciences, SysoevaEV@corp.knrtu.ru

Sysoeva M.A.

Doctor of Chemical Sciences, Professor, oxygen1130@mail.ru

Kazan National Research Technological University

68 Karl Marx Street, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015

ABSTRACT: The cultivation of *Trametes pubescens* F-265 and *Trametes zonatella* F-573 strains was carried out using the surface liquid-phase method on glucose-potato medium. *Trametes zonatella* F-573 accumulates 1,14 times more

biomass and 1,6 times more polysaccharides than *Trametes pubescens* F-265. Both strains are promising for further research.

Keywords: *Trametes*, cultivation, biologically active substances

Грибы рода *Trametes* являются перспективными продуцентами полисахаридов, обладающих биологической активностью и применяемых в фармацевтике, пищевой промышленности и биотехнологии. *Trametes versicolor*, также известный как *Coriolus versicolor*, является одним из наиболее известных и изученных представителей рода *Trametes*. Первым лекарственным препаратом, полученным из гриба *Trametes versicolor*, были полисахариды: Крестин (PSK) и полисахаридный пептид (PSP), которые широко используются в клинической практике в качестве вспомогательной терапии рака в Японии и Китае [1,2]. В настоящее время актуальным является изучение штаммов грибов рода *Trametes*, помимо *Trametes versicolor* для получения полисахаридов с новыми свойствами. Содержание полисахаридов в культуральной жидкости и биомассе грибов рода *Trametes* существенно зависит от штамма гриба, а также от методов культивирования и состава питательной среды. Известно, что грибы рода *Trametes* культивируют на питательных средах, включая глюкозо-картофельную, листовничные опилки и среды, содержащие мелассу. Добавление дополнительных источников углерода, таких как глюкоза, сахароза и источников азота в состав питательной среды может способствовать улучшению роста мицелия и увеличению продукции биомассы [3].

Данное исследование направлено на изучение особенностей роста *Trametes pubescens* F-265 и *Trametes zonatella* F-573 на глюкозно-картофельной среде. Для получения вторичных метаболитов, включая полисахариды, необходимо изучить синтетические возможности данных штаммов грибов. Информации о культивировании *Trametes zonatella*, в отличие от *Trametes pubescens*, с целью получения полисахаридов в доступной литературе крайне мало.

Поверхностное жидкофазное культивирование проводили в плоских флаконах при температуре 27 °С в течение 7 суток. В качестве питательной среды использовалась глюкозо-картофельная среда, состоящая из картофельного отвара (200 г измельченного картофеля на 1 л воды) с добавлением 20 г глюкозы. В качестве посевного материала использовали 7 суточный инокулят глубинной культуры, который вносили в среду для накопления мицелия в количестве 10% от объема. По завершению культивирования культивирования мицелий отделяли от культуральной жидкости путем фильтрования и сушили при температуре 40 °С до постоянного веса. Для выделения экзополисахаридов к культуральной жидкости приливали четырехкратный объем 95 % этилового спирта. Осаждение проводили в течение 1 часа при температуре 4±1 °С. Осажденные комплексы центрифугировали

при 2100 об/мин в течение 20 минут. Полученные экзополисахариды сушили при температуре 40 °С до постоянного веса [4].

Выход биомассы *Trametes pubescens* F-265 составил 6,5 г/л, у *Trametes zonatella* F-573 7,4 г/л. Выход полисахаридов у *Trametes zonatella* F-573 (0,39 г/л) также выше, чем у *Trametes pubescens* F-265 (0,24 г/л), что свидетельствует о его большей биосинтетической активности. Полученные данные соотносятся с литературными, однако, согласно исследованиям, опубликованным в статье [5], гриб *Trametes versicolor* 353 способен накапливать до 2,2 г/л экзополисахаридов. Необходимо продолжить поиск оптимальных условий культивирования и состава питательных сред, которые могут способствовать увеличению синтеза полисахаридов выбранных штаммов.

Библиографический список:

1. Cui J., Chisti Y. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production // *Biotechnology advances*. – 2003. – Т. 21. – №. 2. – С. 109-122.

2. Wan J. M. F. Polysaccharide krestin (PSK) and polysaccharopeptide PSP // *Handbook of biologically active peptides*. – Academic Press, 2013. – С. 180-184.

3. Горшина Е. С., Алехина А. С., Русинова Т. В., Неманова Е. О. Влияние источников углерода на синтез водорастворимых полисахаридов в глубоинной культуре лекарственного гриба *Trametes pubescens* // *Успехи медицинской микологии*. – 2018. – Т. 19. – С. 132-134.

4. Ананьева Е. П., Гурина С. В., Кожемякина Н. В. Сравнительная характеристика эндо и экзополисахаридов *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilat . // *Проблемы медицинской микологии*. – 2013. – №3.

5. Мустафин К. Г. и др. ҚҰРАМЫНДА ПОЛИСАХАРИДІ ЖОҒАРЫ ДӘРЛІК БАЗИДИОМИЦЕТТЕР ШТАММДАРЫНЫҢ СКРИНИНГІ // *Микробиология және вирусология*. – 2022. – №. 3 (38). – С. 40-54.

УДК 642.58+678.024.1

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ СУХОГО НАПИТКА
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С
СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ НА ОСНОВЕ
СО₂-ЭКСТРАКТОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ТАБЛЕТИРОВАНИЯ**

Рябоконева Л.А.

ассистент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья,
м.н.с. лабор. сверхкритической флюидной экстракции, lara.ryabokoneva22@mail.ru

Сергеева И.Ю.

д.т.н , доцент, зав.каф. технологии продуктов питания из растительного сырья,
с.н.с. лаб. сверхкритической флюидной экстракции, sergeeva.76@list.ru

Марков А.С.

к.т.н , доцент,
кафедра технологии продуктов питания из растительного сырья
зав.лаб. сверхкритической флюидной экстракции, asm041@yandex.ru
Кемеровский государственный университет, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

Аннотация. В данной работе анализируется современный рынок функциональных продуктов питания и обосновываются преимущества таблетированной формы специализированных напитков. Исследование включает разработку рецептов напитков с супрамолекулярными комплексами на основе СО₂-экстрактов семян кориандра (*Coriandrum sativum* L.) и чернушки посевной (*Nigella sativa*), с определением их органолептических профилей. На основе профилограмм были отобраны оптимальные рецептуры, обеспечивающие заданное содержание биологически активных веществ – тимохинона и линалоола, – и соответствующие 20% и 30% суточной нормы флавоноидов..

Ключевые слова: функциональные напитки, рынок, СО₂ экстракты, профилограммы, флавоноиды, *Coriandrum sativum* L и *Nigella sativa*

**DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR A DRY FUNCTIONAL DRINK
WITH SUPRAMOLECULAR COMPLEXES BASED ON CO₂
EXTRACTS FOR SUBSEQUENT TABLETING**

Ryabokoneva L.A.

Assistant of the Department of Plant-Based Food Technology
Junior Research Associate of the Laboratory
of Supercritical Fluid Extraction, lara.ryabokoneva22@mail.ru

Sergeeva I.Yu.

Dr. of Engineering Sciences,
Associate Professor, Head of the Department of Plant-Based Food Technology
Senior Research Associate of the Laboratory
of Supercritical Fluid Extraction, sergeeva.76@list.ru

Markov A.S.

Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,
Department of Plant Based Food Technology
Head of the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, asm041@yandex.ru
Kemerovo State University
650000, Kemerovo, Krasnaya St., 6.

Abstract. This paper analyzes the modern functional food market and substantiates the advantages of tablet form of specialized drinks. The study includes the development of drink recipes with supramolecular complexes based on CO₂ extracts of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.) and black cumin (*Nigella sativa*), with the determination of their organoleptic profiles. Based on profilograms, optimal recipes were selected that provide a specified content of biologically active substances - thymoquinone and linalool - and the corresponding 20% and 30% of the daily norm of flavonoids.

Keywords: functional drinks, CO₂ extracts market, profilograms, flavonoids, *Coriandrum sativum* L and *Nigella sativa*

Рынок функциональных продуктов питания в России демонстрирует активный рост и обладает значительным потенциалом [1]. Повышение интереса к здоровому образу жизни и стремление поддерживать здоровье с помощью питания являются ключевыми факторами этого роста. Пандемия COVID-19 усилила этот тренд, значительно повысив спрос на продукты с функциональными преимуществами, способствующие укреплению иммунитета, улучшению естественной резистентности организма и восполнению дефицита макро- и микронутриентов [2].

Современный рынок функциональных продуктов питания представлен широким разнообразием категорий, ориентированных на поддержание иммунитета, пищеварения, здоровья суставов, красоты, повышения энергии, детоксикации, а также на потребности спортсменов и т.д. Продукция выпускается в различных формах: пищевые добавки, напитки, батончики, готовые блюда и функциональные продукты повседневного потребления [2,3].

Таблетированные формы напитков отвечают современным трендам отрасли благодаря ряду преимуществ: удобству и портативности, длительному сроку хранения, экологичности, экономичности и инновационности. Несмотря на это, доля напитков на рынке составляет 11% [4]. Компактность, легкость и удобство транспортировки и хранения таблетированных специализированных напитков особенно привлекательны для потребителей, ведущих активный образ жизни, часто путешествующих или нуждающихся в быстром и удобном способе утоления жажды и получения необходимых питательных веществ.

Целью работы было разработать рецептуры напитка функционального для его дальнейшего таблетирования.

В качестве основных компонентов для напитка были использованы: Соки сухие фруктовые (малина, облепиха), приобретенный у компании «Liaoning», Китай по сертификату производителя).

-Криопорошки черная смородина, морковь приобретенный у компании «Litmoise», Россия по сертификату производителя

- Микрокристаллическая целлюлоза у компании «Русхим-магазин» Россия (по сертификату производителя).

- Супрамолекулярные комплексы (коацерваты) получены на основе отдельных фракций CO₂ экстрактов (*Coriandrum sativum* L , *Nigella sativa*,) [5] полученные по технологии представленным в работе [6], С некоторыми изменениями.

С учетом выбранных компонентов были разработаны несколько рецептов для напитков в состав которых входил СМК *Nigella sativa*(образцы 1.1-1.3.), для напитков в состав которых входил СМК *Coriandrum sativum* L (образцы 2.1-2.3.) рис.1

Константами при разработке рецептов, были дозировки вносимых супрамолекулярных комплексов (СМК). Расчет вели на обоснования функциональности напитка по следующим БАВ (для *Nigella sativa* Тимонинон содержание в смеси 18 %, для *Coriandrum sativum* L – линалоол (75,9%) В разрабатываемых напитках % от суточной нормы по флавоноидам составил для образцов 1.1-1.3 – 20 %, для 2.1-2.3- 30% . Профилограммы образцов представлены на рисунке 1. На основании профилограмм были выбраны образцы под номерами 1.3 и 2.1.

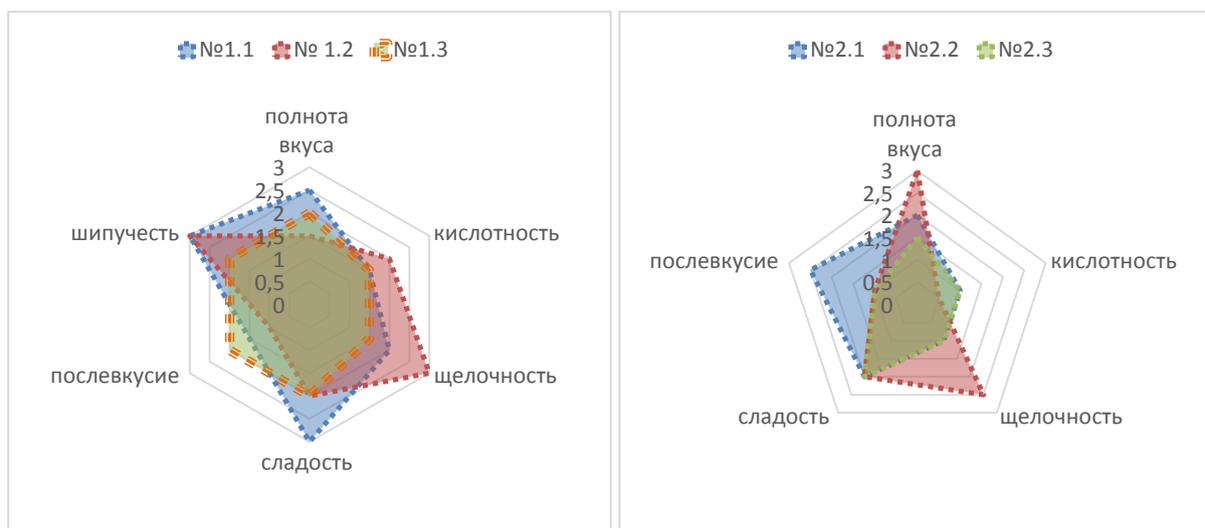


Рисунок. Профили разрабатываемых напитков

В работе были разработаны рецептуры функционального напитка на основе сухих фруктовых соков, криопорошков и супрамолекулярных комплексов из экстрактов *Coriandrum sativum* L. и *Nigella sativa*, ориентиро-

ванные на последующее таблетирование. Полученные результаты показали перспективность использования выбранных компонентов для создания функциональных напитков в таблетированной форме. Выбранные образцы (1.3 и 2.1) обеспечивают необходимое содержание флавоноидов (20-30% от суточной нормы) и обладают оптимальными характеристиками, что подтверждается профилограммами (рисунок). Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию технологических параметров таблетирования и оценку качества готовой продукции.

Библиографический список:

1. Лыгина, Н. И. Экономические факторы развития рынка функциональных пищевых продуктов/ Н. И. Лыгина, О. В. Рудакова, Ю. П. Соболева //Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – Т. 9. – №. 11. – С. 115-121.
2. Молибога Е. А. Анализ рынка функционального питания: российский и международный аспект //Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52. – №. 4. – С. 775-786.
3. Борисова, А. В. Функциональные продукты питания: связь между теорией, производством и потребителем / Борисова А. В., М. В. Шаярова, Н. Ю Шишкина //Новые технологии. – 2021. – №. 1. – С. 21-32.
4. Елагина А. О. Разработка состава и технологии шипучих таблеток с твердой дисперсией производного Нитрофурана //Фармация и фармакология. – 2022. – Т. 10. – №. 1. – С. 55-68.
5. Рябоконева, Л.А. Сравнительная оценка продуктов сверхкритической флюидной экстракции кориандра (*coriandrum sativum* L.)/ Л.А., Рябоконева, И.Ю. Сергеева , А.С Марков // Пищевые здоровьесберегающие технологии Сборник тезисов II Международного Симпозиума, посвященного 50-летию КемГУ. Кемерово, 2023 Кемеровский государственный университет с. 275-278
6. Junyong Xuan, Qiuyu Xia, Yinyi Tu, Tingyu Luo, Qingya Mao, Zongyuan Han, Colin J. Barrow, Shucheng Liu, Bo Wang, Effect of enzymatically produced tuna oil acylglycerol on the characteristics of gelatin O/W emulsion during microencapsulation using complex coacervation, LWT, Volume 190, 2023, 115580, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115580>.

СОЕВАЯ ШЕЛУХА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРИРОДНЫЙ СОРБЕНТ

Наумов И.К.

магистрант, ivan26090177@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Соевая шелуха семенная оболочка, отделяемая при обработке соевого зерна. Она является отличным сорбционным материалом для очистки от тяжелых металлов, попадающие в воду и почву в результате человеческой деятельности. Отличается высокой сорбционной способностью, низкой стоимостью и доступностью, а также биологической безопасностью.

Ключевые слова: соевая шелуха, тяжелые металлы, сорбция

SOY HUSK AS A PROMISING NATURAL SORBENT

Naumov I.K.

master's student, ivan26090177@mail.ru

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

ABSTRACT: Soy husk is the seed shell that is separated during processing of soy grain. It is an excellent sorption material for cleaning heavy metals that enter the water and soil as a result of human activity. It is characterized by high sorption capacity, low cost and availability, as well as biological safety.

Keywords: soy husk, heavy metals, sorption

В современном мире проблематика загрязнения окружающей среды становится всё более актуальной. Одним из основных источников загрязнения являются тяжелые металлы, попадающие в воду и почву в результате человеческой деятельности [1]. Традиционные способы очистки, включая физико-химические методы, такие как коагуляция и флотация, часто имеют высокую стоимость, требуют значительных материальных затрат и могут быть неэффективными в некоторых случаях. В то же время использование растительных материалов в качестве сорбентов становится всё более привлекательным направлением в области экологии и охраны окружающей среды. Одним из таких материалов является соевая шелуха, являясь побочным продуктом переработки соевых бобов, представляет собой материал с высокими физико-химическими свойствами, что делает её перспективным сорбентом для удаления тяжёлых металлов и других загрязнителей из водных растворов. Физико-химические свойства соевой шелухи

включают высокую которая обеспечивает большую площадь поверхности для проведения сорбционных процессов. Чем выше эта площадь, тем большее количество ионов металлов может быть адсорбировано, что критически важно для процессов адсорбции.

Важным аспектом исследований является оценка зависимости сорбционных свойств соевой шелухи от различных факторов. Первым фактором, влияющим на процесс сорбции, является оптимизация условий, таких как рН раствора. В кислой среде возможны более высокие уровни адсорбции за счёт протонирования некоторых функциональных групп, что увеличивает их положительный заряд и способствует взаимодействию с отрицательно заряженными ионами металлов, В таких условиях соевая шелуха проявляет свои лучшие сорбционные характеристики и позволяет извлекать до 90% ионов металла из раствора. Время контакта, также имеет критичное значение; исследования показали, что удлинение времени контакта до 60 минут способствовало увеличению общей эффективности адсорбции на 15-20%, что указывает на возможность более полного связывания ионов. Эти факторы обосновывают важность подбора оптимальных условий для максимального извлечения металлов из растворов. В процессе экспериментов также изучается вероятность повторного использования соевой шелухи в качестве сорбента. Эксперименты показали, что после первого цикла адсорбции соевая шелуха сохраняет до 70% своей исходной сорбционной способности даже после многократного использования. Это делает её экономически оправданным и экологически устойчивым выбором для очистки сточных вод, так как повторное применение снижает затраты и уменьшает количество отходов. Таким образом, исследование физико-химических свойств соевой шелухи и её потенциала в качестве сорбента для удаления тяжёлых металлов является важной задачей с точки зрения как научной, так и практической значимости. Подтверждение этих свойств и разработка методик по её применению позволят значительно расширить горизонты использования соевой шелухи и других растительных отходов в экологии.

Библиографический список:

1. А.С. Шилина, В.Д. Бахтин, С.Б. Бурухин, С.Р. Асхадуллин Сорбция катионов тяжелых металлов и радионуклидов из водных сред новым синтетическим цеолитоподобным сорбентом. 2017. Р. 116-126.
2. Э.Т. Ямансарова, Д.Н. Хасанова, М.И. Абдуллин, Н.В. Громыко Экономические аспекты применения сорбентов на основе сельскохозяйственных отходов для очистки природных вод от нефти и продуктов на ее основе. 2016. Р.118-122.
3. В.Н. Валиуллина, В.В. Заболотских, Использование растительных отходов в производстве сорбционных фильтров. 2014. Р. 273-276.

4. С.В. Свергузова, В.А. Белый Растительные материалы как сырье для производства сорбентов. 2019. Р. 119-125

5. В. П. Пухова Извлечение ионов тяжелых металлов из сточных вод и бедных растворов природными продуктами. 2014.

6. Ю. Сколубович, Е. Войтов, А. Цыба, Д. Бальчугов, Д. Белоногов. Технология очистки и утилизации поверхностных сточных вод и осадков.

УДК 579.61

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНДОПИГМЕНТОВ *DAEDALEOPSIS TRICOLOR* KS11 И ИХ АНТИРАДИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Прозорова И.Ш.

ассистент, kuleeva.1996@mail.ru

Сагдиева Т.С.

студент, tamaraselaeva71403@gmail.com

Сысоева М. А.

д. х. н., проф., oxygen1130@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, г. Казань, ул. Толстого, 8

АННОТАЦИЯ: Пигменты *Daedaleopsis tricolor*, представленные меланинами, фенольными соединениями, представляют интерес, поскольку обладают антиоксидантными, антимикробными свойствами. Проведена водная и щелочная экстракция биомассы *Daedaleopsis tricolor*. Пигменты выделены изменением рН. Показано, что использование щелочного экстрагента позволяет получить на 2,7 % больше пигментов, а также повысить в 2,3 раза его антирадикальную активность.

Ключевые слова: *Daedaleopsis tricolor*, эндопигмент, антирадикальная активность.

ISOLATION OF *DAEDALEOPSIS TRICOLOR* KS11 ENDOPIGMENTS AND THEIR ANTIRADICAL PROPERTIES

Prozorova I.Sh.

Assistant, kuleeva.1996@mail.ru

Sagdieva T.S.

Student, tamaraselaeva71403@gmail.com

Sysoeva M. A.

Doctor of Chemical Sciences, professor, oxygen1130@mail.ru

Kazan National Research Technological University

420015, Kazan, st. Tolstogo, 8

ABSTRACT: *Daedaleopsis tricolor* pigments, represented by melanins and phenolic compounds, are of interest because they have antioxidant and an-

timicrobial properties. Aqueous and alkaline extraction of *Daedaleopsis tricolor* biomass was performed. The pigments are precipitated by changing the pH. It has been shown that the use of an alkaline extragent makes it possible to obtain 2,7 % more pigments, as well as to increase its antiradical activity in 2,3 times.

Key words: *Daedaleopsis tricolor*, endopigment, antiradical activity.

Одним из наиболее перспективных и технологически развитых направлений биотехнологии является промышленное культивирование в искусственных условиях высших грибов, в частности базидиомицетов. Это обусловлено их высокой продуктивностью и способностью расти на дешевых субстратах и питательных средах. Гриб *Daedaleopsis tricolor* KS11 в процессе культивирования накапливает первичные и вторичные метаболиты, на основе которых можно производить биологически активные добавки (БАД) и лекарственные средства [1].

Для экстракции пигментов-меланинов из грибов чаще всего используют водные и щелочные растворы, а выделение проводят подкислением pH до 1,5-2 [2]. Известно, что меланины из плодовых тел *Daedaleopsis tricolor*, произрастающих в природных условиях, были выделены с помощью щелочной экстракции раствором гидроксида калия в течение 48 часов. Показано, что они обладают защитными свойствами от ультрафиолета и антимикробной активностью [3].

Цель – провести сравнение антирадикальной активности эндопигментов *D. tricolor* KS11, выделенных из водного и щелочного экстракта мицелия, и использовать пигмент с более высокой активностью для дальнейшей разработки биологически активной добавки.

В работе использован штамм гриба *Daedaleopsis tricolor* KS11 из коллекции кафедры пищевой биотехнологии КНИТУ. Погруженное культивирование проводили при 27 °С и 200 об/мин в течение 4 дней на питательной среде (г/л): глюкоза – 20, дрожжевой экстракт – 2,5, соевый изолят – 2,5, дигидроортофосфат калия – 0,5, магний сернокислый – 0,5. Количество вносимого 7-ми суточного инокулята, выращенного в тех же условиях, составило 10% [4].

Пигмент экстрагировали из биомассы 2 %-ным раствором гидроксида натрия или дистиллированной водой (соотношение сырье:экстрагент 1:25). Кипячение проводили на водяной бане в течение 2 часов, затем фильтровали через тканевый фильтр. Пигменты осаждали 25 % раствором HCl до pH 2. Осадок центрифугировали (4000 об/мин, 10 мин), промывали дистиллированной водой до удаления хлорида натрия и сушили при 40±2 °С. Содержание пигмента определяли гравиметрически [5].

Определение антирадикальной активности проведено методом, основанным на реакции антиоксидантов со стабильным свободным 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом (ДФПГ) [5].

Показано, что при использовании раствора щелочи выход эндопигментов составил 45 мг/г биомассы, что в 2,5 раза больше, чем при использовании воды. Это свидетельствует о том, что гидроксид натрия способен извлекать большее количество пигментов из биомассы гриба, поскольку щелочная среда способствует гидролизу клеточной стенки и стабилизации меланина в щелочной среде.

При исследовании антирадикальных свойств эндопигментов *Daedaleopsis tricolor* KS11 установлено, что при концентрации 1 мг/мл процент ингибирования радикаловДФПГ составляет 63,8 % ($IC_{50}=0,63$ мг/мл) для пигмента, выделенного из щелочного экстракта, и 27,6 % для пигмента, выделенного из водного экстракта. Согласно литературным данным, антирадикальные свойства меланина из мицелия *Inonotus hispidus* в концентрации 1 мг/мл ингибирует приблизительно 80 % радикаловДФПГ, что сопоставимо с полученными нами данными [6].

Заключение. Установлено, что для эффективного извлечения пигментов из биомассы *Daedaleopsis tricolor* KS11 необходимо применять 2 % раствор гидроксида натрия в качестве экстрагента, поскольку он позволяет выделить их до 4,5 % от сухого веса, что в 2,5 раза больше, чем при использовании воды (1,8 %).

Пигмент, экстрагированный из мицелия *Daedaleopsis tricolor* KS11 с помощью 2 % раствора гидроксида натрия, обладает в 2,3 раза более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с пигментом, извлеченным водой. Полученные результаты показывают потенциал использования эндопигментов *Daedaleopsis tricolor* KS11 в качестве эффективного антиоксиданта для применения в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности.

Библиографический список:

1. Umeo S. H. et al. Screening of basidiomycetes in submerged cultivation based on antioxidant activity //Genet Mol Res. – 2015. – Т. 14. – №. 3. – С. 9907-9914.
2. Прутенская Е. А. и др. Технологии получения меланинов //Вестник ТвГТУ. – 2017. – Т. 200. – №. 31, № 1. – С. 129-133.
3. Le T. N. et al. Anti-ultraviolet, antibacterial, and biofilm eradication activities against *Cutibacterium acnes* of melanins and melanin derivatives from *Daedaleopsis Tricolor* and *Fomes Fomentarius* //Frontiers in Microbiology. – 2024. – Т. 14. – С. 1305778.
4. БиоТех-2024: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 16–19 апреля 2024 г. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 202 с.
5. Сысоева Е. В. Метаболиты, синтезируемые *Pycnoporellus fulgens* KS12 при погруженном культивировании / Е. В. Сысоева, И. Ш.

Прозорова, М. А. Сысоева, Ю. С. Парикова // Бутлеровские сообщения - 2024. -Т.80. - №12 – С. 175 -184.

6. Hou R., Liu X., Xiang K., Chen L., Wu X., Lin W., Zheng M., Fu J., Li W. Characterization of the physicochemical properties and extraction optimization of natural melanin from *Inonotus hispidus* mushroom // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 277. – P. 533–542.

УДК

***INONOTUS OBLIQUUS* КАК ИСТОЧНИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Титов К.Р.

студент , kirill1980112002@gmail.com

Сергеева И.Ю.

д.т.н , доцент,

зав. кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья
с.н.с. лаборатории сверхкритической флюидной экстракции, sergeeva.76@list.ru
Кемеровский государственный университет
650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

АННОТАЦИЯ: статья посвящена исследованию *Inonotus obliquus* (чаги) как перспективного источника биологически активных веществ (БАВ) для функционального питания. В статье рассматривается химический состав чаги, включающий полифенолы каротиноиды, алкалоиды, органические кислоты, стерины и полисахариды, а также микроэлементы Экспериментально исследована эффективность водно-спиртовой экстракции БАВ из чаги при различных концентрациях спирта (50%, 70%, 90%).

Ключевые слова: *Inonotus obliquus*, биологически активные вещества, антиоксиданты, флавоноиды.

***INONOTUS OBLIQUUS* A SOURCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES**

Titov K.R.

Student, kirill1980112002@gmail.com

Sergeeva I.Yu.

Dr. of Engineering Sciences,

Associate Professor, Head of the Department of Plant-Based Food Technology,
Senior Research Associate of the Laboratory
of Supercritical Fluid Extraction, sergeeva.76@list.ru
Kemerovo State University
650000, Kemerovo, Krasnaya St., 6.

ABSTRACT: The article is devoted to the study of *Inonotus obliquus* (chagi) as a promising source of biologically active substances (BAS) for func-

tional nutrition. The article examines the chemical composition of chaga, including polyphenols, carotenoids, alkaloids, organic acids, sterols and polysaccharides, as well as trace elements. The effectiveness of water-alcohol extraction of BAS from chaga at various alcohol concentrations has been experimentally investigated (50%, 70%, 90%).

Keywords: *Inonotus obliquus*, biologically active substances, antioxidants, flavonoids.

Люди, проживающие в крупных городах, получают меньше биологически активных веществ, чем необходимо организму для нормальной работоспособности. Получить недостающие полезные вещества можно из функциональных продуктов питания, обогащенных фитонутриентами. Источниками необходимых веществ выступают растения и грибы. Одним из перспективных источников является гриб *Inonotus obliquus* [1].

Inonotus obliquus или чага является грибом, паразитирующим на старых или поврежденных березах [1]. Свойства гриба объясняются свойствами впитывать полезные вещества дерева, на котором он развивается. Внешне гриб имеет бугристую форму, снаружи имеет черный цвет, внутри от светло-коричневого до темно-коричневого.

Inonotus obliquus содержит в своем составе разнообразные элементы. К ним относятся в первую очередь полифенолы, каратиноиды, алкалоиды, органические кислоты, стерины и полисахариды. Антиоксидантные свойства гриба характеризуются большим содержанием полифенольных комплексов, среди которых большего всего флавоноидов [2].

Флавоноиды – природные фенольные вещества, содержащие 2 бензильных кольца, соединенных пирином или гетероциклическим пираном. За счет этого гриб обладает антибактериальным действием и предотвращает заболевание организма [3].

Каратиноиды являются распространенной группой пигментов, именно они придают окраску листьям при разрушении хлорофиллов. На организм оказывают антиоксидантное и иммуномодулирующее действие [4].

Также содержится большое количество микроэлементов, таких как железо, марганец, серебро, фосфор, кальций и калий. Микроэлементы необходимы для нормального функционирования организма, в частности для регуляции ферментных систем.

Чага обладает общеукрепляющим действием, способствует регуляции иммунитета и нормализации обмена веществ в организме. Также способствует риску возникновения и роста опухолей. Гриб оказывает многостороннее действие на организм в целом: снимает воспаление и спазмы, выводит токсины, улучшает работу желудочно-кишечного тракта и почек, укрепляет иммунитет. Отвар гриба снижает артериальное давление и уровень сахара в крови [5].

Наружное применение чаги способствует заживлению ран и снятию болевых ощущений. А также эффективно борется с грибковыми и вирусными инфекциями.

Одним из эффективных способов выделения биологически активных веществ является водно-спиртовая экстракция.

В работе была проведена экстракция БАВ из *Inonotus obliquus*. В качестве экстрагента выступала водно-спиртовая смесь в концентрациях 50%, 70% и 90%. Гидромодуль экстракции 1:10. Экстракцию вели в течение суток, с выдержкой в темном месте. Полученный экстракт фильтровали и производили отгонку спирта, затем высушивание до постоянной массы. Результаты высушивания в таблице.

Таблица

Зависимость выхода экстракта от концентрации спирта

Концентрация водно-спиртового экстрагента, %	Выход сухого экстракта, г	Выход экстракта по отношению к массе гриба, %
50	0,6	6,0
70	0,25	2,5
90	0,12	1,2

Таким образом, *Inonotus obliquus* является ценным источником биологически активных веществ и представляет собой перспективный функциональный продукт, способный компенсировать недостаток необходимых для организма веществ. Максимальный выход экстракта замечен при концентрации спирта 50% и составляет 6%. В то время, как при концентрации спирта 90%, лишь 1,2%. Далее для всех образцов будет проведена идентификация БАВ, методом жидкостной хроматографии.

Библиографический список:

1. Козлова, О. В. Актуальность использования *Inonotus obliquus* в качестве компонента функциональных продуктов для оздоровления населения / О. В. Козлова, В. Ю. Богер // АПК России: образование, наука, производство : сборник статей II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Саратов, 28–29 сентября 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 100-104. – EDN РКCPVU.

2. Низоленко, А. П. Чага (*Inonotus obliquus*) как источник биологически активных веществ антиоксидантного действия / А. П. Низоленко // Инновационный конвент "Кузбасс: образование, наука, инновации": Материалы XII Инновационного конвента, Кемерово, 08 февраля 2024 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 154-156. – EDN DZGTLP.

3.Борисова В. Л. Флавоноиды в питании человека / В. Л. Борисова // Международный журнал теории и научной практики. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 168-171. – EDN WHKFMR.

4. Смоликова, Г. Н. Каротиноиды семян: синтез, разнообразие и функции / Г. Н. Смоликова, С. С. Медведев // Физиология растений. – 2015. – Т. 62, № 1. – С. 3. – DOI 10.7868/S0015330315010133. – EDN TCIYUV.

5. Букреев Ю. М. Антиканцерогенная и антитоксическая активность препаратов на основе чаги и каротиноидов / Ю. М. Букреев, Ю. И. Должикова, Н. К. Власенкова, А. В. Сергеев, Н. Ю. Соколов, И. Ж. Шубина // Российский биотерапевтический журнал. 2018. – С. 12-13.

УДК 664.681

ОРИГИНАЛЬНЫЕ МУЧНЫЕ КОНДИТЕРСКИЕ ИЗДЕЛИЯ С НЕТРАДИЦИОННЫМ ИНГРЕДИЕНТОМ – ПОРОШКОМ ИЗ ГРАНАТОВЫХ КОРОК

Курцева В.Г.

к.т.н., доцент, vera5399@mail.ru

Колесниченко М. Н.

к.т.н., доцент, mar.kolesnichenko2012@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

АННОТАЦИЯ: Кондитерские изделия, как правило, не являются ценным источником питательных веществ, поскольку содержат мало аминокислот, витаминов, минеральных веществ и других важных биологически активных компонентов. Поэтому наша работа сосредоточена на создании рецептуры, которая повысит пищевую ценность сладостей за счет добавления продуктов переработки растительного сырья.

Ключевые слова: кондитерские изделия, печенье, гранатовые корки

ORIGINAL FLOUR CONFECTIONERY WITH AN UNCONVENTIONAL INGREDIENT – POMEGRANATE PEEL POWDER

Kurtseva V.G.

Ph.D., Associate Professor, vera5399@mail.ru

M.N. Kolesnichenko

Ph.D., Associate Professor, mar.kolesnichenko2012@yandex.ru

Altai State Technical University named after I.I. Polzunov,
656038, Barnaul, Lenin Ave., 46

ANNOTATION: Confectionery products, as a rule, are not a valuable source of nutrients, since they contain few amino acids, vitamins, minerals and other important biologically active components. Therefore, our work is focused on creating a recipe that will increase the nutritional value of sweets by adding processed plant products.

Keywords: confectionery, cookies, pomegranate peels

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к растениям, способным обогатить продукты питания полезными веществами. Гранат – один из таких перспективных источников. Высушенные корки граната богаты фенольными соединениями, антиоксидантами и витаминами, которые играют важную роль в поддержании здоровья и профилактике различных заболеваний, включая инфекции, инфаркты, диабет и рак.

Следовательно, наша цель – разработать рецептуру кондитерского изделия с использованием порошка из высушенных корок граната, чтобы не только повысить его питательную ценность, но и придать ему уникальный вкус и цвет.

Целью работы являлось установление наилучшей дозировки продуктов переработки граната и изучение их воздействия на характеристики кондитерских изделий. Исследования проводились в Институте биотехнологии, пищевой и химической инженерии АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

В качестве контрольного образца использовалось печенье «Нарезное». Технология производства печенья с добавлением порошка из гранатовых корок соответствовала стандартной схеме для сахарного печенья, с внесением порошка на финальной стадии замеса теста. Оценка качества готовой продукции осуществлялась в соответствии с требованиями ГОСТ 24901-2023.

Для улучшения питательной ценности и расширения ассортимента сахарного печенья, часть пшеничной муки заменялась порошком из высушенных и измельченных гранатовых корок. Доля замены варьировалась от 1% до 6% с шагом в 1%.

Результаты анализа (органолептического и физико-химического) показали, что с увеличением концентрации гранатового порошка в печенье усиливался гранатовый привкус и возрастала шероховатость поверхности. Также наблюдались изменения в цвете: при 5% добавке появлялись красные вкрапления, а при дальнейшем увеличении концентрации цвет становился более насыщенным. Наиболее приятные вкусовые качества печенье демонстрировало при добавлении 5% порошка, однако при 6% поверхность становилась излишне шероховатой, что снижало его привлекательность для потребителя.

Исследование кондитерских изделий показало, что сахарное печенье с 5% добавлением порошка из сушеных гранатовых корок вместо пшенич-

ной муки обладает наилучшими характеристиками.

Анализ органолептических и физико-химических свойств (см. таблицу 1) подтвердил соответствие требованиям ГОСТ [3] и хорошие потребительские качества.

Расчет пищевой ценности [1] выявил, что добавление гранатового порошка обогащает печенье витаминами (А – 0,16 мкг, В4 – 0,22 мг, В5 – 0,02 мг, В6 – 0,03 мг, С – 0,19 мг) и марганцем (0,05 мг), повышая его пищевую ценность по сравнению с контрольным образцом.

Предлагаемое кондитерское изделие с растительной добавкой в виде порошка из высушенных гранатовых корок, рецептура которого представлена в таблице 2, отличается не только улучшенными потребительскими качествами, но и повышенной пищевой ценностью [2].

Таблица 1

Органолептические и физико-химические показатели печенья

Наименование показателя	Характеристика печенья	
	Контрольный образец (сахарное печенье «Нарезное»)	Сахарное печенье с добавлением 5% порошка из высушенных гранатовых корок
<i>Органолептические показатели:</i>		
Цвет	Соответствующий сорту муки	Светлый с небольшим красным оттенком
Форма	Соответствующая типу изделий	Соответствующая типу изделий
Вкус	Свойственный, без постороннего вкуса	С кисловато-терпким привкусом корок граната
Запах	Свойственный, без постороннего запаха	С легким ароматом корок граната
<i>Физико-химические показатели:</i>		
Массовая доля влаги, %	12,8	12,1
Щелочность, град, не более	2,0	0,9
Кислотность, град	-	2,6
Намокаемость, %	180	172
Массовая доля золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %, не более	0,01	0,01

Таблица 2

Рецептура сахарного печенья с добавлением 5 % порошка из гранатовых корок взамен муки пшеничной

Сырьё	Массовая доля СВ, %	Расход сырья на 1 тонну готовой продукции, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная 1 сорт	85,50	604,20	516,59

Продолжение таблицы 2

Сахар-песок	99,85	286,20	286,07
Маргарин	84,00	95,40	80,14
Пудра ванильная	99,85	1,72	1,72
Соль	96,50	4,77	4,60
Натрий двууглекислый	50,00	4,77	2,39
Аммоний углекислый	0,00	0,64	0,00
Патока	70,00	31,80	22,26
Порошок из высушенных гранатовых корок	86,00	31,80	27,35
Итого	-	1061,30	941,12
Выход	92,00	1000,00	920,00

В частности, замена 5% пшеничной муки в рецептуре сахарного печенья на порошок из высушенных гранатовых корок значительно повышает питательную ценность продукта и улучшает его характеристики. Данная рецептура рекомендована к внедрению в производство.

Таким образом, кондитерские изделия являются перспективным способом обогащения рациона эссенциальными микроэлементами, содержащимися в растительном сырье, таком как гранат. Цель исследования по разработке рецептур кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с использованием гранатовых корок достигнута.

Библиографический список:

1. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛипринт, 2002. – 236 с.
2. Сборник технических нормативов. Сборник рецептур на продукцию кондитерского производства / Составитель Могильный М.П., 2011. – 560 с.
3. ГОСТ 24901-2023. Печенье. Общие технические условия [Текст]. Введ. 2014-10-19. М.: Издательство стандартов, 2025. – 11 с.
4. Курцева В.Г., Белячкова Л.В. Разработка технологии мучных кондитерских изделий на основе полуфабрикатов из арбузных семян и фасоли / Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: Сборник статей и докладов 14-ой научно-практической конференции с международным участием / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова - Барнаул, 2011.

УДК 579.6; 573.6; 504.064.45

**ВЛИЯНИЕ МОЧЕВИНЫ НА ГЕНЕРАЦИЮ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ШТАММОМ *MICROCOCCUS LUTEUS 1*
И В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Посёлкина А.О.*

студент, alexposelkina@mail.ru

Приходько Т.С.*

студент, tatianaprihodko97@yandex.ru

Чеснокова А.Н.*

к.х.н., доцент, belweder@yandex.ru

Жданова Г. О.**

научный сотрудник, zhdanova86@ya.ru

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

**Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

АННОТАЦИЯ: В данной работе представлены результаты исследования влияния мочевины на электрогенерацию (напряжение, сила тока, удельная мощность) микробного топливного элемента на основе штамма *Micrococcus luteus 1-и* при использовании бактерией глюкозы в качестве источника углерода и энергии.

Ключевые слова: генерирование электрического тока, микробные топливные элементы, штамм *Micrococcus luteus 1-и*, мочевина.

**THE EFFECT OF UREA ON THE GENERATION OF ELECTRIC
CURRENT STRAIN *MICROCOCCUS LUTEUS 1-1* IN MICROBIAL
FUEL CELLS**

Poselkina A. O.*

Student, alexposelkina@mail.ru

Prihodko T.S.*

Student, tatianaprihodko97@yandex.ru

Chesnokova A. N.*

Cand.Sci.(Chem), Associate Professor, belweder@yandex.ru

Zhdanova G. O.**

Researcher, zhdanova86@ya.ru

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

**Irkutsk State University
664003, Irkutsk, Karl Marx st., 1

ABSTRACT: This paper presents the results of a study of the effect of urea on the power generation (voltage, current, specific power) of a microbial

fuel cell based on the *Micrococcus luteus* 1-i strain when the bacteria use glucose as a source of carbon and energy.

Keywords: electric current generation, microbial fuel cell, *Micrococcus luteus* 1-u strain, urea.

Микробные топливные элементы (МТЭ) представляют собой одну из перспективных технологий, позволяющих с помощью микроорганизмов обезвреживать загрязнители, утилизировать отходы, и получать в этих процессах электроэнергию [1,2]. Мочевина является доступным и относительно недорогим источником азота, широко используемым в сельском хозяйстве и промышленности. Однако, ее избыточное попадание в окружающую среду, например, в составе сточных вод, приводит к экологическим проблемам, включая эвтрофикацию водоемов. Поэтому изучение возможности утилизации мочевины в МТЭ приобретает особую актуальность [3,4].

Целью данной работы было исследование влияния мочевины на генерацию электрического тока в МТЭ штаммом *Micrococcus luteus* 1-u при использовании им глюкозы в качестве источника углерода и энергии.

Для проведения эксперимента применяли МТЭ, изготовленные из оргстекла. Каждая ячейка МТЭ разделена на две камеры (анодную и катодную) с помощью протонообменной мембраны МФ-4СК. В качестве электродов использовали углеродную ткань «Урал Т22Р» [5]. В данном исследовании в качестве биоагента выступал штамм *M. luteus* 1-u, выделенный из активного ила очистных сооружений ОАО «Ангарский нефтехимический комбинат» (группа «Роснефть»). Выделенный штамм представлял собой грамположительные кокки. Перед опытом культивирование используемого в данной работе штамма микроорганизмов проводилось на скошенном рыбно-пептонном агаре в течение 1 суток при температуре 30 °С [6].

В стерильных условиях в анодные камеры ячеек помещали модельную сточную воду (состав компонентов на 1 л дистиллированной воды: углекислый натрий – 0,05 г/л, натрий уксуснокислый 3-водный – 0,05 г/л, калий фосфорнокислый 1-замещенный – 0,025 г/л, диаммонийфосфат – 0,025 г/л, кальция хлорид – 0,007 г/л, магний сернокислый 7-водный – 0,005 г/л), добавляли навески глюкозы (5 г/л) и мочевины (0,15; 0,25; 0,5 г/л), а также суспензию микроорганизмов (3 мл). Катодные камеры были заполнены отстоянной водопроводной водой. В обе камеры размещали электроды, после чего камеры закупоривали при помощи специальных резиновых крышек. На протяжении всего опыта в анодных камерах поддерживали анаэробные условия, а в катодных камерах дополнительные отверстия позволяли создавать аэробные условия.

После установки МТЭ в течение 15 суток проводили измерения их электрических параметров (напряжения и силы тока) с помощью мультиметров DT-266 (КНР) и магазина сопротивления (ПрофКиП Р33). На основе

полученных данных была рассчитана удельная мощность МТЭ.

Наибольшие значения электрических показателей были зафиксированы на 8-й день измерений: напряжение разомкнутой цепи составило 402 мВ, сила тока короткого замыкания – 442 мкА. Максимальное значение удельной мощности достигло 54,3 мВт/м².

Сравнение полученных в данном эксперименте значений электрических показателей с результатами контрольного опыта в аналогичных условиях, но без добавления мочевины в анодную камеру показывает, что мочевина в концентрации 0,5 г/л увеличивает электрическую мощность МТЭ в 2,5 раза.

Увеличение выработки электроэнергии штаммом *Micrococcus luteus 1-I* в МТЭ при добавлении мочевины указывает на возможность применения таких систем для одновременной выработки электроэнергии и очистки сточных вод, загрязненных мочевиной.

Работа выполнена в рамках темы № 121032900077-4 «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири».

Библиографический список:

1. Дубовец, Д.П. Микробный топливный элемент как альтернативный источник энергии / Д.П. Дубовец // Проблемы науки. – 2018. №7(31). – С. 28.
2. Жигула, Е.А. Перспективы и направления развития технологии микробных топливных элементов и спектр их применения для решения глобальных экологических проблем / Е.А. Жигула // Вологдинские чтения. – 2012. – №80. – С. 303.
3. Ягов Г. В. Практические вопросы обеспечения технологического контроля соединений азота в сточных водах // Вода Magazine. – 2017. – №. 9. – С. 20-23.
4. Wang LuGuang, W. L., Xie BeiZhen, X. B., Gao NingShengJie, G. N., Min BooKi, M. B., & Liu Hong, L. H. Urea removal coupled with enhanced electricity generation in single-chambered microbial fuel cells. – 2017.
5. Пат. 153691 Российская Федерация, МПК С12М 1/00(2006.01), С12N 13/00. Микробный биотопливный элемент / Е.Ю. Коновалова, Д.И. Стом, В.А. Быбин, А.Л. Пономарева, Г.О. Жданова, М. Ю. Толстой; № 2014153142/10; заявл. 05.07.2016; опубл. 18.01.2017 Бюл. № 2.
6. Kuznetsov, A. V., Khorina, N. N., Konovalova, E. Y., Amsheev, D. Y., Ponomareva, O. N., & Stom, D. I. Bioelectrochemical processes of oxidation of dicarboxylic amino acids by strain *Micrococcus luteus 1-I* in a biofuel cell // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 808. – №. 1. – С. 012038.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭТЕРИФИКАЦИ ПОЛИСАХАРИДОВ ШЕЛУХИ СОИ

Амракулова А.А.

студентка

Ахматгалиева К.И.

студентка

Евстафьев С.Н.

д.х.н, профессор, esn@istu.edu

Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты исследования влияния температуры и продолжительности процесса этерификации на содержание свободных и этерифицированных карбоксильных групп в модифицированной соевой шелухе. Этерификация выполнена лимонной кислотой без использования растворителя при атмосферном давлении в интервале 100–170 °С и продолжительности от 30 до 180 минут. Установлено, что увеличение температуры и продолжительности процесса этерификации приводит к повышению общего содержания карбоксильных групп и снижению содержания свободных карбоксильных групп. Полная сшивка в условиях эксперимента не была достигнута. Однако был получен вариант с одной свободной карбоксильной группой при температуре 155 °С и продолжительности 60 минут.

Ключевые слова: шелуха сои, этерификация, лимонная кислота.

HIGH-TEMPERATURE ESTERIFICATION OF SOYBEAN HUSK POLYSACCHARIDES

Amrakulova A.A.

student

Achmatgalieva K.I.

student

Evstaf'ev S.N.

Dr. Sci. (Chemistry) , professor, esn@istu.edu

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT. The article presents the results of the study of the effect of temperature and duration of the esterification process on the content of free and esterified carboxyl groups in modified soybean husk. Esterification was performed with citric acid without using a solvent at atmospheric pressure in the range of 100–170 °C and for a duration of 30 to 180 minutes. It was found that an increase in the temperature and duration of the esterification process led to an in-

crease in the total content of carboxyl groups and a decrease in the content of free carboxyl groups. Complete crosslinking under the experimental conditions was not achieved. However, a variant with one free carboxyl group was obtained at a temperature of 155 °C and a duration of 60 minutes.

Keywords: soybean husk, esterification, citric acid.

В настоящее время в связи с поиском решения глобальной экологической проблемы растет количество научных разработок по созданию биоразлагаемых материалов [1]. Одно из направлений получения биокomпозитов предполагает проведение химической модификации используемых компонентов, с целью улучшения их исходных свойств и увеличения совместимости между ними. Одним из способов модификации является получение эфиров полисахаридов и поликарбоновых кислот. Благодаря этерификации, получаемый материал приобретает гидрофобные свойства, которые позволяют увеличить устойчивость материала к влаге и улучшить механические характеристики [2-4].

Преобладающая часть исследований выполнена с чистой целлюлозой. При этом был получен материал, пригодный для использования в качестве биопластмассы, гидрогеля, загустителя, армирующего наполнителя и т.д. [2] Кроме того, удалось придать полученному материалу гидрофобные свойства и добиться большей совместимости с полимерами [3].

Для получения сложных эфиров целлюлозы использовали различные способы этерификации, в том числе с применением поликарбоновых кислот в среде растворителя [3,5]. Известны также работы по созданию биоразлагаемых полимеров на основе алифатических и ароматических дикарбоновых кислот, а также алифатических дигидроксисоединений с использованием реакции этерификации [6].

Эффективность процесса этерификации оценивают по показателю «степень сшивки», который определяют, как отношение содержания свободных карбоксильных групп (СКГ) к общему содержанию свободных и этерифицированных карбоксильных групп (ОКГ). Чем меньшее значение этого соотношения, тем эффективнее проходит процесс сшивки и тем меньше СКГ присутствует в получаемом модифицированном материале. Для лимонной кислоты при значении этого соотношения равном 0 СКГ отсутствуют, т.е. происходит полная сшивка. При значении соотношения больше 0,67 сшивка отсутствует. В интервале значений от 0 до 0,33 в среднем имеется до одной свободной COOH-группы [5].

Информация об использовании процесса этерификации поликарбоновыми кислотами лигноцеллюлозных материалов, в том числе шелухи сои, в литературных источниках отсутствует.

Целью работы являлось исследование влияния параметров процесса этерификации на степень сшивки полисахаридов соевой шелухи.

Объектом исследования являлись образцы шелухи сои Иркутского масложиркомбината крупностью менее 1 мм. Компонентный состав исходной шелухи (образец 1), % а.с.м.: целлюлоза – 43,7, лигнин – 3,1. Компонентный состав шелухи без белка и жиров (образец 2), % а.с.м.: целлюлоза – 49,6, лигнин – 4,2. Белки и жиры удаляли обработкой шелухи в щелочном растворе (рН=10) при 60 °С в течение 60 мин.

Для проведения этерификации использовали лимонную кислоту.

Для этерификации смесь шелухи сои и лимонной кислоты в соотношении 1:1 по массе помещали в стеклянный бюкс и нагревали при температуре опыта в течение выбранного времени реакции (30, 60, 120 и 180 мин) при периодическом перемешивании. Эксперимент при использовании лимонной кислоты проводили при температурах в интервале 100-170 °С без использования растворителя. После охлаждения реакционную смесь промывали на фильтре ацетоном. Из фильтрата вакуумной перегонкой удаляли растворитель и получали биомасло в виде коричневой вязкой жидкости. Твердый остаток (модифицированная шелуха) на фильтре промывали дистиллированной водой до нейтральной среды в фильтрате и сушили при 70 °С до постоянной массы.

Общее содержание карбоксильных групп и содержание свободных карбоксильных групп в модифицированной шелухе определяли по методикам, описанным в работе [5].

Согласно полученным данным, образец 1 содержит карбоксильные группы как в свободной форме, так и в этерифицированной – в составе сложных эфиров (рисунок 1а). На долю СКГ приходится около 60% от общего содержания карбоксильных групп. После щелочной обработки в шелухе (рисунок 1б) наблюдается снижение содержания ОКГ практически в 2 раза, прежде всего, вероятно, за счет удаления свободных карбоновых кислот, присутствующих в составе экстрактивных веществ [7].

Динамика изменения содержания карбоксильных групп свидетельствует о протекании процесса этерификации при температурах ниже температуры плавления лимонной кислоты (152 °С). Так, при температуре 110 °С для образца 1 и 2 наблюдается повышение содержания ОКГ в 5 и 10 раз соответственно. При повышении температуры изменения содержания ОКГ слабо выражены. Процесс этерификации сопровождается снижением содержания СКГ и, как следствие, понижением значения соотношения СКГ/ОКГ.

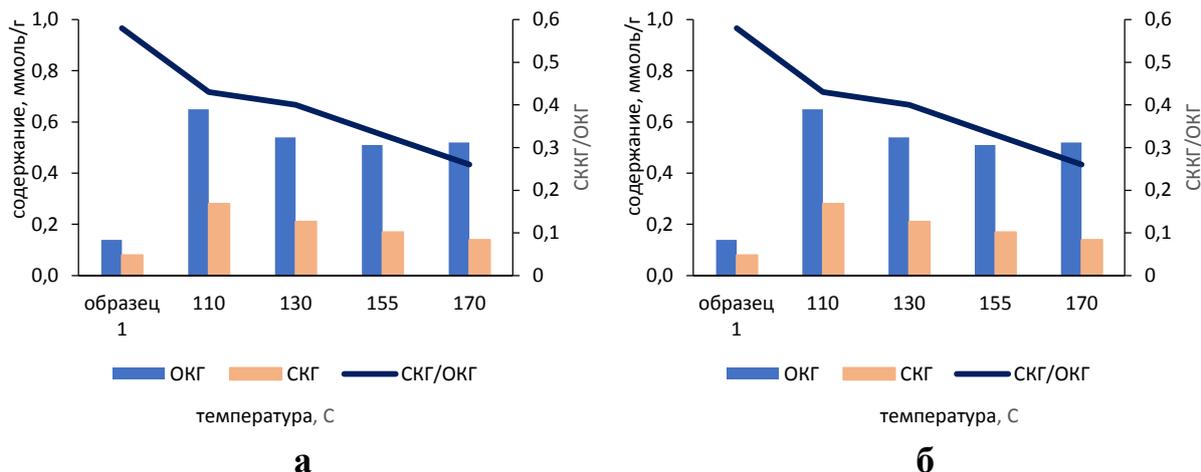


Рисунок 1. Влияние температуры этерификации на содержания карбоксильных групп в модифицированной шелухе (а) и модифицированной шелухе, не содержащей белки (б)

Продолжительность этерификации 60 мин

Увеличение продолжительности этерификации также положительно сказывается на снижении соотношения СКГ/ОКГ (рисунок 2).

Согласно полученным данным, в условиях реакции этерификации процесс сшивки целлюлозы соевой шелухи протекает как при повышении температуры, так и продолжительности реакции. Полной сшивки в условиях эксперимента добиться не удалось. Однако при температуре выше 155 °C и продолжительности 60 мин удалось получить вариант с одной свободной карбоксильной группой.

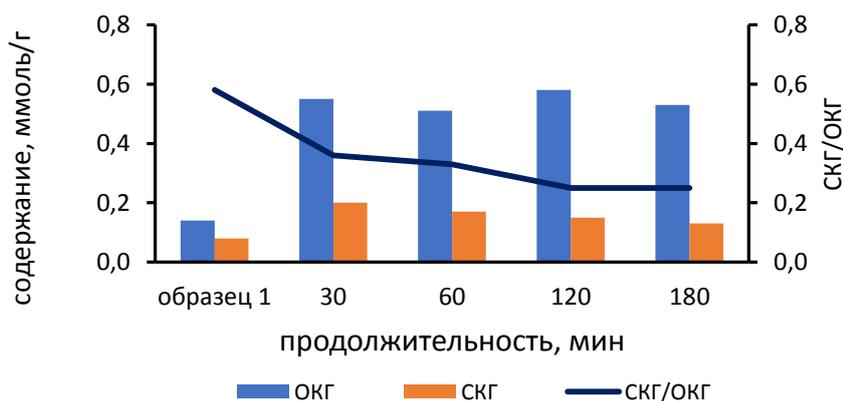


Рисунок 2. Влияние продолжительности этерификации на содержания карбоксильных групп в модифицированной шелухе при температуре этерификации 155 °C

Таким образом, в результате проведенного исследования показана возможность регулирования степени сшивки между целлюлозными цепями соевой шелухи путем изменения параметров процесса этерификации.

Библиографический список

1. Потороко И.Ю. Разработка технологии формованной биоразлагаемой экопосуды на основе вторичных ресурсов зерномучного производства / И. Ю. Потороко, Н. В. Науменко, А. В. Малинин [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 62-71. – DOI 10.14529/food210307. – EDN ISCCGE.

2. Гавриленко, Г. А. Получение сложных эфиров целлюлозы с лимонной кислотой / Г. А. Гавриленко, Е. В. Курочкина, А. В. Протопопов // Перспективы и риски инновационной пищевой и химической промышленности: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 19 мая 2022 года. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. – С. 33-36. – EDN GRJFRS.

3. Xinnan Cui, Toshiki Honda, Taka-Aki Asoh, Hiroshi Uyama, Cellulose modified by citric acid reinforced polypropylene resin as fillers, Carbohydrate Polymers, Vol. 230, 2020, 115662, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115662>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486171931330X>)

4. Нармамедова Р. Ш., Дурдыева С. Г., Аманова О. Г. ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПОЛИМЕРА ИЗ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА // Вестник науки. 2024. №11 (80). <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-biorazlagaemogo-polimera-iz-kartofelnogo-krahmala>

5. Otal, Eugenio H., Manuela L. Kim, Juan P. Hinestroza, and Mutsumi Kimura. 2021. "A Solid-State Pathway towards the Tunable Carboxylation of Cellulosic Fabrics: Controlling the Surface's Acidity" Membranes 11, no. 7: 514. <https://doi.org/10.3390/membranes11070514>

6. Патент № 2718924 С1 Российская Федерация, МПК С08G 63/16, С08G 63/183, С08G 63/672. способ получения биоразлагаемых полимеров : № 2018142369 : заявл. 30.05.2016 : опубл. 15.04.2020 / М. Х. Альфонсо Алегре, П. Сагалас Ласьерра, М. А. Кабальеро Лопес ; заявитель СОСЪЕДАД АНОНИМА МИНЕРА КАТАЛАНО АРАГОНЕСА. – EDN ХВКWMD.

7. Ахматгалиева К.И. Экстрактивные вещества соевой шелухи / К. И. Ахматгалиева, А. А. Амракулова, Н. П. Тигунцева, С. Н. Евстафьев // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг : Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 25–26 апреля 2024 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2024. – С. 58-62. – EDN OXNRNG. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66326326>

УДК 661.728

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СОЕВОЙ ШЕЛУХИ И ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Ахматгалиева К.И.

студентка

Амракулова А.А.

студентка

Евстафьев С.Н.

д.х.н, профессор, esn@istu.edu

Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты изучения влияния добавки поливинилового спирта на прочностные характеристики композитного материала на основе соевой шелухи. Композиты получены в виде дисков методом горячего прессования смеси соевой шелухи, поливинилового спирта, лимонной кислоты и пластификатора. Анализ прочностных характеристик образцов с различным содержанием поливинилового спирта показал, что увеличение содержания синтетического полимера до 30% приводит к повышению предела прочности на изгиб. Зависимость модуля упругости от содержания поливинилового спирта в композите имеет нелинейный характер. Тем не менее, полученные значения позволяют предположить снижение жесткости дисков с повышением в них доли поливинилового спирта. Для образца с 30% содержанием поливинилового спирта были установлены максимальные значения напряжения и модуля упругости при изгибе.

Ключевые слова: соевая шелуха, поливиниловый спирт, композитный материал, модуль упругости, предел прочности.

PREPARATION OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON SOY HUSK AND POLYVINYL ALCOHOL

Achmatgalieva K.I.

student

Amrakulova A.A.

student

Evstafiev S.N.

Dr. Sci. (Chemistry), professor, esn@istu.edu

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT. The results of studying the effect of the addition of polyvinyl alcohol on the strength characteristics of a composite material based on soy husk are presented. The composites were obtained in the form of discs by hot

pressing a mixture of soy husk, polyvinyl alcohol, citric acid and plasticizer. An analysis of the strength characteristics of samples with different contents of polyvinyl alcohol showed that an increase in the content of synthetic polymer to 30% leads to an increase in the bending strength limit. The dependence of the modulus of elasticity on the content of polyvinyl alcohol in the composite is nonlinear. Nevertheless, the obtained values suggest a decrease in the hardness of the discs with an increase in the proportion of polyvinyl alcohol in them. For a sample with 30% polyvinyl alcohol content, the maximum values of stress and modulus of elasticity during bending were determined.

Keywords: soybean husk, polyvinyl alcohol, composite material, modulus of elasticity, tensile strength.

По данным статистики в 2023 году в России образовалось около 49,9 млн. тонн твердых коммунальных отходов. В их составе на долю полимерных изделий приходится около 10-25%, лишь 12% из которых подвергается переработке [1,2]. Основная часть вывозится на полигоны, другая подвергается утилизации, что способствует сокращению скоплений отходов, но дает незначительный эффект в плане экологической обстановки. Как известно, большинство синтетических полимеров производятся из нефтепродуктов и почти не поддаются биологическому разложению в окружающей среде, что является серьезной экономической и экологической проблемой. Одним из способов решения данной проблемы является частичная замена традиционных синтетических полимеров биоразлагаемыми материалами, способными биodeградировать под действием внешних факторов [3,4].

На сегодня сформировалось два основных направления в создании биоразлагаемых материалов. Первое связано с созданием новых полимеров, обладающих свойствами биоразлагаемости. Недостатками таких материалов, препятствующими их массовому распространению, являются высокая стоимость и характеристики, уступающие традиционным полимерам. Второе направление – это создание композиционных материалов, которые могут быть получены смешиванием двух синтетических полимеров, либо природного полимера с синтетическим. Преимуществом последнего направления является снижение стоимости биопластиков за счет совмещения дорогостоящей биоразлагаемой синтетической матрицы и дешевых наполнителей [5].

Одним из перспективных синтетических полимеров для производства биокomпозитов считается поливиниловый спирт (ПВС), который является растворимым в воде и способным к биоразложению. Он дешевле биоразлагаемых полимеров, но дороже распространенных полиолефинов, поэтому актуальным является использование его в смеси с дешевыми наполнителями [6]. В качестве наполнителя могут быть использованы

сельскохозяйственные отходы, в том числе соевая шелуха, являющаяся вторичным продуктом переработки соевых бобов. В имеющихся работах в области получения биоразлагаемых композитных материалов, чаще всего содержание наполнителя не превышает содержание синтетического полимера и составляет не более 50%. Для композитов, полимерной матрицей которых является ПВХ, с экономической точки зрения выгодно, чтобы содержание биоразлагаемого наполнителя составляло более 30% [7]. Поэтому перспективным является получение высоконаполненных композитных материалов, в которых доля наполнителя превышала бы 50%. В настоящее время уже ведутся исследования в данной области, однако еще не было представлено работ, или их очень мало, где в качестве наполнителя используется соевая шелуха.

Целью работы являлось изучение влияния поливинилового спирта на прочностные характеристики композита на основе соевой шелухи.

Объектом исследования являлись композитные материалы, полученные в процессе горячего прессования смеси соевой шелухи, пластификатора, лимонной кислоты и ПВХ. Компонентный состав шелухи, % а.с.м.: целлюлоза - 43,2; лигнин - 3,1; белки - 9-10 %. Содержание экстрактивных веществ - 8,1%, золы - 5,0%.

Композитные материалы получали в виде дисков методом горячего прессования с использованием гидравлического пресса. К растворенному в дистиллированной воде ПВХ (10, 30, 50%) добавляли соевую шелуху, а также лимонную кислоту и пластификатор в количестве по 10% от суммы ПВХ и соевой шелухи. Полученную смесь, при энергичном перемешивании нагревали на водяной бане и выдерживали при температуре 95 °С до полного растворения ПВХ и лимонной кислоты. Перед прессованием смесь выдерживали в вакуумном шкафу в течение 2 часов при 70 °С, а затем в сушильном шкафу в течении 3 часов при 105 °С. Полученную смесь загружали в предварительно нагретую пресс-форму. Режимы прессования: температура 190 °С; давление 30 МПа; продолжительность 20 мин. Выдержка диска в пресс-форме после сброса давления 5 мин.

Испытание дисков на изгиб в трех точках проводили с помощью универсальной испытательной машины AGS-X Shimadzu. Скорость нагружения 1 мм/мин. Толщину дисков измеряли с помощью механического микрометра TOPEX 31с629.

Для исследования были приготовлены композиты в виде дисков диаметром 50 мм и толщиной 3-3,5 мм с различным содержанием полимерной матрицы (10, 30 и 50 мас. %). В целях улучшения механических свойств композитов при их получении проводили этерификацию лимонной кислотой. Лимонная кислота является трикарбоновой кислотой, карбоксильные группы которой могут реагировать с гидроксильными группами полисахаридов шелухи и ПВХ. Это взаимодействие сопровождается

образованием поперечных сложноэфирных связей между компонентами композита, что приводит к повышению его прочности и, возможно, гидрофобности. Термические условия при получении дисков в пресс-форме способствуют реакции этерификации, которая протекает в расплаве лимонной кислоты и ПВС.

Анализ прочностных характеристик образцов с различным содержанием ПВС (таблица), показал, что увеличение содержания ПВС до 30% приводит к повышению предела прочности на изгиб.

Таблица

Зависимость прочностных характеристик дисков от содержания ПВС

Содержание ПВС, %	Максимальное напряжение (МПа)	Модуль упругости при изгибе (ГПа)	Деформация изгиба, %
0	11,82	2,67	1,42
10	12,25	1,78	2,02
30	16,88	2,35	2,38
50	10,29	0,91	3,66

Для образца, содержащего 30% ПВС, было установлено максимальное значение предела прочности на изгиб, которое составило 16,88 МПа. При дальнейшем увеличении содержания ПВС в композите наблюдается резкое снижение предела прочности на изгиб.

Зависимость модуля упругости от содержания ПВС в композите имеет нелинейный характер. Тем не менее, полученные значения позволяют предположить снижение жесткости дисков с повышением в них доли ПВС. Это наиболее наглядно проявляется для образца с содержанием ПВС 50%, для которого снижение жесткости материала диска обеспечило увеличение деформации изгиба в 2,5 раза по сравнению с диском без ПВС.

В результате проведенного исследования показана возможность получения высоконаполненного композитного материала на основе соевой шелухи с добавкой поливинилового спирта. Для образца с 30% содержанием ПВС были установлены максимальные значения напряжения и модуля упругости при изгибе, которые составили 16,88 МПа и 2,35 ГПа, соответственно. Значения предела прочности на изгиб и модуля упругости для всех исследованных образцов лежат в пределах допустимых для материала, используемого для биоразлагаемой посуды.

Библиографический список:

1. В России продолжает увеличиваться объем мусора и объем его переработки // РБК URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/15057/> (дата обращения: 26.06.2025).

2. Анализ рынка // Айтиллект URL: <https://itillect.ru/assets/pdf/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0.pdf> (дата обращения: 26.06.2025).

3. Хайрулина С. Н., Валеева С. А., Курамшина Н. Г. Проблемы биоразлагаемых пластиков// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №5-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-biorazlagaemyh-plastikov> (дата обращения: 26.03.2025).

4. Потороко И. Ю., Науменко Н. В., Малинин А. В., Цатуров А. В., Кади Аммар Мохаммад Яхья, Никонов А. В. Разработка технологии формованной биоразлагаемой экопосуды на основе вторичных ресурсов зерномучного производства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-formovannoy-biorazlagaemoy-ekoposudy-na-osnove-vtorichnyh-resursov-zernomuchnogo-proizvodstva> (дата обращения: 26.03.2025).

5. Попов А. А. Особенности структуры и биодegradация композиционных материалов на основе полиэтилена низкой плотности и растительных наполнителей: дис. д-р. хим. наук: 02.00.06. - М., 2013. - 116 с.

6. Студеникина Л. Н., Домарева С. Ю., Голенских Ю. Е., Матвеева А. В. Особенности высоконаполненных композитов на основе различных марок поливинилового спирта // Вестник ВГУИТ. 2021. №1 (87). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vysokonaplnennyh-kompozitov-na-osnove-razlichnyh-marok-polivinilovogo-spirta> (дата обращения: 26.03.2025).

7. Патент № 2804881 С1 Российская Федерация, МПК С08L 29/04, С08К 5/05, С08К 7/02. Компостируемый полимерный композит с регулируемым сроком службы: № 2022118613: заявл. 07.07.2022: опубл. 09.10.2023 / Л. Н. Студеникина, В. И. Корчагин, С. Ю. Домарева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный университет инженерных технологий". – EDN ХВСТГУ.

УДК 662.73

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТРИЭТИЛАМИН ГИДРОХЛОРИДА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ

Шашкина С.С.

аспирант, chiffa19@mail.ru

Евстафьев С.Н.

д.х.н., профессор, esn@istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: Показана эффективность воздействия глубокого эвтектического растворителя на основе триэтиламин гидрохлорида при термообработке соломы пшеницы в интервале температур 80 – 110 °С. Установлено, что степень делигнификации в условиях эксперимента повышается с 67,9 до 94,5 %. Помимо этого, интенсивно протекает процесс гидролиза гемицеллюлоз.

Ключевые слова: глубокий эвтектический растворитель, триэтиламин гидрохлорид, солома пшеницы, делигнификация.

APPLICATION OF TRIETHYLAMINE HYDROCHLORIDE-BASED DEEP EUTECTIC SOLVENT FOR WHEAT STRAW PRETREATMENT

Shashkina S.S.

Post-graduate student, chiffa19@mail.ru

Evstaf'ev S.N.

Dr. Sci. (Chemistry), Professor esn@istu.edu

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

Abstract: The efficiency of trimethylamine hydrochloride-based deep eutectic solvent during heat treatment of wheat straw in the temperature range 80 – 110 °C was shown. It was determined that the degree of delignification under the experimental conditions increases from 67,9 to 94,5 %. In addition, the hydrolysis of hemicellulose proceeds intensively.

Keywords: deep eutectic solvent, triethylamine hydrochloride, wheat straw, delignification.

Отходы агропромышленного комплекса представляют собой перспективное альтернативное сырье для получения ценных продуктов. Извлечение лигнина на стадии предварительной обработки позволит оптимизировать и упростить процессы переработки углеводной части биомассы. Применение относительно нового класса – глубоких эвтектических растворителей (DES) – позволяет эффективно и в относительно мягких усло-

виях осуществить делигнификацию различных типов лигноцеллюлозного сырья и отходов. Известно, что применение DES, в составе которого присутствует кислота (донор), позволяет повысить уровень извлечения лигнина [1,2]. В качестве акцептора, как правило, используют хлорид холина. Применение DES с другими акцепторами сравнительно мало изучено.

Таким образом, целью работы являлось исследование эффективности глубокого эвтектического растворителя на основе триэтиламин гидрохлорида при термообработке соломы пшеницы.

Объект исследования – солома пшеницы. Компонентный состав, % на абсолютно сухую массу (% а.с.м.): целлюлоза 49,3; гемицеллюлоза 21,3; лигнин 18,7. Для получения глубокого эвтектического растворителя триэтиламин гидрохлорид и щавелевую кислоту в молярном соотношении 1:1 выдерживали при температуре 80 °С и постоянном перемешивании в течение 5 ч. Обработку соломы в среде DES осуществляли в следующих условиях: гидромодуль 1:20, температура 80, 90, 100 и 110 °С, продолжительность 3 ч. По окончании обработки, смесь центрифугировали для разделения твердых и жидких продуктов. Последовательное фракционирование позволило выделить из твердых продуктов фракции технической целлюлозы (ТЦ), гемицеллюлоз и лигнина. Компонентный состав исходной соломы и полученных фракций ТЦ определяли согласно стандартным методикам [3]. На основании полученных данных были рассчитаны степень гидролиза целлюлозы, гемицеллюлоз и степень делигнификации.

Установлено, что степень делигнификации соломы при термообработке в среде DES в исследуемом интервале температур увеличивается. При температуре 80 °С из соломы было извлечено ~68 % исходного лигнина. Повышение температуры обработки до 110 °С позволяет практически полностью удалить лигнин из ТЦ – степень делигнификации составляет 94,5 %. При этом, в условиях эксперимента также отмечается протекание процесса гидролиза углеводной части биомассы соломы. В интервале 80-90 °С степень гидролиза гемицеллюлоз ~ 80 %. При последующем повышении температуры она увеличивается до 95 %. Целлюлоза подвергается растворению в меньшей степени: при 80 °С - около 7 %. Максимальная степень гидролиза целлюлозы составила 26,7 % при температуре 110 °С.

Показано, что предварительная обработка соломы в среде DES на основе триэтиламин гидрохлорида позволяет эффективно извлекать лигнин, повышая доступность целлюлозы к последующей переработке. В исследуемом интервале температур, помимо делигнификации, также интенсивно протекает гидролиз гемицеллюлоз.

Библиографический список:

1. Lou R., Zhang X. Evaluation of pretreatment effect on lignin extraction from wheat straw by deep eutectic solvent // *Bioresource Technology*. 344. 2022. 126174. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.126174.

2. Ma H., Fu P. Zhao J., Lin X., Wu W., Yu Z., Xia C., Wang Q., Gao M., Zhou J. Pretreatment of Wheat Straw Lignocelluloses by Deep Eutectic Solvent for Lignin Extraction // *Molecules*. 22. 2022. 7955. DOI: 10.3390/molecules272279552.

3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие для вузов. М., 1991. 320 с.

УДК 544.6.018.47;573.6

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЦИДОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ
В КАЧЕСТВЕ КАТОДНОГО БИОАГЕНТА**

Коваль Е.Т.*

студент, koval.11za@yandex.ru

Нечаева А.Н.*

студент, cristalx555x@rambler.ru

Чеснокова А.Н.*

к.х.н., доцент, chesnokova@istu.edu

Жданова Г.О.**

научный сотрудник, zhdanova86@ya.ru

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

**Байкальский музей СО РАН
664520, п. Листвянка, ул. Академическая, 1

АННОТАЦИЯ: В работе представлены результаты исследования влияния твина-80 (неионогенное ПАВ) и цетилтриметиламмония бромида (катионоактивное ПАВ) на работу микробного топливного элемента (МТЭ) с использованием ацидофильных бактерий *Leptospirillum sp.*, *Acidithiobacillus sp.*, *Ferroplasma sp.* в качестве катодных биоагентов и ионообменных мембран на основе сшитого поливинилового спирта (ПВС).

Ключевые слова: микробный топливный элемент, ацидофильные бактерии, ионообменная мембрана, цеолит ZSM-5, твин-80, цетилтриметиламмония бромид.

**STUDY OF THE INFLUENCE OF SURFACTANTS ON
ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MICROBIAL FUEL
CELLS USING ACIDOPHILIC BACTERIA AS CATHODE BIOAGENT**

Koval E.T.*

Student, koval.11za@yandex.ru

Nechaeva A.N.*

Student, cristalx555x@rambler.ru

Chesnokova A.N.*

Cand.Sci.(Chem), Associate Professor, chesnokova@istu.edu

Zhdanova G.O.**

Researcher, zhdanova86@ya.ru

*Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontov, 83

**Baikal Museum SB RAS,

664520, Listvyanka, Academicheskaya St., 1

ABSTRACT. The paper presents the results of the study of the influence of tween-80 (non-ionogenic surfactant) and cetyltrimethylammonium bromide (cationic surfactant) on the operation of microbial fuel cell (MFC) using acidophilic bacteria *Leptospirillum sp.*, *Acidithiobacillus sp.*, *Ferropasma sp.* as cathode bioagents and ion exchange membranes based on crosslinked polyvinyl alcohol (PVA).

Keywords. Microbial fuel cell, acidophilic bacteria, ion exchange membrane, zeolite ZSM-5, tween-80, cetyltrimethylammonium bromide.

С ростом мирового населения увеличивается потребность в энергии. Традиционные источники, такие как нефть, газ, уголь и ядерные материалы, вызывают беспокойство из-за истощения ресурсов, загрязнения, проблем безопасности и изменения климата [1].

При этом растет интерес к новым методам получения энергии, в том числе к более широкому использованию возобновляемых источников энергии. Рассматриваются новые схемы преобразования энергии, подразумевающие любые методы получения чистой энергии, не вызывающие загрязнения окружающей среды [2].

Микробные топливные элементы (МТЭ) – это перспективная технология, преобразующая органические вещества в электроэнергию с помощью микроорганизмов. Использование МТЭ в сочетании с процессом биовыщелачивания представляет собой перспективный метод для эффективного очищения сточных вод и производства энергии [3].

Целью настоящей работы является изучение влияния ПАВ на электрохимические характеристики МТЭ, сконструированных с применением протонпроводящей мембраны на основе сшитого поливинилового спирта, при использовании в качестве катодного биоагента ацидофильных бактерий [4].

Для эксперимента использовали двухкамерные МТЭ из оргстекла [5], разделенные между собой ионообменной мембраной. В качестве сравнительного образца использовали МТЭ с промышленной перфториро-

ванной мембраной МФ-4СК (ООО Пластполимер, Россия). Эксперимент проводили в течение 12 суток.

Анодным биоагентом в работе являлся коммерческий комплексный микробиологический препарат «Доктор Робик 109» (ООО «ВИПЭКО», Россия), анолитом - модельная сточная вода (Na_2CO_3 50,0 мг/л; KH_2PO_4 25,0 мг/л; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 25,0 мг/л; CaCl_2 7,5 мг/л; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ 5,0 мг/л, пептон 500 мг/л). Катодным биоагентом выступала смешанная культура ацидофильных железоокисляющих бактерий *Leptospirillum* sp., *Acidithiobacillus* sp., *Ferroplasma* sp., католитом для которой служила среда 9К ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 750 мг/л; KCl 50 мг/л; $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ 120 мг/л; K_2HPO_4 120 мг/л, $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ 45 г/л).

Измерение вольт-амперных характеристик выполняли мультиметрами DT-266 (КНР). Статистическую обработку осуществляли в программе Microsoft Excel. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза $P=0,95$.

В МТЭ с добавлением твина-80 в концентрациях 10; 0,1; 0,01 мл/л в катодную камеру вместе с ацидофильными бактериями, напряжение в режиме холостого хода в течение 12 сут возрастало до 138 мВ. При этом сила тока короткого замыкания увеличивалась до 317 мкА. В МТЭ добавлением цетилтриметиламмония бромида в концентрации 0,5 г/л, 0,1 г/л, 0,01 г/л в катод вместе с ацидофильными бактериями напряжение в режиме холостого хода, в течение 12 сут. возрастало до 244 мВ. При этом сила тока короткого замыкания увеличивалась до 351 мкА. В контрольных МТЭ без добавления твин-80 и цетилтриметиламмония бромида эти показатели были ниже 85 мВ и 110 мкА, соответственно. МТЭ с новыми протонпроводящими мембранами ПВС-СЯК-ZSM-5 показывали характеристики, схожие с промышленными мембранами МФ-4СК.

По полученным данным можно сделать вывод, что добавление твина-80 в концентрациях 10; 0,1; 0,01 мл/л и цетилтриметиламмония бромида в концентрации 0,5; 0,1 и 0,01 г/л и использование ацидофильных бактерий в качестве катодного биоагента оказывает значительное влияние на работу МТЭ с предлагаемыми нами протонпроводящими мембранами ПВС-СЯК-ZSM-5.

Авторы благодарят к.б.н., зав. лабораторией хемолитотрофных микроорганизмов ФИЦ биотехнологии РАН Булаева А.Г. за культуру ацидофильных хемолитотрофных бактерий. Работа выполнена в рамках темы № 121032900077-4 «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири».

Библиографический список:

1. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества [Электронный ресурс]. – 2025. – URL:

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm> (дата обращения 31.03.2025)

2. Жигула Е.А. Перспективы и направления развития технологии микробных топливных элементов и спектр их применения для решения глобальных экологических проблем / Е.А. Жигула // Техносферная безопасность. – 2012.

3. Калюжный С. В. Микробные топливные элементы / С. В. Калюжный, В. В. Федорович // Химия и жизнь. – 2007. – №5. – С. 36-39.

4. Усманов Р.Т., Чеснокова А.Н., Закарчевский С.А., Жамсаранжапова Т.Д. Синтез и исследование протонообменных мембран для твердополимерных топливных элементов / Р.Т. Усманов, А.Н. Чеснокова, С.А. Закарчевский, Т.Д. Жамсаранжапова // В сборнике: Электроэнергетика глазами молодежи-2019. Материалы юбилейной X Международной научно-технической конференции. 2019. – С. 44-47.

5. Stom D. I., Zhdanova G. O. and Kashevskii A. V. New designs of bio-fuel cells and testing of their work / D. I. Stom, G. O. Zhdanova and A. V. Kashevskii. // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety 2017 (ICCATS-2017), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 262 012219. – 2017.

УДК 664.68

ПРЯНИКИ С САХАРОЗАМЕНИТЕЛЯМИ

Кузнецов И. А.

студент, vec31r@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: В данной статье рассматривается проблемы диабета, избыточного веса и ожирения у людей, а также спад продажи пряников в России. Пряники, приготовленные с сахарозаменителями, позволят людям наслаждаться кондитерским изделием, не опасаясь резкого повышения уровня глюкозы в крови или набору веса.

Ключевые слова: пряники, сахарозаменители, диабет.

THE GINGERBREAD WITH SUGAR SUBSTITUTES

Kuznetsov I. A.

Student, vec31r@mail.ru

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

ABSTRACT: This article discusses of diabetes, blood sugar control,

overweight and obesity in humans. Gingerbread made with sugar substitutes will allow people to enjoy the confectionery product without fear of a sharp increase in blood glucose or weight gain.

Keywords: gingerbread, sugar substitutes, diabetes.

Пряники – мучные кондитерские изделия разнообразной формы с выпуклой верхней поверхностью с сахаром и/или медом, с содержанием или без содержания пряностей, с рисунком или без рисунка, с начинкой или без нее, глазированные или неглазированные. В зависимости от технологии приготовления теста пряники подразделяют на сырцовые и заварные.

С пряниками связано множество исконно русских традиций, однако в настоящее время они прежде всего позиционируются как выпечка к чаю и региональный сувенир.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), более 1 миллиарда жителей на всей планете, страдает сахарным диабетом. В Российской Федерации около 2,5 миллиона людей страдают от такого заболевания, больший процент больных составляют дети от 7-15 лет. Решению этой проблемы способствует выпуск необходимого диетического и лечебного сбалансированного питания, с применением натуральных сахарозаменителей, на основе натурального растительного сырья, не используя при этом синтетические ароматизаторы и красители.

В работе теоретически обосновано и экспериментально доказано, что для производства пряничных изделий допустимо использовать сахарозаменители.

Сахарозаменители — вещества, придающие пищевым продуктам сладкий вкус и применяемые вместо сахара. Обычно это углеводы или сходные по структуре вещества, нередко встречающиеся в природе, которые обладают сладким вкусом и заметной калорийностью, но гораздо медленнее усваиваются. Тем самым, они получают намного безопаснее сахара, и многие из них даже могут использоваться диабетиками. Но все-таки они не сильно отличаются от сахара по сладости и по калорийности. В качестве сахарозаменителей используют фруктозу, мальтит, сорбит и ксилит.

Продажи пряников. Необходимо отметить, что в последние годы в России наблюдается снижение уровня потребления пряничных изделий, как, впрочем, и других кондитерских изделий, что связано с социально-экономическими проблемами в стране (снижение покупательской способности населения, кризис производства продовольственного сырья и пищевых продуктов. Результаты исследования потребления различных групп продуктов питания в России представлены в таблице.

Продажи пряников в России

Год	2019	2020	2021	2022	2023
Продажи (тыс.т)	191,1	170,8	174,3	165,0	149,0
Динамика (% к предыдущему году)	-	-10,6	-2,0	-5,3	-9,7

Падение объемов реализации было обусловлено перетеканием спроса в пользу более новых и интересных для потребителей сладостей: шоколада, печенья, пирожных и прочих мучных изделий недлительного хранения, снеков и полезных сладостей. Такие изделия широко представлены на полках магазинов, а их ассортимент постоянно пополняется, пряники же, как традиционный продукт, отличаются меньшим разнообразием и адаптивностью.

Библиографический список:

1. Сахарный диабет / [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://cgon.rospotrebnadzor.ru/naseleniyu/neinfektsionnye-zabolevaniya/saxarnyi-diabet-problema-mirovogo-masstaba/?ysclid=m92c37e2ue801833079> (дата обращения: 03.04.2025).

2. Анализа рынка пряников в России / [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/15068/?ysclid=m92cb3ji37648297272> (дата обращения: 04.04.2025).

УДК 619:582.284

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЕТЕРИНАРНОГО ПРЕПАРАТА ТРАМЕТИН ПЛЮС

Чхенкели В.А.генеральный директор, д.б.н., доцент, chkhenkeli@rambler.ru**Чхенкели Г.Д**с.н.с, к.т.н., chkhenkeli@rambler.ru

ООО «Биотехвет»

664007, г. Иркутск, Декабрьских событий, 105 А, кв.12

АННОТАЦИЯ: В работе рассматривается проблема разработки технологической схемы производства ветеринарного препарата Траметин Плюс, используемого для профилактики ассоциированных желудочно-кишечных и респираторных болезней телят. Ранее нами была доработана технология производства препарата, разработана научно – техническая до-

кументация, изучен его химический состав, токсикологические свойства и разработана ветеринарная технология применения препарата для профилактики болезней телят.

Ключевые слова: препарат, технология, технологическая схема

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR THE PRODUCTION OF THE VETERINARY DRUG TRAMETIN PLUS

Chkhenkeli V.A.

General Director, Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor, chkhenkeli@rambler.ru

Chkhenkeli G.D

Senior Researcher, PhD, chkhenkeli@rambler.ru
ООО "Biokhvetvet"
664007, Irkutsk, Dekabrskikh sobytiy, 105 A, 12

ABSTRACT: The paper examines the problem of developing a technological scheme for the production of the veterinary drug Trametin Plus, used for the prevention of associated gastrointestinal and respiratory diseases of calves. Previously, we finalized the technology for the production of the drug, developed scientific and technical documentation, studied its chemical composition, toxicological properties and developed a veterinary technology for using the drug to prevent diseases of calves.

Keywords: drug, technology, technological scheme

Острой проблемой современной ветеринарии, является профилактика и лечение ассоциированных респираторных и желудочно-кишечные болезней молодняка крупного рогатого скота.

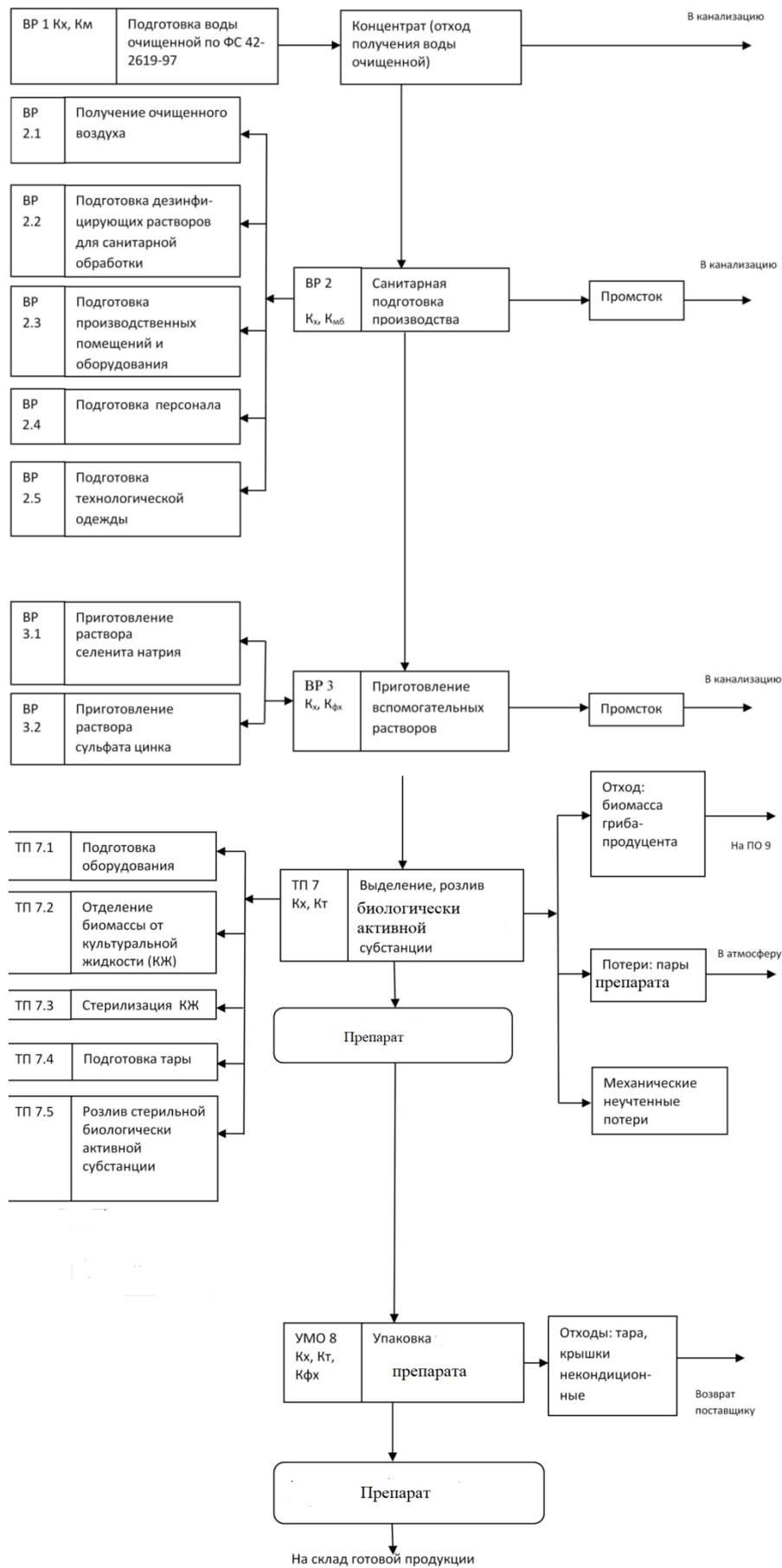
Эти заболевания распространены в мировом масштабе и наносят значительный экономический ущерб, который обусловлен гибелью молодняка, снижением молочной продуктивности, потерей живой массы и нарушением воспроизводительной функции. Регион Иркутской области не является исключением, а распространенность этих заболеваний является значительной.

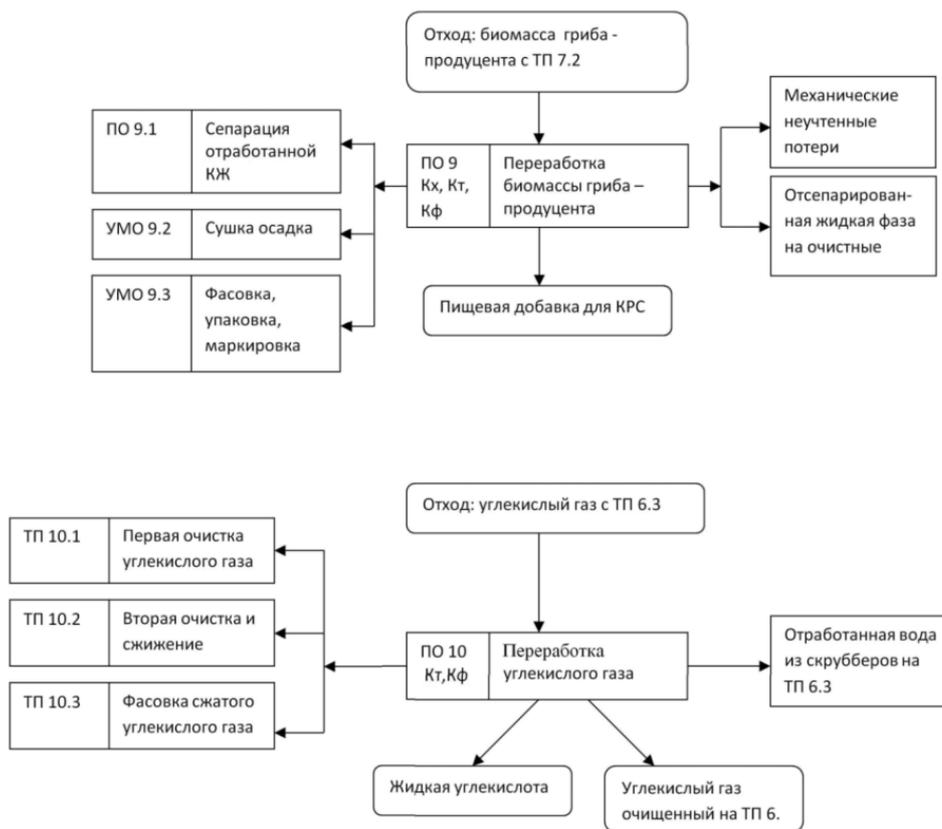
В качестве препарата по снижению заболеваемости нами предлагается ветеринарный препарат Траметин Плюс, разработанный на основе модифицированной культуральной жидкости, получаемой при жидкофазной ферментации гриба – ксилотрофа *Trametes pubescens* (Quel. :Fr.) Pilat. [1].

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБУ «Фонд содействия развития малых форм предприятий в научно – технической сфере» договор №4893 ГС1/86520 от 16 февраля 2023 г.

Показано, что суммарная концентрация жирных кислот составляет 70 мкг/г препарата. Среди доминирующих неполярных летучих компонентов препарата присутствует, сквален. Простейшие органические алифатические аминокислоты, такие как глицин, аргинин, β -аланин, представлены как минорные неполярные летучие компоненты препарата. Установлено, что препарат содержит богатый набор макро- и микроэлементов, в том числе цинк и селен, обладающие иммуностимулирующей активностью. Токсичные элементы содержатся в количествах, которые при внесении препарата с профилактической или лечебной целью (30 -75 мл) в молоко значительно ниже максимально допустимого уровня содержания их в лекарственных средствах, кормах и кормовых добавках для сельскохозяйственных животных [2]. Разработаны физико – химические и микробиологические методы контроля ветеринарного препарата [3]. По параметру DL_{50} испытуемый препарат при остром внутрижелудочном пути поступления характеризуется как вещество, имеющее низкую опасность острой токсичности, и относится к V классу опасности ($DL_{50} > 2000$ мг/кг). Величины среднесмертельных доз (DL_{50}) независимо от пола животных определялись как > 2000 мг/кг. Негативного влияния на репродуктивную систему самцов и самок крыс не выявлено [4 - 6]. Использование препарата приводит к повышению суточных привесов в среднем на 16,5 % выше суточных привесов у телят в контрольной группе при сокращении срока профилактики с использованием препарата, что свидетельствует о повышении экономической эффективности нового препарата в 2 раза по сравнению с препаратом Траметин [7,8].

Процесс получения нового препарата складывается из нескольких стадий, каждая которых состоит из ряда операций. На основании уже проведённых экспериментальных исследований нами составлена принципиальная технологическая схема получения препарата, которая представлена на рисунке.





К_т, х, мк, фх – соответственно технологический, химический, микробиологический и физико-химический контроль.

Рисунок. Технологическая схема производства ветеринарного препарата Траметин Плюс:

- а) –подготовка очищенной воды, воздуха, дезинфицирующих и вспомогательных растворов, санитарная подготовка производства;
- б) – Приготовление питательной среды, подготовка посевного материала, ферментация биологически активной субстанции;
- с)–выделение, розлив биологически активной субстанции, упаковка препарата; d) –переработка биомассы продуцента в кормовую добавку, переработка углекислого газа

Библиографический список:

1. Патент РФ № 2 819 785. Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д., Чхенкели Д.Г. Препарат для профилактики ассоциированных желудочно-кишечных и респираторных болезней телят и способ его применения. Патентообладатель: ООО «Биотехвет». Оpubл.: 24.05.2024. Бюл. № 15.
2. Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д., Никонова А.А., Горшков А.Г. Анализ состава жирных кислот, летучих полярных и неполярных органических соединений ветеринарного препарата «Траметин Плюс». Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023.Т.13. № 3.С.382-391.

3. Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д. Разработка методов контроля ветеринарного препарата траметин плюс //Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг : материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 25– 26 апреля 2024 г.). Иркутск: Изд-во ИРННТУ. 2024. С.46 -49.

4. Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д., Вокина В.А. Изучение токсических свойств ветеринарного препарата Траметин Плюс//Успехи медицинской микологии. Т.26. М.: Национальная академия микологии, 2024. С.241 -245.

5. Chkhenkeli VA, Chkhenkeli GD, Vokina V.A. Reprotoxic and genotoxic effects of a veterinary drug Trametin Plus //Proceedings of the International University Scientific Forum “Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA”. Part 1. (June 5, 2024. UAE).P.180 -187.

6. Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д., Вокина В.А. Токсикологическая оценка ветеринарного препарата Траметин Плюс// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024 Т. 54. № 12. С.109 -118.

7. Чхенкели В.А. Профилактическая эффективность ветеринарного препарата Траметин// Сб. тр. междунар. научно – практ. конф. «Состояние и перспективы развития ветеринарии и животноводства в Республике Казахстан», посв. 80 –летию акад. НАН РК, проф, д.вет. н. Сайдулина Глеуберды. - Алматы: КазНАУ.2023.- С. 508 -520.

8. Чхенкели В.А., Мельцов И.В. Комплексная диагностика и профилактика ассоциированных желудочно-кишечных и респираторных болезней телят в современных социально-экономических условиях Иркутской области: методические рекомендации. Иркутск: Изд –во ИГУ. 2023 -98 с.

**СЕКЦИЯ №3. КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ
ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

УДК 543.421

**ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РТУТИ В ПИЩЕВЫХ
ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ
СПЕКТРОМЕТРИИ С ТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ
(МЕТОД ХОЛОДНОГО ПАРА)**

Ухова Н.Н.

к.г.-м.н., старший научный сотрудник, nat_ukhova@crust.irk.ru

Черкашина Т.Ю.

к.г.-м.н., старший научный сотрудник, tcherk@crust.irk.ru

Институт земной коры СО РАН

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

АННОТАЦИЯ: Существует проблема загрязнения пищевых продуктов соединениями ртути, которая является токсичным химическим элементом. В данной работе выполнено определение содержаний общей ртути в ряде пищевых продуктов атомно-абсорбционным методом «холодного пара». Показаны достоинства метода прямого определения ртути с использованием анализатора РА-915М с пиролитической приставкой ПИРО-915+.

Ключевые слова: ртуть, пищевые продукты, метод «холодного пара», атомная абсорбция

**EXAMPLES OF THE MERCURY DETERMINATION IN FOOD
PRODUCTS USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY WITH
THERMAL ATOMIZATION (COLD VAPOR METHOD)**

Ukhova N.N.

Doctor, Senior Researcher, nat_ukhova@crust.irk.ru

Cherkashina T.Yu.

Doctor, Senior Researcher, tcherk@crust.irk.ru

Institute of the Earth's Crust, SB RAS

664033, Irkutsk, St. Lermontov, 128

ABSTRACT: There is a problem of food contamination with mercury compounds, which is a toxic chemical element. In this work, the total mercury content in a number of food products was determined by using the atomic absorption method of "cold vapor". The advantages of this method of the mercury direct determination using the analyzer RA-915M with pyrolytic attachment PIRO-915+ are presented.

Keywords: mercury, food products, the cold vapor method, atomic absorption spectrometry

Ртуть (Hg) – токсичный тяжелый металл, представляющий значительную опасность для окружающей среды и здоровья человека при накоплении в организме [1, 2]. В связи с антропогенным загрязнением окружающей среды, проблема контроля содержания общей ртути в пище остается актуальной для пищевой безопасности, токсикологии и нутрициологии. Основным путем поступления ртути является потребление загрязненных пищевых продуктов, в том числе морепродуктов. На уровень содержания ртути в продуктах питания оказывают влияние такие факторы, как загрязнение водных экосистем и почвенного покрова, атмосферные выбросы промышленных предприятий, а также миграция из материалов оборудования и упаковки. В связи с этим целью данного исследования является определение содержания общей ртути в образцах рыбы и морепродуктов, морских водорослей, специй, кофе, чая и табака. Образцы табака из разных видов сигарет были включены в исследование на основании схожего состава табака с пищевыми продуктами растительного происхождения и попадания в организм токсичных компонентов в процессе курения [3].

Для определения ртути в биологических объектах применяют методы масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и вольтамперометрии [4]. Метод атомно-абсорбционной спектрометрии с применением техники «холодного пара» получил широкое применение при определении ртути в природных объектах, в том числе и пищевых продуктах. Термическая деструкция пробы и перевод ртути в атомарное состояние пиролизом с последующим определением атомно-абсорбционным методом «холодного пара» позволяет проводить прямое определение ртути и исключить трудоемкую стадию кислотной пробоподготовки [3, 5, 6, 7].

Исследование выполнено на анализаторе ртути РА-915М (ООО «Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия) с пиролитической приставкой Пиро-915+ с коррекцией неселективного поглощения на основе эффекта Зеймана. Согласно методике ПНД Ф 16.1:2.2.80-2013 (М 03-09-2013), определение массовой доли общей ртути основано на термическом разложении пробы, которое сопровождается атомизацией ртути и измерением атомного поглощения ртути на резонансной длине волны 253.7 нм. Масса навески пробы варьировалась от 40 до 95 мг.

Массовую долю Hg в пробе определяли по величине площади пика на основании предварительно установленной градуировочной характеристики с использованием программного обеспечения «РАПИД». Градуировку прибора проводили по адсорбированным на активированном угле

градуировочным образцам, приготовленным последовательным разбавлением раствора ГСО Hg (II) ГОСТ 7879-2001. Контроль точности измерений проведен с использованием стандартных образцов (СО), проанализированных по методике с последующей статистической обработкой (Таблица 1).

Таблица 1

Определение массовой доли ртути в стандартных образцах

№	СО	Тип СО	Аттестованное значение, мг/кг	Найденное значение, мг/кг	Кол-во определений
1	СДПС-3	почва (Россия)	0.29±0.03	0.324±0.097	4
2	JSD-2	осадок (Япония)	(0.11)	0.096±0.044	4
3	GSS-6	почва (Китай)	(0.077)	0.070±0.032	4
4	БОк-2	мышечная ткань байкальского окуня (Россия)	0.5±0.2	0.594±0.179	2
5	ЛБ-1	лист березы (Россия)	0.037±0.006	0.031±0.014	2

Средний результат определения Hg для образцов пищевых продуктов получен по среднему арифметическому значению результатов трех параллельных определений каждого образца (Таблица 2).

Таблица 2

Среднее содержание ртути (n=3) в пищевых продуктах (мг/кг)

№	Вид пищевого продукта	Среднее содержание Hg (n=3), мг/кг	ПДК, не более мг/кг [1]
Рыба и морепродукты			
1	Морская капуста (Таиланд)	0.060±0.024	0,1
2	Морской окунь	0.099±0.040	0,5
3	Минтай	0.072±0.029	
4	Креветки королевские	0.051±0.020	0,2
5	Омуль северный	0.186±0.056	0,3
Специи			
1	Приправа для картофеля	0.002±0.001	0,02
2	Куркума молотая	0.004±0.001	
3	Приправа «Травы Прованса»	0.014±0.006	
4	Имбирь молотый	0.007±0.003	
5	Приправа «Чили Фунгурек»	0.002±0.001	
6	Перец пряный (дачный участок в с. Большой Луг)	0.002±0.001	
7	Паприка (дачный участок в с. Смоленщина)	0.001±0.0003	
8	Кунжут жмых	0.001±0.0004	0,05
Чай кофе			
1	Кофе Срема растворимый	< 0.0005	0,02
2	Кофе зерновой	0.002±0.001	

Продолжение таблицы 2

3	Чай Herbal Greenfield (пакетированный)	0.001±0.0004	0,1
4	Чай зеленый Richard (пакетированный)	0.006±0.002	0,1
5	Чай черный Tess (пакетированный)	0.004±0.002	
6	Чай черный TenFu (Китай)	0.003±0.001	
7	Чай черный Акбар	0.004±0.001	
8	Какао «Россия – щедрая душа»	0.002±0.001	0,1
Табак из сигарет			
1	Сигареты «Мальборо»	0.012±0.005	–
2	Сигареты «Mevius»	0.016±0.006	
3	Стикер электронных сигарет	0.010±0.004	
4	Сигареты «Vogue»	0.013±0.005	
5	Сигареты «Winston»	0.016±0.006	
6	Сигареты «Chesterfield»	0.011±0.005	
7	Сигареты «Next»	0.016±0.006	
8	Сигареты «Русский стиль»	0.017±0.007	
Другие продукты			
1	Багет (Иркутск)	< 0.0005	0,015
2	Крахмал кукурузный	< 0.0005	0,02
3	Крахмал картофельный	< 0.0005	
4	Мука ржаная	< 0.0005	0,03
5	Мука гречневая	< 0.0005	
6	Молоко «Любимая чашка»	< 0.0005	0,005

Согласно [1], предельно-допустимые концентрации (ПДК) общей ртути для исследованных видов пищевых продуктов находятся в диапазоне 0.005–0.5 мг/кг. Для группы образцов рыбы и морепродуктов были получены наиболее значимые концентрации ртути в диапазоне 0.051–0.186 мг/кг, что не превышает установленных значений ПДК. В группе специй значимый результат определения ртути получен для «Трав Прованса» – 0.014 мг/кг. В группе «Другие продукты» содержания общей ртути в образцах муки, крахмала, хлебобулочного изделия и молока оказались на уровне базовой линии.

В результате определения содержания ртути в восьми образцах табака из разных видов сигарет от разных производителей получены значения в узком диапазоне от 0.010 до 0.017 мг/кг.

Данное исследование является первым опытом внедрения методики определения общей ртути в пищевых продуктах. Полученные данные показали удовлетворительную точность результатов анализа. К достоинствам метода можно отнести анализ пробы из малых навесок образца, малая трудоемкость процесса пробоподготовки и выбор оптимальных условий для прямого определения ртути в образце.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного

фонда № 25-77-30006 с использованием оборудования Центра коллективного пользования: «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН.

Библиографический список:

1. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
2. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана Природы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М., 1983. 12 с.
3. Рокун А.Н., Алемасова А.С. Улучшение метрологических характеристик определения ртути в пищевых продуктах растительного происхождения // АгроЭкоИнфо. 2024. № 6. С. 1–10.
4. Ким Н.О., Ивановская Е.А. Методы определения ртути в биологических объектах // Фармация. 2020. Т. 69, № 3. С. 5–10.
5. ГОСТ 34427-2018. Продукты пищевые и корма для животных. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе эффекта Зеемана. М.: Стандартинформ. 2018. 18 с.
6. Губко Е.В., Капуста Е.П. Определение ртути в пищевых продуктах на анализаторе РА-915+с использованием приставки ПИРО-915+. Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2012. № 3–4 (49–50). С. 93–95.
7. Shuvaeva O.V., Gustaytis M.A., Anoshin G.N. Mercury speciation in environmental solid samples using thermal release technique with atomic absorption detection // Analytica Chimica Acta. 2008. Vol. 621. P. 148–154.

УДК 663.3

КИСЛОТОПОНИЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ДРОЖЖЕЙ НА МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Ильюк В.А.

студент, viktoraiiljuk@yandex.ru

Лозовая Т.С.

к.б.н., доцент, tnike75@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Проведено культивирование штамма дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* I-583 КП-1 в питательных средах с различными источниками углерода: с глюкозой, с яблочной кислотой, с глюкозой и яблочной кислотой одновременно. Выявлено, что для данного штамма более предпочтительным является одновременное наличие в среде двух источников углерода. В этом случае дрожжи активнее растут и интенсивнее снижают кислотность среды, в сравнении со средами, в которых был только один источник углерода. Полученные данные будут использованы при

проведении яблочно-этанольного брожения на различных видах плодово-ягодного сусла.

Ключевые слова: кислотопонижение в виноделии, плодово-ягодные вина, яблочная кислота, *Schizosaccharomyces pombe*.

ACID REDUCTION WITH THE HELP OF YEAST ON MODEL SOLUTIONS OF MALIC ACID

Iljuk V.A.

Student, viktoraiiljuk@yandex.ru

Lozovaya T.S.

PhD of Chemistry, Associated Professor, tnike75@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: The cultivation of the yeast strain *Schizosaccharomyces pombe* I-583 KP-1 was carried out in nutrient media with various carbon sources: with glucose, with malic acid, with glucose and malic acid simultaneously. It was found that for this strain, the simultaneous presence of two carbon sources in the medium is more preferable. In this case, the yeast grows more actively and reduces the acidity of the medium more intensively, in comparison with the media in which there was only one carbon source. The obtained data will be used in conducting maloethanol fermentation on various types of fruit and berry must.

Key words: acid reduction in winemaking, fruit and berry wines, malic acid, *Schizosaccharomyces pombe*.

При производстве плодово-алкогольной продукции необходимо учитывать некоторые особенности, которые отсутствуют или не столь важны при производстве вин из винограда. К одной из них относится значительный уровень кислотности плодово-ягодного сырья. Это обусловлено тем, что фрукты и ягоды, используемые для создания таких напитков, содержат много органических кислот, особенно яблочной. При повышенной концентрации яблочной кислоты в виноматериалах появляется резкий вкус, который называют «зеленой кислотностью». Это вынуждает технолога использовать специальные технологические приемы для снижения кислотности, т.к. иначе невозможно получить напитки с оптимальным содержанием кислот, и, следовательно, с оптимальным органолептическим профилем [1].

Если нет возможности понизить кислотность виноматериалов путем купажирования (эгаллизации) с низкокислотными винами, то применяют химические, физико-химические и биологические способы снижения кислотности. Химические и физико-химические методы кислотопонижения используются в виноградном виноделии давно, они хорошо изучены, од-

нако в основном направлены на снижение уровня винной кислоты, а не яблочной. Т.к. яблочная кислота вносит наибольший вклад в кислотность плодово-ягодных материалов, то в этом случае в первую очередь важно уменьшать ее количество в процессе производства. Биологические методы в этом отношении более эффективны [1,2].

Биологический способ кислотопонижения основан на разложении яблочной кислоты микроорганизмами [3,4]. В виноградно-виноделии с этой целью часто используются дрожжи рода *Schizosacharomyces*: они превращают яблочную кислоту в этиловый спирт и диоксид углерода в процессе яблочно-спиртового брожения. Процесс брожения требует строгого соблюдения температурных условий, pH, исходной концентрации яблочной кислоты. В ходе него следует контролировать количество и состояние дрожжей, кислотность, содержание отдельных органических кислот и этанола [5]. Учитывая вышесказанное, целесообразно для кислотопонижения в плодово-ягодном виноделии использовать дрожжи рода *Schizosacharomyces*.

Важно учитывать, что штаммы дрожжей рода *Schizosacharomyces* обладают различной способностью к яблочно-этанольному брожению, что может значительно повлиять на результат данного процесса. Данное свойство дрожжей определяется многими факторами, в том числе отношением дрожжей к источникам углерода. Некоторые из них сбраживают яблочную кислоту в этанол независимо от состава среды; в то время как другим, кроме яблочной кислоты, необходимо наличие в среде углеводов. Данная особенность влияет на то, в какой период технологического процесса следует инициировать яблочно-этанольное брожение, как долго оно продлится, насколько будет эффективным и т.п. [6-9].

В связи с этим, целью работы являлось определение влияния состава питательных сред на интенсивность яблочно-этанольного брожения, проводимого штаммом *Schizosaccharomyces pombe* I-583 КП-1.

Объектами исследования являлись:

1. Коллекционный штамм *Schizosaccharomyces pombe* I-583 КП-1, полученный из Всероссийского Национального НИИ виноградарства и виноделия «Магарач» РАН. Данный штамм применяется для проведения яблочно-этанольного брожения в виноградно-виноделии.

2. Растворы питательных сред с различными источниками углерода: с глюкозой, с яблочной кислотой, с их комбинацией 1:1.

В работе использовались следующие методы: для контроля состояния клеток дрожжей – микрокопирование на световом микроскопе, окраска на мертвые клетки и на наличие гликогена; для подсчета клеток дрожжей – камера Горяева, а также турбидиметрический метод (КФК-3, длина волны 540 нм, длина оптического пути – 10 нм). Активная кислотность среды оценивалась с помощью pH-метра; титруемая кислотность – методом прямого титрования.

Для получения посевного материала дрожжи выращивали на неохмеленном 7% агаризованном сусле в течение 120 ч при температуре 30 °С. Далее готовили дрожжевую суспензию ($7,7 \cdot 10^6$ КОЕ/мл), которую вносили в основную питательную среду в количестве 2% от общего объема среды.

Для основного исследования дрожжи выращивались путем жидкофазного культивирования в течение 3 сут при температуре 25 °С. Для культивирования использовали среду Ридер следующего состава, г/л: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3, KH_2PO_4 – 1, K_2HPO_4 – 0.1, MgSO_4 – 0.7, NaCl – 0.5, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0.04, биотин – 0.0001. Источники углерода вносились в питательную среду в концентрации не менее 2 г/л. Данная концентрация была выбрана согласно литературным данным [3].

Отбор проб при культивировании осуществляли каждые 24 часа. В пробах проводили мониторинг показателей титруемой кислотности, рН, общего количества клеток, количества мертвых клеток и клеток с гликогеном.

Результаты исследований представлены на рисунках 1-4.

Согласно проведенным исследованиям (рис. 1,2) во всех исследуемых образцах отмечено снижение титруемой кислотности по окончании культивирования: в образце с яблочной кислотой кислотность снизилась на 0,4 град, в образце с глюкозой – на 0,2 град, в образце с глюкозой и яблочной кислотой – на 1,2 град. Причем в образцах, в которых содержался лишь один источник углерода, снижение кислотности проходило очень медленно и в течение всего периода культивирования. А в образце с яблочной кислотой и глюкозой основное снижение кислотности было отмечено через 1 сут, а далее снижение ее было также очень медленным и незначительным.

Значение рН среды во всех исследуемых образцах снизилось с 4 до 3 через 2 суток и далее не менялось.

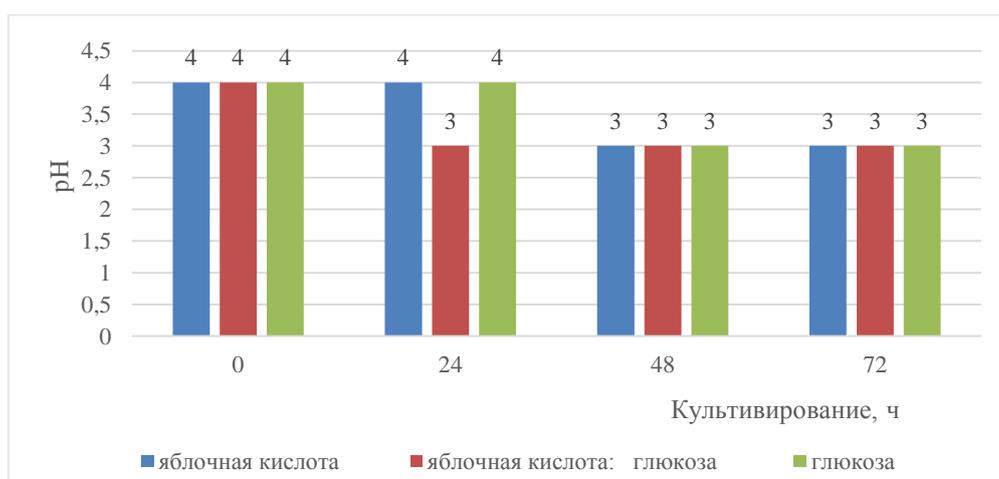


Рисунок 1. Влияние различных источников углерода на рН среды при культивировании дрожжей



Рисунок 2. Влияние различных источников углерода на титруемую кислотность среды при культивировании дрожжей

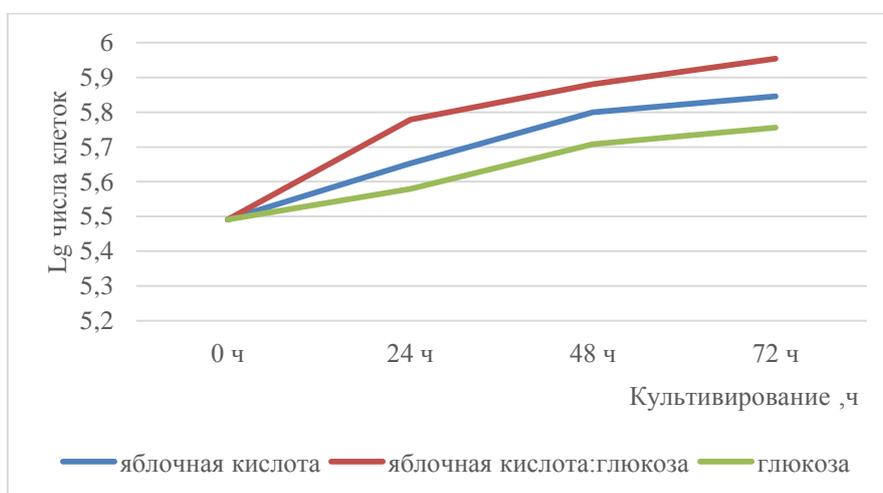


Рисунок 3. Влияние различных источников углерода на рост культуры дрожжей

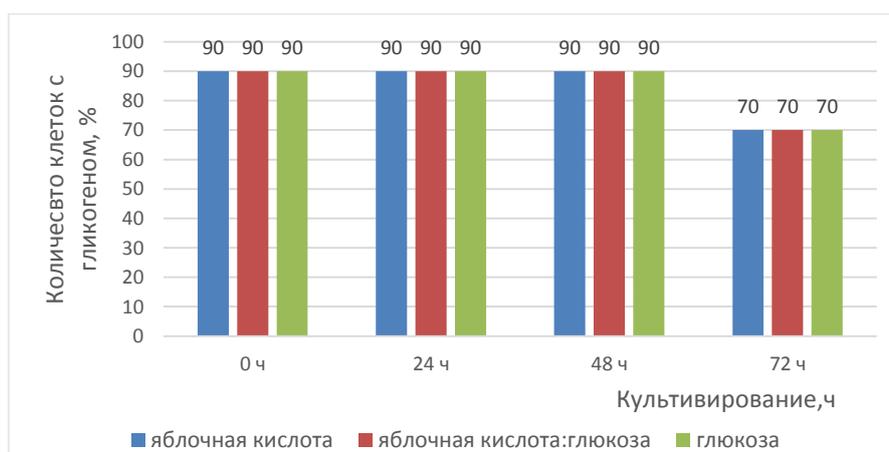


Рисунок 4. Влияние различных источников углерода на накопление гликогена клетками дрожжей

Количество клеток, напротив, возрастало при культивировании (рис. 3). В образце с яблочной кислотой в сравнении с 0 ч к 72 ч исследования количество увеличилось на 6,4 %, в образце с глюкозой – на 4,7 %, в образце с глюкозой и яблочной кислотой – на 8,2 %. Уровень количества клеток был выше при росте дрожжей на среде с двумя источниками углерода.

Количество клеток с гликогеном снизилось через 72 ч: с 90 до 70% во всех питательных средах (рис. 4). В этот же период появились первые мертвые клетки – до 6% в каждой питательной среде. Наличие гликогена в клетках и низкое содержание мертвых клеток говорят о хорошем физиологическом состоянии культуры дрожжей [10].

Полученные результаты показывают, что для использованного в работе штамма дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* I-583 КП-1 более предпочтительным является наличие в среде двух источников углерода: яблочной кислоты и глюкозы. В этом случае дрожжи активнее растут и интенсивнее снижают кислотность среды, в сравнении со средами, в которых был только один источник углерода.

Следующим этапом исследования является проведение яблочно-этанольного брожения на плодово-ягодном сусле. Исходя из полученных результатов следует, что этот процесс можно будет инициировать на различных этапах технологического процесса: в начале, в середине и в конце основного брожения плодово-ягодного сусла.

Библиографический список:

1. Descenzo R, Lonvaud A. Malolactic fermentation importance of wine lactic acid bacteria in winemaking. Lallemand Incorporated, Canada. - 2015. - 200 p.
2. Касай Е.В., Агеева Н.М. Современные аспекты биологического кислотопонижения натуральных сухих виноматериалов// Известия вузов. Пищевая технология. - 2005. - №1. - С. 39-41.
3. Orlic.S. Differential malic acid degradation by selected strains of *Saccharomyces* during alcoholic fermentation// Department of Microbiology. Faculty of Agriculture. - 2003. - №1. P. - 49-61.
4. Кушнерева Е.В, Агеева Н.М. Сравнительный анализ современных способов кислотопонижения// Альманах современной науки и образования. - 2010. - № 8. - С. 80-84.
5. Бурьян Н.И. Микробиология виноделия. - М.: Пищевая промышленность, 1979. - 271 с.
6. Шольц-Куликов Е.П., Геок В.Н., Рудой Д.В., Тупольских Т.И. Практикум по химии вина. Ростов н/Д: Донской ГТУ, 2017. - 268 с.
7. Марковский, М.Г, Агеева Н.М. Сравнительный анализ способов кислотопонижения в виноградных винах // Виноделие и виноградарство. -

2006. - № 2. - С. 16-17.

8. Lasik M. The application of malolactic fermentation process to create good-quality grape wine produced in cool-climate countries// European Food Research and Technology. - 2013. P. 843–850. DOI:10.1007/s00217-013-2083-x

9. Резник, Н. Л. Дрожжи бродят в молоке // Химия и жизнь - XXI век. - 2020. - № 4. - С. 38-40.

10. Меледина Т.В., Давыденко С.Г., Васильева Л.М. Физиологическое состояние дрожжей. Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 48 с.

УДК 664.68

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОГАЩАЮЩИХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Кашеева К. Е.

студент, ksyushakashcheeva@gmail.com

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

АННОТАЦИЯ: В данной статье рассматривается проблема несбалансированного состава мучных кондитерских изделий. В ней показаны исследования и разработки технологий обогащения мучных кондитерских изделий путем внесения в них новых видов сырья с целью повышения пищевой и биологической ценности мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, обогащение, биологическая ценность, пищевая ценность.

THE USE OF ENRICHING ADDITIVES IN THE TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY

Kashcheeva K. E.

Student gr., ksyushakashcheeva@gmail.com

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

ABSTRACT: This article discusses the problem of the unbalanced composition of flour confectionery products. It shows the research and development of technologies for enriching flour confectionery products by introducing new types of raw materials into them in order to increase the nutritional and biological value of flour confectionery products.

Keywords: flour confectionery, enrichment, biological value, nutritional value.

Мучные кондитерские изделия неизменно пользуются высоким спросом у покупателей. Продукция этой группы давно укрепились в структуре питания населения, обладает высокой доступностью, а также характеризуется хорошими органолептическими свойствами. Однако, вместе с тем, в массовом сегменте мучных кондитерских изделий наблюдается низкое содержание витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, но неоправданно высокая калорийность. Таким образом, биологическая ценность данных изделий невысока.

В настоящее время одним из распространенных способов улучшения пищевой и биологической ценности мучных кондитерских изделий является разработка рецептур и технологий производства их с добавлением нетрадиционного сырья, богатого веществами, необходимыми для укрепления здоровья.

Так, ученые Башкирского университета предложили тыквенное пюре в качестве добавки при производстве песочного печенья. Были приведены исследования качества печенья с различной дозировкой сахара-песка и тыквенного пюре. Наилучшие показатели имел образец с дозировкой тыквенного пюре 25% и сахара-песка 75% от первоначальной закладки. В результате внесения пюре улучшились вкус и аромат, цвет стал более выраженным, стабилизировались форма и поверхность. Одновременно с этим снижение закладки сахара привело к уменьшению калорийности. По показателям пищевой и биологической ценности опытный образец превзошел контрольный образец [1].

Порошок из семян тыквы использовали в Южно-Уральском государственном университете для обогащения кекса «Столичный». Порошок вносили взамен пшеничной муки в разной дозировке. По результатам экспериментов лучшие показатели были у образца с 8% порошка из семечек. Химический состав кекса этого образца богаче, чем контрольный образец, по содержанию минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, пищевых волокон [2].

Разработана технология приготовления чизкейка «Творожно-тыквенный» на базе Кубанского государственного технического университета. Было представлено три варианта состава творожно-тыквенной смеси для начинки чизкейка с различным соотношением творога и тыквенного пюре. Из них самую высокую оценку по органолептическим показателям получил образец из творога и тыквенного пюре в равных количествах. Установлено, что чизкейк по данной технологии имеет повышенное содержание белка и пищевых волокон, при этом в нем снижено содержание жира и калорийность [3].

Сироп и клетчатка топинамбура использовались для полной или частичной замены сахара и изюма соответственно в кексе «Столичный». Было приготовлено семь образцов изделия с разной степенью замены сахара

и изюма. Наилучшими показателями по совокупности органолептических и физико-химических показателей обладал образец с полной заменой сахара на сироп топинамбура и изюма на клетчатку топинамбура. Исследования показали, что данный образец превосходит контрольный по содержанию пищевых волокон, белка, содержанию водорастворимых витаминов и минералов. При этом снизилось содержание жиров и калорийность [4].

Предложено использование льняной муки при производстве маффинов. При внесении льняной муки возможно уменьшение количество масла в маффинах на 30% от веса прибавляемой муки, благодаря чему снизится калорийность изделий. Исключая закладку яиц, исключается и вероятность аллергических реакций на них. Отмечено, что льняная мука в изделиях будет не только способом уменьшения калорийности, но и источником белковых веществ, ПНЖК, витаминов, минералов и пищевых волокон [5].

В Воронежском государственном университете инженерных технологий разработана рецептура песочно-сдобного печенья. За основу было взято печенье «Звездочка», вся пшеничная мука была заменена на тритикалевую. По результатам эксперимента приготовленный образец превзошел контрольный по содержанию белка, витаминов, минералов [6].

Использование биомодифицированного корня лопуха предложили в Дальневосточном федеральном университете. Был изучен лопух, выращенный в условиях Приморского края степенью зрелости 1-2 года. Модификация была проведена с помощью ферментного препарата «Целлюлюкс». Далее провели пробные выпечки пряников заварных с добавлением образцов корня лопуха. Отмечено улучшение структуры, консистенции, вкуса и аромата пряников, а пищевая ценность у образцов с добавлением корня лопуха выше, чем у контрольного образца пряников [7].

В Кубанском государственном аграрном университете разработали рецептуру маффинов с заменой части пшеничной муки на полбяную и добавкой свекловичных волокон. За основу взята рецептура маффинов «Детские», мучная смесь состоит из 60% пшеничной и 40% полбяной муки, свекловичные волокна вносились в диапазоне от 5% до 15%. По результатам пробных выпечек и опытов наилучшими органолептическими и физико-химическими показателями обладает образец с внесением 7,5% свекловичных волокон от массы мучной смеси. В образце по сравнению с контрольным повышено содержание белка на 7,7%, пищевых волокон на 95,9%, магния на 40,5%, фосфора на 31,9%, уменьшилось содержание углеводов на 7,9% и энергетическая ценность на 4,9% [8].

Представлена технология обогащения песочного печенья водорослями фукус. Были приготовлены образцы и песочного теста с содержанием порошка фукуса в количестве 3, 7, 12% от массы пшеничной муки. В качестве контрольного образца взяли песочный полуфабрикат №16 из сборника рецептур [9]. Наилучшими показателями обладает образец с 7% порошка

фукуса. Этот образец содержит больше минеральных веществ, при этом соотношение кальция и фосфор близко к физиологическому. Изделия богаты йодом и витамином С, которых не было в контрольном образце [10].

Ученые Мичуринского государственного аграрного университета разработали технологию обогащения пряников сухим концентратом из томатов. Был проведен сравнительный анализ 10 сортов томатов, по результатам которого выбран сорт «Мини Белл». За основу взята рецептура пряников «Северные». Концентрат вносили в количестве от 5% до 12%, параллельно уменьшая количество вносимого сахара на 5-12%. Исследование образцов позволило выявить оптимальное соотношение замены сахара сухим концентратом, которое составило 7-9%. По органолептическим и физико-химическим показателям пряники, обогащенные концентратом, превзошли контрольный образец [11].

Обогащение бисквитных полуфабрикатов путем замены части пшеничной муки на черемуховую представили в ЮУрГУ. Черемуховая мука богата дубильными веществами, сахарами, гликозидами, витаминами, органическими кислотами. В качестве объекта исследования выбран бисквитный полуфабрикат «Домашний», для определения оптимального количества замены пшеничной муки были проведены пробные выпечки с заменой пшеничной муки на черемуховую – 5, 10 и 20%. По результатам исследований наилучшими показателями обладал образец с заменой 10% пшеничной муки [12].

Для повышения биологической ценности бисквита предложена технология замены 100% крахмала и 25% пшеничной муки на белковый концентрат из семян кунжута. Ученые Кубанского государственного технологического университета провели ряд пробных выпечек на основе бисквита (основной) [13] с заменой всего картофельного крахмала и от 18% до 25% пшеничной муки от их количества в рецептуре. С увеличением доли белкового концентрата возрастало содержание белков и уменьшалось содержание углеводов. По сочетанию физико-химических и органолептических характеристик наилучшие результаты показал образец с заменой пшеничной муки в количестве 25% [14].

В Технологическом университете Таджикистана изучили влияние использования пророщенной пшеницы в технологии мучных кондитерских изделий. Объектом исследования выбран кекс традиционной технологии с использованием пшеничной муки высшего сорта. На основе этой рецептуры приготовлены образцы с заменой 50% и 100% пшеничной муки на муку из пророщенной пшеницы. У полученных изделий проверены органолептические и физико-химические показатели. В образце с заменой 100% муки мякиш получился плотнее, мало пористым. В образце с заменой 50% муки реологические свойства не изменены и органолептическая оценка выше, поэтому это количество муки из проросшей пшеницы посчитали оп-

тимальным. Изделие с мукой из проросшей пшеницы богато витамином С, что способствует повышению иммунитета [15].

Данные работы исследователей направлены на поиск новых видов сырья и добавок для снижения калорийности и обогащения мучных кондитерских изделий белковыми веществами, витаминами, минеральными веществами или пищевыми волокнами, что в настоящее время необходимо для поддержания здоровья населения.

Библиографический список

1. Смирнова Т. П., Гайфуллина Д. Т., Хасанова Р. Р. Разработка рецептуры песочного печенья функционального назначения // Международный научный журнал «СИМВОЛ НАУКИ». – 2015. - №3. – С. 64-66.
2. Щербакова Е. И. Обоснование использования нетрадиционного сырья в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник ЮУрГУ. – 2014. - №3. – С. 94-99.
3. Шамкова Н. Т., Конягин И. О., Кечин К. Я., Иванова А. В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения на основе творога и тыквы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. №3(41). С. 139-148.
4. Поснова Г. В., Семенкина Н. Г., Никитин И.А., Труфанова Ю.Н. Разработка технологии кекса функциональной направленности на основе продуктов переработки топинамбура // Вестник ВГУИТ. 2017. №79(1). С. 152-157.
5. Сулимма Я. В., Макарова Л. Г. Влияние льняной муки в производстве изделий из бисквитного теста // Вестник КрасГАУ. 2011. №4. С. 150-154.
6. Магомедов Д. О., Малютин Т. Н., Шапкарина А. И., Сиротенко Н. Ю. Разработка технологии сбивных мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с применением тритикалевой муки // Вестник ВГУИТ. 2016. №1. С. 106-109.
7. Масалова Н. В., Чеснокова Н. Ю., Левочкина Л. В. Изучение использования биомодифицированного корня лопуха в производстве мучных кондитерских изделий // Вопросы науки и техники. Часть 2. 2012. С. 55-60.
8. Санжаровская Н. С., Романенко Д. В., Рзаева М. М. Целесообразность использования полбяной муки и свекловичных волокон в технологии мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2022. №3. С. 28-36.
9. Павлов А. В. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий / А. В. Павлов. – М.: Профи, 2014. – 296 с.
10. Рущиц А. А. Использование морских водорослей в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник ЮУрГУ. 2014. №3(2). С. 86-93.
11. Потапова А. А., Перфилова О.В. Мучные кондитерские изделия,

обогащенные эссенциальными микронутриентами овощного сырья // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. №4. С. 50-54.

12. Фомина Т. Ю., Калинина И. В. К вопросу использования черемуховой муки в производстве бисквитных полуфабрикатов // Вестник ЮУрГУ. 2016. №3(4). С. 55-63.

13. Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия. – М.: Хлебпродинформ, 2000. – 720 с.

14. Бухтоярова З. Т., Бугаец Н. А., Корнева О. А. Влияние белковых продуктов, полученных из семян кунжута, на качество бисквитных полуфабрикатов // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. №1. С. 47-48.

15. Шарипова М. Б., Икрами М. Б., Каримов О. С., Тураева Г. Н. Использование муки из проросшей пшеницы в технологии мучных кондитерских изделий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. №2. С. 73-77.

УДК 663

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПИВОВАРЕНИИ: ОВЁС, АМАРАНТ И ДРУГИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Сладков Д.И.

студент, dff@list.ru

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

Мурашов А.А.

студент, dff@list.ru

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

АННОТАЦИЯ: Использование нетрадиционного сырья в пивоварении является важным направлением для разработки новых сортов пива, что позволяет улучшить их органолептические и питательные характеристики. Нетрадиционные зерновые культуры, такие как овёс, амарант и тритикале, открывают перед пивоварами новые возможности, позволяя создавать уникальные и разнообразные напитки. В статье рассматриваются перспективы применения этих культур в пивоварении, а также технологические аспекты, которые необходимо учитывать при их использовании для производства пива.

Ключевые слова: пивоварение, нетрадиционные сырье, овес, амарант, тритикале, органолептические характеристики, зерновые культуры, несоложеное сырье.

USE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN BREWING: OATS, AMARANTH, AND OTHER PROMISING CROPS

Sladkov D.I.

Student, dff@list.ru

Murashov A.A.

Student, dff@list.ru

Irkutsk National Research Technical University
664074, Irkutsk, Lermontova Street, 83

ABSTRACT: The use of non-traditional raw materials in brewing is an important area for the development of new beer varieties, which allows for the improvement of their organoleptic and nutritional characteristics. Non-traditional cereal crops such as oats, amaranth, and triticale offer brewers new opportunities to create unique and diverse beverages. This article discusses the prospects of using these crops in brewing, as well as the technological aspects that need to be considered when using them for beer production.

Keywords: Brewing, non-traditional raw materials, oats, amaranth, triticale, organoleptic characteristics, grain crops, unmalted raw materials.

Использование нетрадиционных зерновых культур в пивоварении открывает новые горизонты для создания уникальных сортов пива. Заменители традиционных злаков, такие как овёс, амарант и тритикале, способны улучшить органолептические и питательные свойства пива, а также удовлетворить потребности рынка в инновационных и высококачественных напитках. Нетрадиционное сырьё позволяет пивоварам расширять ассортимент, создавать новые вкусовые профили и отвечать запросам потребителей, которые ищут оригинальные продукты с улучшенными питательными свойствами.

Использование нетрадиционного сырья в пивоварении не ограничивается только отечественным опытом, но активно применяется и за рубежом. Во многих странах пивовары уже используют такие зерновые культуры, как овёс, амарант, тритикале и другие альтернативные злаки, что позволяет им создавать напитки с уникальными вкусами и текстурами. Например, в Европе растёт интерес к пиву с добавлением амаранта и овса, что позволяет создавать более плотные и насыщенные напитки. Опыт зарубежных пивоваров показывает, что эти злаки обладают отличными технологическими характеристиками, такими как хорошая экстракция крахмала и белков, что делает их подходящими для производства пива с высокими органолептическими качествами. В некоторых странах также исследуются возможности использования амаранта для создания пива с улучшенными антиоксидантными свойствами и повышенной питательной ценностью, что отражает растущий интерес к функциональным продуктам. Кроме того, амарант активно

используется в пивоварении для создания напитков с низким содержанием глютена, что позволяет расширить ассортимент специализированных сортов пива. Несоложеное сырьё, такое как амарант, помогает улучшить такие показатели, как стабильность пены и аромат, а также способствует улучшению питательных характеристик пива [1].

Овёс является одним из наиболее перспективных зерновых культур для пивоварения. Он обладает высокими питательными свойствами, такими как содержание белков и углеводов, которые идеально подходят для процесса брожения. Овёс также богат бета-глюканами, что делает его интересным компонентом для создания пива с уникальной текстурой и густотой. Однако его использование в пивоварении требует применения определённых технологических решений. Высокая концентрация бета-глюканов может повышать вязкость сусла, что усложняет процессы фильтрации и варки. Для этого пивовары используют ферментные препараты, которые разрушают бета-глюканы, улучшая фильтрацию и стабильность пива [2,3].

Использование овса в качестве основного ингредиента для пивоварения не только улучшает органолептические свойства напитка, но и позволяет создать продукт с насыщенным вкусом и уникальной текстурой. Овёс придаёт пиву мягкость, плотность и характерный сладковатый привкус, что делает его отличным выбором для создания инновационных сортов. Это также открывает новые возможности для производителей, желающих предложить потребителям необычные и яркие вкусовые решения.

Амарант, в свою очередь, представляет собой зерновую культуру с высоким содержанием белков, аминокислот и антиоксидантов. Эти свойства делают амарант ценным компонентом для производства пива. Исследования показывают, что амарант может влиять на текстуру и вкус пива, придавая напитку более насыщенные и сложные вкусовые оттенки. В то же время амарант способен повышать питательную ценность пива благодаря высокому содержанию растительного белка. Добавление амаранта в пивоварение открывает возможности для создания напитков, которые не только обладают высокими вкусовыми качествами, но и положительно влияют на здоровье потребителей, улучшая антиоксидантные свойства напитка [4].

Одним из ключевых преимуществ амаранта является его способность стабилизировать пиво при длительном хранении, что особенно важно для производства пивных напитков с повышенными требованиями к сроку годности. Амарант также придаёт пиву специфический ореховый вкус и более насыщенный цвет, что делает его привлекательным для ценителей разнообразных и экзотических сортов пива. Кроме того, его использование в качестве сырья открывает новые возможности для создания функциональных сортов пива, которые могут обладать дополнительными

полезными свойствами для потребителей [5].

Тритикале, гибрид ржи и пшеницы, является перспективной культурой для пивоварения благодаря своим уникальным характеристикам. Он сочетает в себе высокую урожайность, устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям и хорошие ферментативные свойства, что делает его отличным заменителем традиционного ячменя. Тритикале активно используется в производстве пива в некоторых странах, где он доказал свою способность обеспечивать стабильные показатели экстракции крахмала и белков. Эти особенности делают его подходящим для создания пива с высокими органолептическими качествами, такими как насыщенный вкус и аромат.

Особенно интересен тот факт, что тритикале обладает хорошей пенокостойкостью, что позволяет пиву сохранять привлекательную пену на протяжении всего времени употребления. Кроме того, этот злак способствует улучшению стабильности пива, а также стабилизации пены, что важно для потребительских качеств готового продукта. Эксперименты, проведённые с использованием тритикале, показали, что оно эффективно участвует в процессе ферментации и при этом не ухудшает вкусовые качества напитка [6,7].

Биоактивированное зерно тритикале, подвергнутое специальной обработке, обладает дополнительными преимуществами. Исследования показали, что биоактивированные злаки улучшают вкусовые и питательные свойства конечного продукта, а также повышают содержание биологически активных веществ в пиве. Такой подход к производству пива позволяет создавать напитки с улучшенными антиоксидантными свойствами и повышенной питательной ценностью. Использование тритикале в пивоварении открывает новые возможности для создания функциональных продуктов, которые соответствуют требованиям современных потребителей, заинтересованных в продукции с дополнительными полезными свойствами [8].

Использование нетрадиционных зерновых культур в пивоварении требует адаптации производственных технологий. В частности, необходимо разработать новые методы экстракции крахмала и оптимизировать процесс варки, чтобы учесть особенности каждого вида сырья. Например, для улучшения фильтрации пивовары могут использовать ферменты, которые помогают расщепить сложные углеводы, такие как бета-глюканы в овсе, или оптимизировать процесс гидролиза крахмала в амаранте и тритикале. Эти технологические решения позволяют обеспечить стабильность качества пива и удовлетворить требования потребителей к инновационным и высококачественным напиткам [9].

Важным аспектом является влияние нетрадиционного сырья на органолептические свойства пива. Заменители традиционных злаков, такие как овёс, амарант и тритикале, могут придать пиву уникальные вкусовые оттен-

ки, улучшить его текстуру и создать новые сенсорные профили. Например, пиво, приготовленное с использованием амаранта, может иметь ореховый привкус и насыщенный цвет, а овёс придаёт напитку более густую и мягкую текстуру. Эти характеристики делают такие напитки особенно привлекательными для потребителей, ищущих новые вкусовые ощущения [10].

Библиографический список:

1. Кретьова Ю.И. Перспективы использования нетрадиционного сырья в технологии пивоварения: отечественный и зарубежный опыт // Промышленные биотехнологии, 2021, № 5. С. 12–18.
2. Перевышина Т.А., Емельянов С.А. Перспективы применения овса в процессе производства суслу для новых сортов пива // Промышленные биотехнологии, 2020, № 2. С. 18–24.
3. Киселёв И.В., Лодыгин А.Д., Перевышина Т.А. Применение овса в качестве несоложенного материала при разработке новых сортов пива // Промышленные биотехнологии, 2021, № 3. С. 24–30.
4. Данина М.М., Иванченко О.Б., Доморощенко М.Л. Разработка технологии пива с амарантовой мукой // Промышленные биотехнологии, 2022, № 4. С. 61–68.
5. Косминский Г.И., Петрович Н.Г., Царева Н.Н. Производство пива с использованием амаранта // Промышленные биотехнологии, 2021.
6. Зипаев Д.В., Кашаев А.Г., Рыбакова К.А. Разработка технологии пивного напитка с использованием солода из тритикале // Промышленные биотехнологии, 2022, № 6. С. 33–38.
7. Кобелев К.В., Гернет М.В., Хурушудян С.А. Тритикале — перспективная зерновая культура для натуральных напитков брожения // Промышленные биотехнологии, 2021, № 3. С. 45–53.
8. Миронцева А.А., Цед Е.А., Волкова С.В. Обоснование применения биоактивированного зерна тритикале в спиртовом производстве // Промышленные биотехнологии, 2022, № 2. С. 58–64.
9. Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Использование крахмалосодержащего сырья в производстве пива и его влияние на качество готового продукта // Промышленные биотехнологии, 2021, № 6. С. 34–40.
10. Сулейманова П.А., Халенгинова Д.А. Разработка технологии производства слабоалкогольного напитка брожения из нетрадиционного сырья // Промышленные биотехнологии, 2022, № 8. С.

УДК 664.68

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНГРЕДИЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБОГАЩЕНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Хайрутдинов Д. Н.

студент, hajrutdinovdmitrij61@gmail.com

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

АННОТАЦИЯ: В данной статье рассматривается проблема обеднённости биологически активными веществами кондитерских изделий. В ней, на примере муссовых десертов, отображены ингредиенты, которыми можно обогатить витаминно-минеральный состав готовых изделий, а также их биологическую ценность.

Ключевые слова: муссовые кондитерские изделия, обогащение, биологическая ценность, пищевая ценность, смородина чёрная, «кедровое молоко».

THE USE OF INGREDIENTS OF PLANT ORIGIN FOR THE PURPOSE OF ENRICHING CONFECTIONERY PRODUCTS

Khajrutdinov D. N.

Student, ehajrutdinovdmitrij61@gmail.com

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

ABSTRACT: This article discusses the problem of depletion of biologically active substances in confectionery products. Using the example of mousse desserts, it shows the ingredients that can enrich the vitamin and mineral composition of the finished products, as well as their biological value.

Keywords: mousse confectionery, enrichment, biological value, nutritional value, black currant, "cedar milk".

Мусс – сладкое десертное блюдо. Фирменное блюдо французской кухни. Приготавливается из ароматического основания (фруктового или ягодного сока, пюре, виноградного вина, шоколада, кофе, какао и другого сырья), пищевых веществ, способствующих образованию и фиксации пенного состояния мусса (яичные белки, желатин, агар), а также пищевых веществ, придающих блюду сладкий вкус или усиливающих его (сахар, сахарин, мед, патока) [1].

В наши дни при изготовлении муссовых десертов используется не только мусс, а также различные кремовые и фруктовые начинки и бискви-

ты. Благодаря относительной легкости изготовления, эффективному внешнему виду и неповторимому, изысканному вкусу они становятся все более популярными у потребителя.

Одним из главных недостатков кондитерских изделий является обеднённая биологически активными веществами из-за использования в ее производстве сырья, скудного по витаминно-минеральному составу (сахарный песок, пшеничная мука, маргарин и др.).

Для решения данной проблемы разрабатываются специальные рецептуры, в которых часть ингредиентов заменяют более полезным по составу аналогами или применяют различные растительные добавки. Их роль заключается в том, чтобы улучшить внешний вид, вкус, структуру продукта, а также обогатить его витаминами и минералами.

Таким образом, с целью обогащения муссовых изделий полезными компонентами и улучшения их органолептических показателей, рассматривается возможность использования черной смородины и растительного напитка из ядер кедровых орехов.

Так, одним из самых ценных витаминсодержащих растений российской флоры является черная смородина. В ней содержится большое количество пектиновых, дубильных, красящих веществ, органических кислот, сахаров, микроэлементов и других биологически активных веществ. Особый интерес к смородине чёрной вызван высоким содержанием в её ягодах витаминов С и Р, являющихся синергистами, поэтому смородина как природный источник обоих витаминов представляет большую ценность. Этим она вы годно отличается от многих других плодовых и ягодных культур, характеризующихся высокой Р-витаминной активностью, но содержащих мало аскорбиновой кислоты [2]. Полную суточную норму витаминов С и Р человек получает при употреблении всего 50 г ягод смородины чёрной средневитаминных сортов.

Таблица 1

Содержание витаминов в ягодах черной смородины, выращенной в Рязанской области ($M \pm m$) [3]

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	123,6±2,4
Р-активные соединения, мг/100 г, в т.ч.	914,7±23
– катехины	422,1±14,3
– антоцианы	492,6±18,2

Также, в наши дни производится растительный напиток из ядер кедровых орехов очень похож на коровье молоко. Данный напиток имеет сходство по органолептическим показателям с топленым молоком и представляет собой однородную жидкость кремового цвета с ярко выраженным вкусом и запахом кедрового ореха. Однако своим свойствам, в

частности по аминокислотному составу оно намного превосходит коровье молоко. Стоит только отметить, что он усваивается организмом почти полностью – на 95%.

Таблица 2

Содержание аминокислот в растительном напитке из ядер кедрового ореха и коровьем молоке [4,5]

Незаменимые аминокислоты, мг/л		
Продукт	Напиток	Молоко
Метионин	52,6	11,3
Лизин	177,4	27,3
Фенилаланин	82,2	16,7
Лейцин	113,7	32,6
Изолейцин	87,9	18,0
Треонин	90,7	14,5
Валин	158,3	19,9
Триптофан	-	4,8
Заменимые аминокислоты, мг/л		
Продукт	Напиток	Молоко
Тирозин	70,0	15,4
Серин	122,9	17,5
Глутаминовая кислота	199,1	66,1
Аспарагиновая кислота	225,9	23,2
Глицин	126,2	5,4
Глютамин	325,5	-
Аспаргин	495,0	-
Аланин	-	10,0
Пролин	-	32,7
Цистин	-	2,8
Условно заменимые аминокислоты, мг/л		
Продукт	Напиток	Молоко
Гистидин	25,5	9,7
Аргинин	246,3	12,1

Таким образом, использование растительного напитка из ядер кедрового ореха вместо коровьего молока, а также смородины черной для создания рецептов муссовых десертов, с целью их обогащения витаминами, белковыми и минеральными веществами, является целесообразным.

Библиографический список:

Ходырева, З. Р. Разработка муссов с использованием плодово-

ягодного сырья / З. Р. Ходырева, А. А. Степанова // Ползуновский вестник. – 2012. – №2/2 – С. 149–152.

1. Елисеева, Л.Г. Дифференцирование перспективных сортов плодово-ягодных культур по содержанию биологически активных соединений / Л.Г. Елисеева, О.М. Блинникова // Пищевая промышленность. – 2013. – №6. – С. 50-52.

2. Блинникова О.М. Ягоды черной смородины – ценное сырье при производстве обогащенных пищевых продуктов // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения): Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича (г. Мичуринск 11- 13 декабря 2019 г.). Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2019. С. 296-298.

3. Патент №2311037 Российская Федерация, МПК А23С 11/00 (2006.01). Способ получения кедрового молока : №2004137189/13 : заявл. 20.12.2004 : опубл. 27.05.2006 / Кущин А. А., Федотов В. А. ; заявители: Кущин А. А., Федотов В. А. // Yandex.ru : патенты. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2004137189A_20060527

4. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Аминокислотный анализ белков молока // Переработка молока. - 2019. - №12. – С. 32-35

УДК 579.66

СРАВНЕНИЕ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ЛАКТОБАКТЕРИЙ

Скугарев Е.Д.*

студент, skug.elisey@mail.ru

Петрова А.Н.**

инженер, аспирант, преподаватель химии, arinanikolayevna@mail.ru

Петров А.Н.***

студент, arinaartem72@mail.ru

*Иркутский техникум индустрии питания
664003, г. Иркутск, Ул. Ленина, 46

**Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

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

АННОТАЦИЯ: Антибиотики применяются при лечении инфекционных заболеваний, возбудителями которых являются бактерии, грибки и прочие микроорганизмы. Действие антибиотиков заключается в том, что они приводят к гибели бактерий и микробов, либо препятствуют их раз-

множению. В работе сравнивалась антибиотикорезистентность молочно-кислых бактерий. Также было замечено влияние изменения состава одного из антибиотиков на антибиотикорезистентность лактобактерий.

Ключевые слова: антибиотики, антибиотикорезистентность, бактерии.

COMPARISON OF ANTIBIOTIC RESISTANCE OF LACTOBACTERIA

Skugarev E.D.*

Student, skug.elisey@mail.ru

Petrova A.N.**

Postgraduate, engineer, Chemistry teacher, arinanikolaevna@mail.ru

Petrov A.N.***

Student, arinaartem72@mail.ru

*Irkutsk College of Food Industry

664003, Irkutsk, st. Lenina, 46

**Institute of the Earth's Crust SB RAS

664033, Irkutsk, st. Lermontova, 128

***Irkutsk National Research Technical university

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: Antibiotics are used to treat infectious diseases caused by bacteria, fungi and other microorganisms. The action of antibiotics is that they lead to the death of bacteria and microbes, or prevent their reproduction. The work compared the antibiotic resistance of lactic acid bacteria. The effect of changing the composition of one of the antibiotics on the antibiotic resistance of lactobacilli was also noted.

Key words: antibiotics, antibiotic resistance, bacteria.

Выбранная тема представляет большую практическую значимость, так как затрагивает актуальные проблемы современной медицины и здоровья людей, а именно, вопросы, касающиеся лечения антибиотиками и развитие антибиотикорезистентности. В работе исследуется проблема антибиотикорезистентности и причины, приводящие к столь активному ее росту.

Антибиотики применяются при лечении инфекционных заболеваний, возбудителями которых являются бактерии, грибки и прочие микроорганизмы. Действие антибиотиков заключается в том, что они приводят к гибели бактерий и микробов, либо препятствуют их размножению [1].

Но чрезмерное назначение антибиотиков приводит к резистентности бактерий и разрушению собственного иммунитета, за счёт гибели дружественной микрофлоры кишечника. Антибиотики делают нас слабее, а микроорганизмы становятся сильнее в долгосрочной перспективе [2].

В работе был проведен обзор литературы и обобщены научные исследования в области истории открытия антибиотиков, их классификации и механизмов действия, а также введено понятие «антибиотикорезистентность», разъяснена опасность существования проблемы для современной медицины и раскрыты негативные стороны воздействия антибиотиков на организм человека, сделаны соответствующие выводы.

Далее проведен эксперимент, целью которого являлось исследование влияния антибиотиков на жизнедеятельность кисломолочных бактерий. Исследовались изменения состояния молочнокислых бактерий с воздействием и без воздействия на них антибиотиков [3]. Исследовались следующие препараты: Левомецетин[®] 500мг, Трихопол[®] 250мг, Ципрофлоксацин[®] 500мг, Линкомицин[®] 250 мг, Амоксиклав[®] 500мг.

К одинаковому количеству молока добавлялись антибиотики. Эксперимент проводится с молоком без добавления антибиотика, такое молоко храниться до 7 суток. К лактобактериям оказался резистентен только Ципрофлоксацин[®].

В 2022 году проводился идентичный эксперимент на антибиотик Амоксиклав[®] 500мг. Замечено, что в сравнении с этим экспериментом, исследование, которое было проведено нами в 2025 году дало противоположный результат.

Исходя из этого, проведено сравнение состава. Состав антибиотика в 2022 и 2025 году различался по следующим параметрам: хлорамфеникол, крахмал картофельный, кальция стеарат. В 2025 году он оказался занижен. Предположительно, это и стало причиной различной антибиотикорезистентности к лактобактериям одного и того же препарата.

Синтетические антибиотики практически полностью уничтожают полезные микроорганизмы в кишечнике и убивают микрофлору. Поэтому подобные исследования являются причиной изысканий учёных, которые ищут способы решения сокращения использования антибиотиков. На основе данной работы также была создана памятка «Лекарства, подаренные человеку природой», в которой рассматриваются преимущества натуральных природных лекарств.

Библиографический список:

1. Дебабов Д.Г. Устойчивость к антибиотикам: происхождение, механизмы, подходы к преодолению // Биотехнология. 2012. № 4. С. 7 - 17.
2. Социальная проблема антибиотикорезистентности / Е.Г. Мухина и др. // Universum: Медицина и фармакология: электронный научный журнал. 2017. № 6. С. 40 - 44.
3. Тищенко А.С., Трепет А.С. Основные механизмы развития антибиотикорезистентности у бактерий / Теоретические и практические аспек-

ты развития научной мысли в современном мире: сборник статей Международной научно - практической конференции. 2017. С. 39 - 41.

4. Шулаева М.П. Группы антибиотиков и особенности определения чувствительности у микроорганизмов различных родов. Казань, 2011. 152 с.

УДК 543.427.4

**АНАЛИЗ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ
МЕТОДОМ РЕНГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ
СПЕКТРОМЕТРИИ С ПОЛНЫМ
ВНЕШНИМ ОТРАЖЕНИЕМ**

Толмачева А.С.*

студент, stolmacheva2008@gmail.com

Петрова А.Н.,****

инженер, аспирант преподаватель химии, arinanikolayevna@mail.ru

Мамонтова Н.А.*

студент

Галкина Е.Д.*

студент

Петров А.Н.**

студент, arinaartem72@mail.ru

*Иркутский техникум индустрии питания
664003, г. Иркутск, Ул. Ленина, 46

**Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

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

АННОТАЦИЯ: Методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии на приборе S2 PICOFOX проведен анализ двенадцати наименований общедоступных молочных продуктов на содержание P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr. Содержание практически всех элементов находится ниже минимального допустимого значения. Максимальное содержание брома и рубидия находятся в пределах допустимых значений и не превышают их верхних границ. Показана эффективность использованного аналитического метода для определения элементов в молоке и молочных продуктах. Приведен хронологический обзор работ по применению различных методов рентгеновского флуоресцентного для анализа пищевых продуктов.

Ключевые слова: молоко, рентгенофлуоресцентный анализ, элементный анализ, молочные продукты.

ANALYSIS OF MILK AND DAIRY PRODUCTS BY THE METHOD OF X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY WITH TOTAL EXTERNAL REFLECTION

Tolmacheva A.S.*

Student, stolmaceva2008@gmail.com

Petrova A.N.**,**

Postgraduate, engineer, Chemistry teacher, arinanikolaevna@mail.ru

Mamontova N.A.*

Student

Galkina E.D.*

Student

Petrov A.N.***

Student, arinaartem72@mail.ru

* Irkutsk College of Food Industry

664003, Irkutsk, st. Lenina, 46

** Institute of the Earth's Crust SB RAS

664033, Irkutsk, st. Lermontova, 128

*** Irkutsk National Research technical university

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ANNOTATION: The X-ray fluorescence spectroscopy method on the S2 PICOFOX device analyzed twelve names of publicly available dairy products for the content of P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr. The content of almost all elements is below the minimum allowable value. The maximum content of bromine and rubidium is within the acceptable values and does not exceed their upper limits. The effectiveness of the analytical method used to determine the elements in milk and dairy products is shown. A chronological overview of the work on the application of various X-ray fluorescence methods for the analysis of food products is given.

Keywords: milk, X-ray fluorescence analysis, elemental analysis, dairy products.

Молоко и молочные продукты играют важную роль в рационе человека с момента его рождения. Одним из способов узнать состав молока является ренгенофлюоресцентный анализ (РФА). Рентгенофлюоресцентный анализ (РФА) является одним из методов рентгеноспектрального анализа (РСА), который основан на взаимодействии рентгеновского излучения с исследуемым веществом.

Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА) также относится к методам рентгеноспектрального анализа и основывается на взаимодействии рентгеновского излучения с анализируемыми образцами. Этот метод позволяет определять элементный состав веществ [1].

Метод рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением (РФА ПВО) является разновидностью энергодисперсионного метода РФА. Основными частями энергодисперсионного спектрометра являются рентгеновская трубка, монохроматор и детектор (рисунок). Главное отличие РФА ПВО от классического РФА заключается в специальной геометрии расположения рентгеновской трубки и детектора. Монохроматизированный пучок первичного рентгеновского излучения под очень маленьким углом ($\sim 0.1^\circ$) падает на подложку-отражатель, на которую нанесена в виде тонкого слоя анализируемая проба, и отражается. Детектор (кремний-литиевый (SiLi) или кремниевый дрейфовый (SDD)) размещается над образцом и регистрирует в основном флуоресцентное излучение, которое отбирается под углом 90° . Использование эффекта полного внешнего отражения позволяет уменьшить интенсивность рассеянного излучения, снизить уровень фона и соответственно улучшить пределы обнаружения элементов.

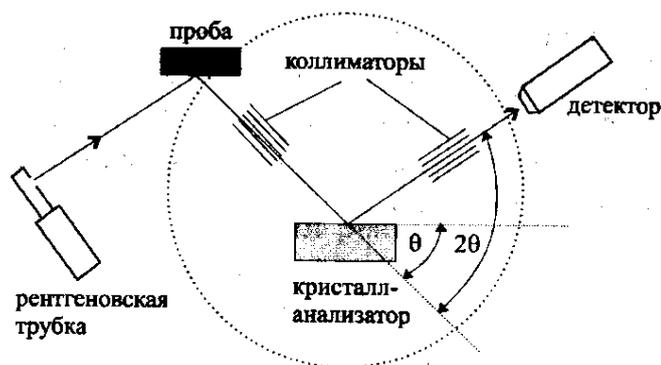


Рисунок . Схема энергодисперсионного спектрометра - классический РФА

Методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии на приборе S2 PICOFOX [3] проведен анализ двенадцати наименований общедоступных молочных продуктов на содержание P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr. Для каждого элемента рассчитано среднее значение найденного содержания C и его доверительный интервал.

Сравнивая полученные значения с референтными и со значениями с упаковки, исследования показали, что в образцах молока, полученных от различных производителей, наблюдается дефицит ряда жизненно важных микроэлементов. Этот дефицит может быть обусловлен несколькими факторами, включая недостаточное обогащение кормов, отсутствие разнообразия в рационе животных и влияние экологических факторов. Низкий уровень этих элементов в молоке может привести к негативным последствиям для здоровья населения, особенно для групп риска, таких как дети и беременные женщины.

Библиографический список

1. Perring L., Blank J. Validation of quick measurement of mineral nutrients in milk powders: comparison of energy dispersive X-ray fluorescence with inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy and potentiometry reference methods / Аналитика и контроль. 2010. Т. 14. № 1. // Sens. & Instrumen. Food Qual. 2008. V. 2. P. 254–261.
2. Пашкова Г. В. Определение содержания макро- и микроэлементов в порошках сухого молока рентгенофлуоресцентным методом / Г. В. Пашкова, Т. Н. Гуничева // Аналитика и контроль. — 2006. — № 3/4. — С. 313-320.
3. Gross A., Stosnach H. Lab Report XRF 434 S2 PICOFOX. Trace elements in biological matrices and their impact in clinical chemistry // Bruker AXS Microanalysis GmbH, Berlin.

УДК 664.38-664.139

ПРИМЕНЕНИЕ СЛАДКОГО БЕЛКА В КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Точилкина В.А.

студент, valeriatochilkina@mail.ru

Куприна О.В.

к.х.н., доцент, rudra@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Проводится исследование сладких белков в качестве замены сахара-песка в кондитерской промышленности. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны каждого вида сладких белков и их структуры.

Ключевые слова: Тауматин, Браззеин, Мабинлин, Монеллин, Куркулин, Пентадин, Лизоцим, Миракулин, заменитель сахара, торты.

THE USE OF SWEET PROTEIN IN THE CONFECTIONERY INDUSTRY

Tochilkina V.A.

Student, valeriatochilkina@mail.ru

Kuprina O.V.

Docent, PhD of Chemistry, rudra@mail.ru

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

ABSTRACT: A study is being conducted on sweet proteins as a substi-

tute for granulated sugar in the confectionery industry. The positive and negative sides of each type of sweet proteins and their structure are considered.

Keywords: Thaumatin, Brazzein, Mabinlin, Monellin, Curculin, Pentadin, Lysozyme, Mirakulin, sugar substitute, cakes.

Актуальным способом регулирования показателей ожирения в России является добавление сладкого белка – браззеина, для снижения углеводов в составе мучных кондитерских изделий с целью замены сахара-песка в тортах.

Впервые сладкий белок был выделен из плодов западно-африканского растения *Pentadiplandra brazzeana* в 1994 году [1].

Данный белок в 2000 раз слаще сахарозы по сравнению с 2%-ным водным раствором сахарозы и в 500 раз по сравнению с 10%-ным содержанием сахара [2].

Браззеин можно рассматривать как функциональный продукт, поскольку он обладает рядом преимуществ перед сахаром. Сладкий белок не влияет на выработку инсулина и углеводный обмен, делая продукты менее калорийными. За счет белковой структуры, браззеин не повышает уровень глюкозы в крови. Таким образом, сладости из браззеина будут полезны людям с диабетом, нарушением углеводного обмена, склонных к ожирению и многих других заболеваний, а также полезен для людей следящих за своим питанием.

Браззеин удобен в промышленном применении за счет термостабильности, растворимости в воде и устойчивости в кислой среде, что немаловажно для десертов и тортов [3].

Попадая в организм, браззеин расщепляется до аминокислот, не откладываясь в жировой ткани человека, а также оказывает положительное влияние на эмаль зубов в отличие от сахара, вызывающий кариес [4].

Суточная норма углеводов для взрослого человека составляет 45-65%, это около 225-325 граммов углеводов в день для человека, потребляющего 2000 калорий, однако исходя из статистики за 2024 год, 43% населения в России предпочитают употреблять высококалорийные торты и пирожные вместо конфет [5].

В 2020 году, компания «ЭФКО» начала исследование внедрения сладкого белка в кондитерские изделия, для получения более полезных сладостей [6]. Спустя 4 года, компания провела выставку «Десятилетие науки и технологий», где предоставила сладости с инновационным сахарозаменителем: конфеты, шоколад и мороженое [7].

Разработка рецептур ведется, в основном, на исследовании браззеина, поскольку в отличие от других сладких белков его вкусовая сладость близка к сахару без дополнительных послевкусий, как к примеру, имеет тауматин [1].

За счет применения нетрадиционного растительного сырья, потребитель будет более заинтересован в их использовании не только в мучных кондитерских изделиях, но и в других сферах пищевой промышленности.

Для выявления полезности и правильности выбора замены сахара среди 8 сладких белков, ниже представлена таблица сравнения органолептических и физико-химических показателей (таблица). Поскольку внедрение сладких белков только начинает развиваться, то приведенные данные со временем подвергнутся корректировке и станут более точными.

Таблица

Сравнение сладких растительных белков по органолептическим и физико-химическим показателям

Вид сладкого белка	Происхождение:	Структура	Сладость*/ послевкусие	Термоста- бильность, до	Рас- твори- мость	pH
Браззеин [1,8]	из плодов расте- ния <i>Pentadiplandra brazzeana</i> (рис.2)	полипептид (рис.1), вто- ричная струк- тура 4 S-S мостиков и не содержит SH-связь (54 АК')	500-2000 / нет	80°C	в H ₂ O	2,0-8,0
Тауматин [1,9]	из кожуры плодов растения <i>Thau- matococcus daniellii</i> (рис.3)	полипептид, вторичная структура 8 S-S мостиков (207 АК')	2000-3000 / лакричное	140°C 70°C	в H ₂ O	ниже 5,5 до 7,0
Миракулин [1,9]	из ягод кустарни- ка <i>Synsepalum dulcificum</i> (рис.4)	гликопроте- ин, глобуляр- ный, 1 S-S мостик (191 АК')	см. ниже**/ нет	100°C	в H ₂ O	до 3,0
Куркулин [1,9]	из плодов мала- зийского растения <i>Curculigolatifolia</i>	полимер (го- модимер), 2 S-S мостиков (114 АК')	430-2070 / см. ниже **	50°C	в H ₂ O, кислых раство- рах	3,0- 11,0
Неокулин [1]		полимер (ге- теродимер), 2 S-S мостиков (114 АК')	550 / см. ниже ***			
Монеллин [1,9,10]	из кустарника <i>Dioscoreophyllum cumminsii</i> (рис.5)	полипептид, Н-Н связь (50 АК')	3000 / нет	65°C	в H ₂ O, кислых раство- рах	2,0-9,0
Пентадин **** [1,9,11]	из плодов расте- ния <i>Pentadiplandra brazzeana</i> (рис.2)	–	500 / нет	100°C	в H ₂ O, спирте, ацетоне	0,0- 14,0

Мабинлин [1,9]	из семян растения <i>Capparis masaiikai</i> (рис.5)	полипептид, вторичная структура 4 S-S мостиков	100 / нет	100°C	в H ₂ O	–
-------------------	---	---	-----------	-------	--------------------	---

Примечание:

АК' – аминокислоты.

*Сладость сладких белков в сравнении с сахарозой.

**Миракулин и куркулин: не сладкие белки, которые превращают кислоту в сладость за счет связывания с рецепторами сладости.

***Неокулин: проявляет сладость, но обладает способностью преобразовывать кислотный вкус в сладкий.

****Пентадин: особенностью является то, что пентадин извлекается из фруктов после их термической сушки, а браззеин извлекается из фруктов в свежем виде, а также он способен маскировать горечь [1].

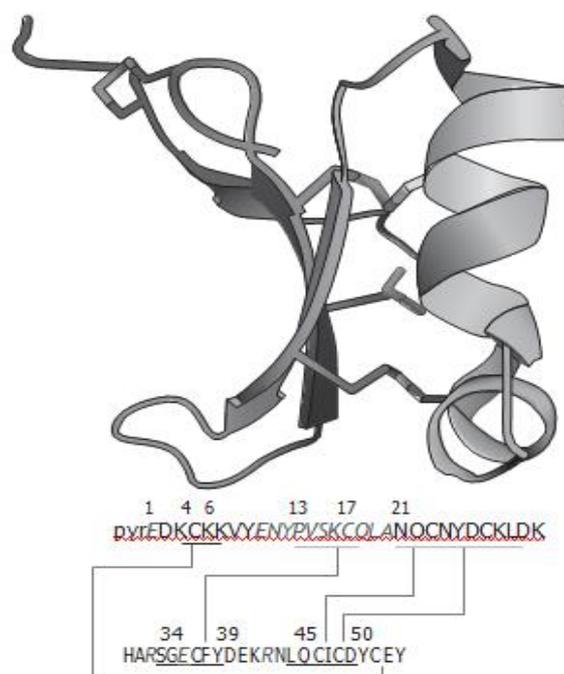


Рисунок 1. Трехмерная структура браззеина и соответствующая ему аминокислотная последовательность

Оказалось, что выделенный из зрелых фруктов белок представляет собой совокупность из двух форм, различающихся по наличию остатка пироглутамата на N-конце: pyrE-brazzein (80% выделенного браззеина, основная форма) и des-pyrE-brazzein (20% выделенного браззеина, побочная форма, лишенная остатка пироглутамата). 8 цистеиновых остатков образуют 4 внутримолекулярных дисульфидных связи: Cys4-Cys52, Cys16-Cys37, Cys22-Cys47 и Cys26-Cys49, что обеспечивает стабилизацию вторичной структуры [8].



Рисунок 2. Плоды западно-африканского растения *Pentadiplandra brazzeana*



Рисунок 3. Плоды западно-африканского растения *Thaumtoccus daniellii*



Рисунок 4. Ягоды вечнозеленого кустарника *Synsepalum dulcificum*



Рисунок 5. Тропический африканский кустарник *Dioscoreophyllum cumminsii*



Рисунок 6. Китайское субтропическое растение *Capparis masaikai*

Вывод: при исследовании сладких белков выяснилось, что полная замена сахара-песка в мучных кондитерских изделиях невозможна по ряду причин, так как сахароза:

- способна поглощать воду и предотвращает высыхание выпечки при хранении;
- необходима для получения лёгкой и пористой выпечки;
- запускает процесс карамелизации, за счет чего образуются такие соединения как: карамелан, карамелен и карамелин, что дают золотисто-

коричневый цвет изделию и устойчивую структуру;

- препятствует образованию клейковины и сворачиванию белка, в результате чего получается нежная выпечка;
- защищает изделия от развития бактериальных процессов, за счет чего продлевается срок годности продуктов;

Не смотря на то, что сейчас возникают ограничения использования браззеина в тортах, есть возможность совершенствования как и самих белков, за счет биотехнологического направления, так и способа его введения в сладости.

Библиографический список:

1. Сладкие белки от традиционного потребления к инновационным продуктам питания / Н. Н. Миняйлова, N. N. Minyailova, O. B. Будникова [и др.] // Мать и Дитя в Кузбассе. – 2024. – № 3 (98). – С. 33-40. – ISSN 1991-010X. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/368249> (дата обращения: 19.03.2025);

2. Ming D, Hellekant G. Brazzein, a new high-potency thermostable sweet protein from *Pentadiplandra brazzeana* B. *FEBS Lett.* 1994; 355(1): 106-108. doi: 10.1016/0014-5793(94)01184-2 (дата обращения: 19.03.2025);

3. F M Assadi-Porter, D J Aceti, H Cheng, J L, Markley Efficient production of recombinant brazzein, a small, heat-stable, sweet-tasting protein of plant origin Academic Press, 2000; PMID: 10775410 DOI: 10.1006/abbi.2000.1725 (дата обращения: 19.03.2025);

4. Ariana Saraiva, Conrado Carrascosa, Fernando Ramos, Dele Raheem, Sónia Pedreiro, Angelo Vega and Antonio Raposo, Brazzein and Monellin: Chemical Analysis, Food Industry Applications, Safety and Quality Control, Nutritional Profile and Health Impacts *Foods* 2023, 12, 1943. <https://doi.org/10.3390/foods12101943> (дата обращения: 19.03.2025);

5. Кондитерский рынок в 2025: аналитика и тренды [Электронный ресурс] URL: <https://adpass.ru/konditerskij-rynok-v-2025-analitika-i-trendy/> (дата обращения: 06.02.2025);

6. ГК «ЭФКО»: производство сладкого белка браззеина [Электронный ресурс] URL: <https://logistics.ru/promyshlennost-upravlenie-logistikoy-i-kompaniey/gk-efko-investiruet-10-mlrd-rublej-v-proizvodstvo> (дата обращения: 06.02.2025);

7. ВДНХ «ЭФКО»: выставка сладостей на основе инновационного сахарозаменителя [Электронный ресурс] URL: <https://rb.ru/news/innovacionnoe-morozhenoe/> (дата обращения: 19.03.2025);

8. Е.В. Маркова, Е.И. Леонова, Ю.В. Сопова Сладкий белок браззеин как перспективный подсластитель // Вопросы питания. 2024. №1 (551). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sladkiy-belok-brazzein-kak>

perspektivnyu-podslastitel (дата обращения: 19.03.2025);

9. О.В. Багрянцева, В.В. Бессонов, Д.О. Боков, З.Г. Гурзу, Е.В. Ляшенко Гигиеническая оценка и перспективы использования подсластителей на основе белков в производстве пищевой продукции // Вопросы питания. 2024. №6 (556). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-i-perspektivy-ispolzovaniya-podslastiteley-na-osnove-belkov-v-proizvodstve-pischevoy-produktsii> (дата обращения: 19.03.2025);

10. Л.Г. Елисеева, О.В. Юрина Международные тенденции производства генетически модифицированных пищевых продуктов: риски и перспективы // Международная торговля и торговая политика. 2015. №2 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnye-tendentsii-proizvodstva-geneticheskimi-modifitsirovannyh-pischevyh-produktov-riski-i-perspektivy> (дата обращения: 19.03.2025);

11. З.Г. Гурзу, О.В. Багрянцева, Д.С. Новикова, С.А. Хотимченко Анализ свойств Komagataella phaffii CF-st401 – генетически модифицированного продуцента сладкого белка браззеина с применением методов in silico // Вопросы питания. 2024. №4 (554). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-svoystv-komagataella-phaffii-cf-st401-geneticheskimi-modifitsirovannogo-produktsenta-sladkogo-belka-brazzeina-s-primeneniem> (дата обращения: 19.03.2025).

УДК 663.31

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СИДРА НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ЯБЛОЧНОГО СОКА РЕЗЕРВУАРНЫМ МЕТОДОМ ШАМПАНИЗАЦИИ

Закусило А.И.

студент, nastya.zakusilo.01@mail.ru

Грищенко А.И.

к.т.н., доцент, Nemchinovaai@istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: Представлена принципиальная технологическая схема производства сидра резервуарным методом шампаннизации. Основным сырьём в производстве служит концентрированный яблочный сок.

Ключевые слова: сидр, концентрированный яблочный сок, резервуарный метод шампаннизации, вторичное брожение, принципиальная технологическая схема.

TECHNOLOGY OF CIDER PRODUCTION BASED ON CONCENTRATED APPLE JUICE BY RESERVOIR METHOD OF CHAMPAGNIZATION

Zakusilo A.I.

Student, nastya.zakusilo.01@mail.ru

Grishchenko A.I.

Docent, PhD in Technology, Nemchinovaai@istu.edu

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: The principal technological scheme of cider production by reservoir method of champanization is presented. The main raw material is concentrated apple juice.

Keywords: cider, concentrated apple juice, reservoir method of champanization, secondary fermentation, principal technological scheme.

Сидр уверенно завоевывает свою долю на мировом рынке, и это не только из-за того, что он представляет собой легкий и доступный слабоалкогольный напиток. В настоящее время существуют разные виды сидра, ориентированные на разные группы потребителей: от простых поклонников, любящих освежающие напитки с приятным яблочным ароматом, до истинных знатоков, ищущих новые и сложные вкусовые ощущения. Сидр также может служить альтернативой вину, прекрасно сочетаясь с различными блюдами.

В мире имеется множество сортов сидра, включая безалкогольные варианты. Эти напитки отличаются по своим органолептическим характеристикам, таким как аромат, вкус и букет. Кроме того, сидры классифицируют по физико-химическому составу, так как в каждой стране-изготовителе действуют свои стандарты относительно сырья, вспомогательных ингредиентов, конечного продукта и технологии производства.

На сегодняшний день для многих производителей в разных странах в качестве сырьевой базы для приготовления сидра служит концентрированный яблочный сок [1].

С технологической точки зрения концентрированный яблочный сок имеет ряд преимуществ.

Во-первых, высокое содержание сухих веществ в концентрированном соке позволяет хранить его длительное время (до нескольких лет), а также значительно сокращает стоимость логистики (примерно в 5-6 раз по сравнению с обычным соком). При этом закупать его можно по всему миру.

Во-вторых, концентрированный сок в процессе получения уже подвергают осветлению. Поэтому при производстве сидра необходимо толь-

ко удалить дрожжи по окончании брожения и будет получен прозрачный, розливостойкий напиток.

Преимущества применения концентрированного сока настолько велики, что большинство предприятий по всему миру строят свою работу исключительно на нем. Это позволяет при значительно меньшем составе оборудования производить продукцию круглогодично, дает возможность работать по строгому графику и отгружать продукцию максимально быстро.

Сидр производят как периодическим, так и непрерывным способом. Периодическое проведение процесса позволяет получить высококачественную продукцию при сокращении продолжительности основного процесса.

В настоящее время резервуарный метод шампанизации получил широкое распространение, благодаря экономическим преимуществам. Бутылочный метод производства сидра для получения готовой продукции требует трехлетнего срока и больших производственных помещений. Резервуарный метод не требует длительного технологического процесса. Достаточно примерно 2-х месяцев для завершения всего цикла производства от процесса шампанизации до получения готовой продукции. Потребность в площади производственных помещений при резервуарной методе также значительно меньшая, чем при бутылочном [2].

Основные этапы производства:

1. Приготовление яблочного сусла и брожение

Концентрированный яблочный сок и воду смешивают в определенных пропорциях и добавляют разброженные винные дрожжи. Брожение проходит в течении 45-55 дней при температуре 18-23 °С.

2. Обработка яблочного виноматериала и фильтрация

По окончании брожения в готовый виноматериал добавляют сернистый ангидрид для стабилизации и подготовленную суспензию бентонита с целью осветления сидрового материала. Выдержка на бентоните осуществляется в течении 8-10 суток. После осветления виноматериала фильтруется.

3. Купажирование

Купажирование готового напитка происходит согласно рецептуре на определенный тип напитка. Для подслащивания готового напитка используется сахарный сироп. Также в купажную емкость задаются другие ингредиенты согласно рецептурам.

4. Вторичное брожение, охлаждение и отстаивание

Готовый купаж перекачивают с помощью насоса в акратофор и вводят дрожжевую разводку. Брожение в резервуарах проводят при температуре не выше 15°С. Суточный прирост давления допускается не более 0,3 атм. Продолжительность процесса шампанизации в резервуарах установ-

лена в 26-27 дней, в том числе 23-24 дня на брожение и 3 дня на охлаждение и отстаивание.

5. Фильтрация и розлив готового напитка

Готовый сидр фильтруется и подаётся на розлив.

На основе вышперечисленных основных этапов производства, была составлена принципиальная технологическая блок-схема на рисунке.

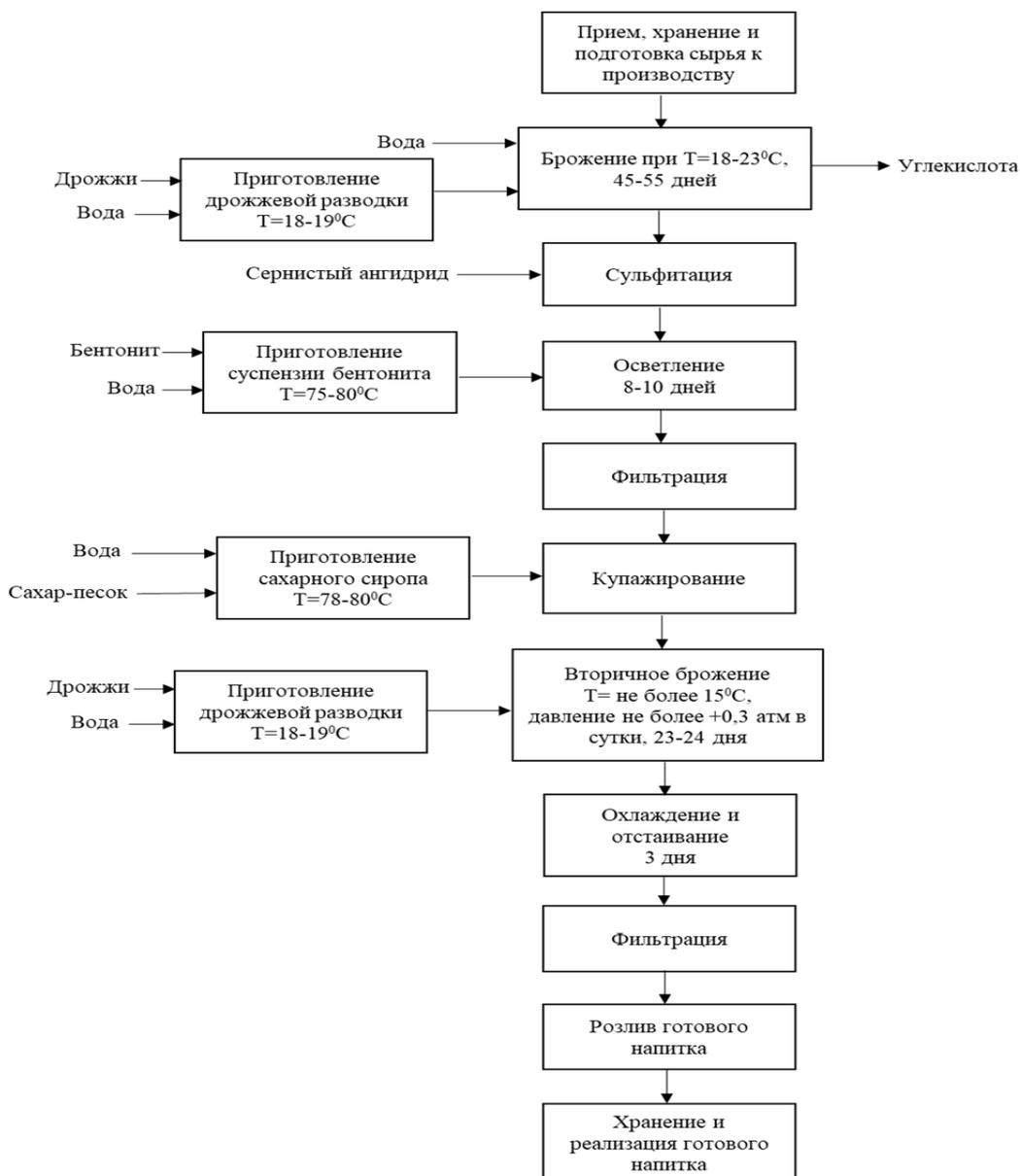


Рисунок. Принципиальная технологическая блок-схема производства яблочного сидра резервуарным методом шампанизации

Эта технологическая схема производства сидра отлично подходит для начинающего предприятия. Так как меньше всего затрачиваются временные и экономические ресурсы.

В ходе проведенной работы был обоснован выбор основного сырья для производства сидра и приведены преимущества его использования. На основе анализа литературных данных и выявления достоинств и недостатков различных методов насыщения сидра углекислотой, был выбран резервуарный метод шампанизации. Разработана принципиальная технологическая схема производства сидра на основе концентрированного яблочного сока.

Библиографический список:

1. Пьер-Ив Бурнериа Методы производства сидра. Технологии для улучшения качества продукта. - Индустрия НАПИТКОВ №3 – Институт энологии Шампани (IOS), 2020 – 10 с.; [Электронный ресурс] - URL: https://ioc.eu.com/wp-content/uploads/2021/02/CIDER_n03-20_f3.pdf
2. Герасимов М.А. Технология вина – М.: Типография Московской картонажной ф-ки, 1959 – 637 с.;
3. Авакянц С.П. Игристые вина – М.: Агропромиздат, 1986 – 272 с.;
4. Глазунов А. И., Царану И. Н. Технология вин и коньяков - М.: Агропромиздат, 1988. -342 с.;
5. Аношин И. М., Мержаниан А. А. Физические процессы виноделия — М.: Пищевая промышленность, 1976. – 376 с.

УДК 664.66:664.66.022.3

**СРАВНЕНИЕ ЙОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И
ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБА И
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Михеева С. Ю.

студент, mikheeva_sn14@mail.ru

Куприна О. В.

к.х.н., доцент, rudra@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Проводится исследование йодсодержащего сырья и добавок для обогащения хлеба и хлебобулочных изделий. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны каждого вида добавок.

Ключевые слова: хлеб, йод, йодказеин, ламинария, биойод, йодированная соль, комплексная добавка, яблочный йод пектиновый экстракт.

COMPARISON OF IODINE-CONTAINING RAW MATERIALS AND ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF BREAD AND BAKERY PRODUCTS

Mikheeva S. Y.

Student, mikheeva_sn14@mail.ru

Kuprina O. V.

Docent, PhD of Chemistry, rudra@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: A study of iodine-containing raw materials and additives for fortification of bakery products is carried out. The positive and negative sides of each type of raw materials and additives are considered.

Keywords: bread, iodine, iodocasein, kelp, bioiodide, iodized salt, complex additive, pectin extract.

Йод был открыт Куртуа в 1811 году. Название новому элементу присвоил в 1813 году французский химик Жозеф-Луи Гей-Люссак за фиолетовый цвет его паров («йодос» по-гречески значит «фиолетовый»). В медицинскую практику введен с 1820 года. Добывается йод из золы морских водорослей (ламинария) и из чилийской селитры. Наибольшее количество его сконцентрировано в морской воде (0,06 мг/мл), воздухе и почвах приморских районов [1].

Роль йода в организме.

1. Более 60% поступившего в организм йода потребляет щитовидная железа, которая усваивает его из крови и использует в синтезе гормонов – тироксина и трийодтиронина. Посредством своих гормонов она регулирует деятельность других желез внутренней секреции (гипофиз, половые железы) и тем самым оказывает влияние на все метаболические процессы в организме человека.

2. Йод играет важную роль в формировании необходимых нашему организму клеток – фагоцитов, своеобразных санитаров, захватывающих и уничтожающих чужеродные микроорганизмы и повреждённые клетки.

3. Поддерживает двигательную активность и хорошее самочувствие.

4. Йод очень важен для нормального роста и развития детей и подростков: он участвует в образовании костно-хрящевой ткани, синтезе белка, стимулирует умственные способности.

5. Обеспечивает нормальное функционирование репродуктивной системы у мужчин и женщин.

6. Обеспечивает правильное развитие плода.

7. Йод играет важную роль в обмене жиров, белков, углеводов и обеспечение организма энергией.

8. От содержания йода в организме зависит нормальная работа нерв-

ной системы и состояние психики: растут и развиваются клетки, формируется эмоциональный фон, снимается раздражительность.

9. Участвует в развитии и регуляции сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, половой и костно-мышечной систем.

10. Способствует здоровью кожи, волос, ногтей и зубов.

11. Йод важен для нашего интеллекта: он поддерживает память, способствует лучшему усвоению информации [1].

Суточная потребность йода в организме. Поступающий с пищей и водой йод в виде солей йодоводородной кислоты – иодидов – всасывается в верхних отделах тонкого кишечника, откуда переходит в плазму крови и поглощается щитовидной железой.

Суточная потребность:

дети до года – 50 мкг;

дети от 1 года до 6 лет – 90 мкг;

дети от 7 до 12 лет – 120 мкг;

подростки от 12 лет до 16 лет – 140 мкг;

взрослые от 16 до 60 лет – 150 мкг;

беременные и кормящие женщины – 200 мкг;

люди старше 60 лет – 100 мкг.

Йод встречается в легкодоступной форме во всех видах морских растений и животных: морской рыбе, морской капусте, а также в яйцах, фасоле, фисташках [1]. Но для многих регионов данные продукты являются не совсем доступными. Поэтому более 70% территорий РФ являются геохимической провинцией с дефицитом йода, и большинство населения России подвержены риску развития ЙДЗ. Зоб диагностируется у 20-30% детей 7-10 лет, у 30-50% подростков и у 30-50% беременных женщин [2].

Хлеб является ценным продуктом питания, который составляет значительную часть пищевого рациона, является источником растительного белка, углеводов, минеральных солей, витаминов группы В, обладает таким значимым качеством, как неприедаемость. Однако большим недостатком состава хлеба является дефицит незаменимых аминокислот, таких как треонин, лизин, макро- и микроэлементов – йода, кальция, железа, а также витаминов [3]. Поэтому целесообразность обогащения хлеба дефицитными микронутриентами подчеркивается также тем обстоятельством, что хлеб в России остается продуктом массового потребления, особенно у недостаточно обеспеченных слоев населения [4].

Одним из путей профилактики йодо- и иммунодефицитных состояний является создание функциональных продуктов питания путем обогащения их микроэлементами. Для решения этих проблем существуют и используются неорганические формы йода: йодированная соль; крахмалйодистый комплекс; комплексное соединение неорганического йода и пектина; органические формы йода: йодказеин, биоiod, ламинария, комплексное соеди-

нение органической формы йода и цинка. Недостатками неорганических форм являются токсичность, низкая биодоступность и эффективность. Также недостатками использования неорганической формы йода в качестве пищевых добавок являются летучесть, выраженный неприятный запах, связанный с выделением свободного йода, и металлический привкус. Органические формы более предпочтительнее, однако отличаются более дорогими и более сложными технологиями [5].

Для выявления лучших йодсодержащих добавок для применения в производстве хлеба и хлебобулочных изделий, ниже представлена таблица сравнения их показателей (см. таблицу).

Таблица

Сравнение йодсодержащего сырья и добавок

Вид	Содержание йода в 100 г продукта (мкг)	Влияние на качество готового изделия	Недостатки	Удовлетворение суточной потребности 100 г продукта (%)
Йодированная соль (NaCl *KIO ₃).	44-55	Использование приводит к увеличению пористости готового изделия [6]	Неорганическая форма йода хуже усваивается организмом; менее термостабилен	29-37
Йодказеин	38-45	Положительно влияет на показатели сжимаемости мякиша [7]	Усвояемость йода из замкнутой казеиновой белковой глобулы крайне низкая (5-7 %)	25-30
Биойод (йодальбумин + йодказеин)	25-35	Использование не приводит к ухудшению органолептических и физико-химических показателей качества продукции	Недостатки не выявлены. Обладает высокой стабильностью при нагревании (до 300°C) и при длительном хранении, устойчивостью к свету, что исключает возможность отрицательного воздействия свободного йода на физико-химические и органолептические показатели качества готовой продукции [8]	17-23

Яблочный йод пектиновый экстракт	120	Использование добавки придает более сильную окраску корки хлеба; продолжительность хранения готового изделия увеличивается [3]	Неорганическая форма йода хуже усваивается организмом	80
Ламинария (моно- и дийодтирозин, йодиды, йодаты)	60,64±0,44	Положительно влияет на значения показателей структурно-механических свойств в процессе хранения готового изделия	Недостатков не выявлено, но есть возможность в редких случаях вызывать аллергию, которая может проявляться не сразу [9]	40
Комплексная добавка (органическая форма йода и цинка на основе пептидов соевого белка)	13,11	Увеличивает объемный выход хлеба; придает хлебу более выраженный вкус и не влияет на процесс черствения хлеба при хранении	Недостатки не выявлены. Способствует восстановлению уровня тиреоидных гормонов, снижению параметров окислительного стресса, повышению уровня антиоксидантной защиты и стимуляции функции иммунной системы. При выпечке хлеба в готовом продукте сохраняется 70-71 % йода от введенного [5]	10-11

Проведенный поиск и анализ результатов позволил определиться с наиболее перспективным, на наш взгляд, способом обогащения хлеба и хлебобулочных изделий. Такой способ должен предусматривать внесение добавок содержащих органическую форму йода (биойод, ламинария, комплексное соединение органической формы йода и цинка, йодказеин), т.к. данные добавки не являются токсичными, обладают высокой биодоступностью и эффективностью.

Библиографический список:

1. Бобров, А. О. Перспективы использования йодосодержащего сырья в рецептурах хлебобулочных изделий / А. О. Бобров, Т. Л. Шевелева // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LI Международной студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 17 марта 2017 года. Том Часть 2. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2017. – С. 15-17. – EDN ZIPWAT;
2. Полянская, И. С. Стратегии ликвидации тотального йододефицита населения / И. С. Полянская // Современные проблемы науки и образования: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Кишинев, 30 июля 2019 года / Научно-издательский центр «Мир науки». – Кишинев: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2019. – С. 58-68. – EDN HPLAHY;
3. Заикина, М. А. Разработка рецептуры хлеба ржано-пшеничного с использованием яблочного йод пектинового экстракта / М. А. Заикина, А. Е. Ковалева, Э. А. Пьяникова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82, № 4(86). – С. 202-206. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-4-202-206. – EDN PEBXVY;
4. Исаченкова, Т. С. Применение матриц патентного поиска для оценки новизны способов обогащения хлеба и хлебобулочных изделий йодом / Т. С. Исаченкова, Д. И. Явкина // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-4. – С. 554-558. – EDN XNNFSX.
5. Разработка рецептуры и оценка потребительских свойств хлеба пшеничного, обогащенного органической формой йода и цинка / Д. В. Лыгденов, С. Д. Жамсаранова, Т. С. Козлова, Е. В. Сордонова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6(141). – С. 193-198. – EDN YRIYRJ;
6. Шмидт, Н. Я. Использование йодированной соли в хлебопекарном производстве / Н. Я. Шмидт // Вестник торгово-технологического института. – 2011. – № 5(5). – С. 60-65. – EDN TZUICP;
7. Дюрягина, Е. В. Хлеб лечебно-профилактического назначения, обогащенный йодказеином / Е. В. Дюрягина // Инновации в науке и практике : Сборник трудов по материалам XX Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 27 января 2025 года. – Уфа: ООО "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2025. – С. 42-46. – EDN SLCHUS;
8. Обогащение йодом муки и хлебобулочных изделий / М. С. Дуля, С. Л. Люблинский, А. В. Дюмулен, В. А. Сибиряков // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 52-55. – EDN SDCJ CZ;
9. Шишканов, А. А. Разработка хлеба, обогащенного йодом / А. А. Шишканов, Г. Е. Рысмухамбетова, Е. Н. Бухарова // Технология и продук-

ты здорового питания: материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности, Саратов, 01–12 декабря 2015 года. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2015. – С. 454-455. – EDN XGQTDR;

УДК 663.34

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОЖЖЕВОГО АВТОЛИЗАТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРЕПЛЕННОГО ПЛОДОВОГО НАПИТКА

Иванова К.Р.

аспирант, kristinochka_iskakova@mail.ru

Привалова Е.А.

к.х.н., доцент, epriv@istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: Формирование органолептических свойств крепленых вин типа портвейн происходит в процессе тепловой обработки крепленого виноматериала в контакте с древесиной дуба. При этом виноматериал должен содержать достаточное количество азотистых соединений, сахаров и полифенолов. Сусло, получаемое из плодового сырья, зачастую содержит недостаточно азотистых соединений, в связи с чем необходимо его обогащение источниками азота. В работе изучено влияние дрожжевого автолизата на формирование органолептических свойств крепленого напитка из плодов груши уссурийской. Показано, что обогащение плодового виноматериала дрожжевым автолизатом позволяет получать из сусла груши уссурийской плодовые крепленые напитки по типу портвейн, физико-химические и органолептические характеристики которых удовлетворяют требованиям нормативной документации.

Ключевые слова: груша уссурийская, дрожжевой автолизат, портвейнизация, органолептический анализ.

APPLICATION OF YEAST AUTOLYSATE IN THE FORMATION OF ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF FORTIFIED FRUIT DRINK

Ivanova K.R.

Postgraduate student, kristinochka_iskakova@mail.ru

Privalova E.A.

Cand. Sci. (Chemistry), Assistant professor, epriv@istu.edu

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: Organoleptic properties of port wines are forming due to heat treatment of fortified wine material in contact with oak wood. The wine material should contain a sufficient amount of nitrogen compounds, sugars and polyphenols. The must obtained from fruit raw materials often is poor in nitrogen compounds, and therefore it is necessary to enrich it with nitrogen sources. The work studies the effect of yeast autolysate on the formation of organoleptic properties of a fortified drink made from Ussuri pear fruits. It has been shown that enrichment of fruit wine material with yeast autolysate allows obtaining fortified fruit drinks of the port type from the Ussuri pear must with the physicochemical and organoleptic characteristics that answer the requirements of regulatory documentation.

Keywords: Ussuri pear, yeast autolysate, port wine, organoleptic analysis.

Введение. Формирование традиционных органолептических свойств специальных виноградных вин типа портвейн происходит в процессе длительной тепловой обработки крепленого виноматериала в контакте с древесиной дуба [1]. Полнота вкуса портвейнов обеспечивается наличием в виноматериале необходимого количества экстрактивных веществ, среди которых наиболее важным значением имеют полифенольные соединения, сахара и аминокислоты [1–3]. Считается [2], что содержание азотистых веществ в сусле для портвейна должно быть на уровне 0,2–0,7 г/дм³. Азотистые соединения в процессе портвейнизации вступают в сахароаминные реакции, в результате которых формируется характерный цвет готового напитка.

При недостаточном количестве азотистых соединений в сырье и для активизации меланоидиновой реакции рекомендуется обогащение сусла источниками азота с помощью таких приемов, как выдержка виноматериалов на дрожжевых осадках и добавление дрожжевых автолизатов [2, 4, 5]. Данные приемы хорошо изучены на примере виноградного сусла и рекомендованы к использованию в производственных условиях.

В условиях Сибирского региона при дефиците виноградного сырья активно проводятся исследования по поиску технологических приемов работы с плодово-ягодными культурами с целью получения алкогольных напитков, сходных со специальными виноградными винами [6–9]. Одной из перспективных плодовых культур для использования в виноделии является мелкоплодная груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.), культивируемая на территории Южного Прибайкалья [10, 11]. Исследования, проведенные ранее [12], показали, что груша уссурийская является перспективным сырьем для получения крепленой алкогольной продукции, в частности, напитков типа портвейн.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния дрожжевого автолизата на формирование органолептических свойств крепленого плодового напитка типа портвейн.

Экспериментальная часть. Объектом исследования служило сусло, полученное из плодов груши уссурийской урожая 2024 г., собранных в Иркутской обл. Выход и характеристика сусла представлены в табл. 1. Консервацию сусла обеспечивали внесением 100 мг/дм³ метабисульфита калия.

Характеристики сусла и полученных напитков определяли стандартными методами, принятыми в винодельческом производстве [13].

Таблица 1

Характеристика грушевого сусла

Показатель	Значение
Выход, %	60
Плотность, кг/м ³	1070
Титруемая кислотность, г/дм ³	16,0
Сахар, г/100 см ³	14,0
Аминный азот, мг/дм ³	574
Приведенный экстракт, г/дм ³	43

Полученное сусло кондиционировали по кислотности и сахаристости с помощью воды и сахарного сиропа с концентрацией 65% сухих веществ и подбраживали до достижения концентрации сахара 15 г/100 см³, после чего полученный плодовой подброженный материал крепили этиловым ректифицированным спиртом до 16% об. Крепленый плодовой материал подвергали выдержке (отдыху) в течение 10 дней, после чего декантировали с осадка, центрифугировали направляли на портвейнизацию ускоренным методом [12]. Для формирования органолептических свойств портвейна в крепленый плодовой материал вносили дрожжевой автолизат, приготовленный по методике [14], щепу древесины яблони, груши и дуба, или скорлупу кедрового ореха, полученную на калибровочно-дробильном аппарате при производстве кедрового масла. Органолептическую оценку полученных крепленых плодовых напитков проводили в соответствии с [15].

Обсуждение результатов. Характеристика полученных крепленых плодовых напитков приведена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика плодовых напитков типа портвейн, полученных на основе грушевого сусла

Образец плодового напитка	Физико-химические показатели				
	Титруемая кислотность, г/дм ³	Сахар, г/100 см ³	Аминный азот, мг/дм ³	Приведенный экстракт, г/дм ³	Крепость, % об.
Плодовый крепленый материал	10,8	12,0	560	34	15,8
Плодовый крепленый напиток 1*	10,7	7,4	455	28	16,0

Плодовый крепленый напиток 2	10,7	5,6	425	26	15,8
Плодовый крепленый напиток 3	10,4	5,7	490	28	15,6
Плодовый крепленый напиток 4	10,5	5,4	450	27	15,9
ГОСТ Р 58013-2017	3,5	4–300**	Не норм.	Не норм.	Не более 22

*Образцы получены с использованием: 1 – СКО, 2 – щепы яблони, 3 – щепы груши, 4 – щепы дуба;

**Для разных типов напитков.

По крепости и содержанию сахара полученные напитки удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 58013-2017 «Напитки винные фруктовые. Общие технические условия». Повышенная кислотность напитков связана со свойствами исходного плодового сырья. По величине приведенного экстракта образцы напитков соответствуют белым портвейнам, для которых приведенный экстракт должен находиться в пределах 20–30 г/л [1–3]. Содержание аминного азота и сахара в напитках несколько снижается в сравнении с исходным суслем и крепленным плодовым материалом вследствие протекания комплекса химических реакций, характерных для процесса портвейнизации.

При органолептической оценке крепленых плодовых напитков были отмечены ярко выраженные кислотность и терпкость во вкусе. Древесина различных пород не оказала существенного влияния на вкусовые особенности полученных образцов. Напитки имели янтарные оттенки цвета, усиливающиеся в ряду: щепка яблони, щепка груши, щепка дуба, скорлупа кедрового ореха. В аромате напитков отмечены фруктовые, грушевые, ореховые и древесные ноты.

Выводы. Таким образом, можно заключить, что обогащение плодового виноматериала дрожжевым автолизатом позволяет получать из сусла груши уссурийской плодовые крепленые напитки по типу портвейн, физико-химические и органолептические характеристики которых в основном соответствуют ГОСТ Р 58013-2017. Повышенная кислотность и терпкость напитков связана с сортовыми особенностями плодового сырья и подлежит корректировке доступными методами на стадиях, предшествующих тепловой обработке крепленого виноматериала.

Библиографический список:

1. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин. Симферополь: Таврида, 2001. – 624 с.
2. Глазунов А.И., Царану И.Н. Технология вин и коньяков. М.: Агропромиздат, 1988. – 342 с.

3. Родопуло А.К. Основы биохимии виноделия. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 240 с.
4. Рейтблат Б.Б., Оганесянц Л.А., Дубинчук Л.В., Моисеева А.А. Исследование процесса обогащения игристых вин биологически активными веществами осадочных дрожжей // Виноделие и виноградарство, 2016, № 5, С. 20-24.
5. Христюк В.Т., Якуба Ю.Ф., Бабенкова М.А. Усовершенствованная технологическая схема производства портвейна из перспективных красных и белых сортов винограда // Научный журнал КубГАУ, 2011. № 71 (07). С. 10.
6. Макаров С.С., Панасюк А.Л., Макаров С.Ю. Разработка способа повышения концентрации биологически активных веществ в вине из черной смородины // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2018, Т. 7, №4 (44), С. 221–226.
7. Егорова Е.Ю., Шохин Д.А. Разработка рецептур десертных ликеров на плодово-ягодном сырье алтайского края // Ползуновский вестник, 2023. № 4. С. 29–37.
8. Палагина М.В., Ширшова А.А., Стаценко А.Н., Шморгун А.А. Разработка технологии фруктовых (плодовых) напитков из дальневосточного растительного сырья // Известия ДВФУ, 2014. №2. С. 119–127.
9. Скороспелова Е.В., Шелковская Н.К. Изменение биохимического состава грушевых соков в процессе приготовления ароматизированных виноматериалов // Вестник алтайской науки, 2015. № 1. С. 479–482.
10. Гусакова Г.С., Евстафьев С.Н. Перспективы использования плодов уссурийской груши в виноделии // Химия растительного сырья. 2011. №3. С. 173–178.
11. Верхотуров Д.Г., Байкова Г.Н. Минеральный и витаминный состав плодов груши в разных зонах Красноярского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. №3. С. 22–27.
12. Соболев Э.М. Технология натуральных и специальных вин. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 400 с.
13. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В.Г. Гержиковой. 2-е изд.– Симферополь: Таврида, 2009. – 304 с.
14. Оганесянц Л.А., Карташ Н.К., Телегин Ю.А. [и др.] Способ получения автолизата дрожжей. Патент РФ 2003, № 2204909С2.
15. ГОСТ 32051-2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. М.: Стандартиформ, 2019. – 13 с.

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ХОЛОДНОГО ЧАЯ: СОЧЕТАНИЯ ВКУСОВ И ПОЛЬЗА

Яковлева Я.И.

студентка, edff@list.ru

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

Тигунцева Н.П.

к.х.н., доцент, tignadezhda@yandex.ru

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

АННОТАЦИЯ: В работе представлен обзор компонентного состава чаев, преимущественно функциональной направленности на основе растительного сырья. Рассматриваются возможные ингредиенты, используемые в приготовлении холодного чая, такие как травы, фрукты и специи, а также их влияние на вкус и питательные свойства напитка. Подчеркивается необходимость выбора ингредиентов высокого качества для достижения гармоничного вкусового профиля и максимальной пользы для организма.

Ключевые слова: напиток, чай, холодный чай, функциональный напиток.

COMPOSITION OF COLD TEA: FLAVOR COMBINATIONS AND BENEFITS

Yakovleva Y.I.

Student, dff@list.ru

N.P.Tiguntseva

Cand. Sci (Chemistry), Assistant professor, tignadezhda@yandex.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ABSTRACT: The paper presents a review of the component composition of teas, mainly functional teas based on vegetable raw materials. Possible ingredients used in the preparation of iced tea, such as herbs, fruits and spices, as well as their influence on the flavor and nutritional properties of the beverage are considered. The necessity of selecting high quality ingredients to achieve a harmonious flavor profile and maximum benefit to the body is emphasized.

Key words: beverage, tea, cold tea, functional beverage.

Холодный чай, как категория напитков, набирает популярность благодаря своей способности утолять жажду, а также служит базовой основой для обогащения разнообразными физиологически функциональными ин-

гредиаентами, такими как катехины, танины, дубильные вещества, алкалоиды, витамины С, Р и другие. Чай оказывает положительное воздействие на различные системы организма: пищеварительную, кровеносную и нервную. Он стимулирует работу сердца, усиливает местное кровообращение и повышает общий тонус организма, способствуя укреплению сил [1].

Поэтому основные тенденции развивающегося рынка чая связаны с созданием продуктов целевого назначения, обогащенных компонентами с широким спектром биологически активных веществ и сбалансированным составом макро- и микроэлементов. Это определяет их функциональные свойства, пищевую ценность, а также влияет на вкус и аромат.

Цель работы – провести обзор существующих холодных чаев, обогащенных биологически активными веществами и макро- и микроэлементами.

Первоначально следует обратить внимание на выбор исходного сырья с учетом особенностей каждого вида чая (черного, зеленого, белого или улуна). Каждый сорт обладает уникальными свойствами и вкусовыми характеристиками. Важным аспектом является также использование натуральных добавок – фруктов, ягод, трав и специй, которые обогащают вкус и аромат конечного продукта. Особенно следует отметить зелёный чайный лист, который содержит вдвое больше полифенольных соединений и катехинов, чем чёрный чай, а аскорбиновой кислоты в нем 10 раз больше [2].

После выбора сорта чая начинается процесс производства, который включает следующие этапы: приемка и сортировка сырья, приготовление водного экстракта чая, фильтрация, внесение сахарного сиропа, растительных добавок, добавление консервантов (при необходимости), повторная фильтрация, розлив и упаковка. Готовые чайные напитки пользуются большим спросом на мировом рынке, что говорит о высоком качестве продукции и популярности среди потребителей.

Особенно популярны пастеризованные чайные напитки с добавлением растительных компонентов, витаминов и других веществ. Другой тип – готовые чаи, содержащие различные ароматизаторы и ингредиенты, поддерживающие здоровье (чай-нутрицевтик). Третий тип готовых чайных напитков – это чаи, которые предлагают в сети общественного питания [3].

Примеры таких чаев весьма разнообразны и адаптированы под предпочтения потребителей и тренды в области здорового питания. К ним относятся:

Чай с добавлением фруктовых пюре и соков: Яблочный, персиковый или ягодный чай, обогащенный витаминами и антиоксидантами (например, витамин С) [4].

Травяные чаи с функциональными добавками: Чай с ромашкой и мелиссой для успокоения, чай с эхинацеей для поддержки иммунитета,

или чай с имбирем и лимоном для облегчения симптомов простуды [5].

Чай с пробиотиками: Чайные напитки, содержащие пробиотические культуры для поддержания здоровья кишечника [6].

Чай с растительными экстрактами: Чай с экстрактом зеленого чая (богат антиоксидантами), чай с экстрактом женьшеня (адаптоген) или чай с экстрактом гуараны (источник кофеина) [7].

В состав холодного чая функциональной направленности обычно входят: вода питьевая, сухие листья черного/зеленого чая, сахарный сироп; дополнительные ингредиенты: сухая трава мяты, мелисы, сухие плоды шиповника, сухие листья смородины черной, красной и малины, и другие.

Для создания чая с функциональным назначением следует использовать те функциональные ингредиенты, дефицит которых достаточно широко распространён. Это, прежде всего, витамин- С, группы В, минеральные вещества- йод, железо, кальций. В таблице представлены различные функциональные ингредиенты, которые добавляют в чай для улучшения вкуса и пользы напитка.

Таблица

Компоненты чая и их влияние на организм человека

Компоненты чая	Химический состав	Воздействие на организм
Листья мяты	Витамины (А, В1, В2, В5, В6, В9, РР, С); Минеральные вещества (кальций, калий, магний, фосфор, натрий, магний, цинк и пр.); Органические кислоты; Сполоподобные и дубильные вещества.	Помогает при расстройствах пищеварения – уменьшает метеоризм, боли в животе, изжогу, тошноту, спазмы кишечника и желчного пузыря. Нормализует работу желудочно-кишечного тракта, стимулирует отток желчи. Снижает артериальное давление, улучшает кровообращение, повышает эластичность сосудов. Обладает выраженным седативным действием – снимает нервное напряжение, раздражительность, облегчает засыпание. Устраняет симптомы невроза, истерии, хронического стресса. Уменьшает воспалительные процессы в полости рта – стоматиты, гингивиты, фарингиты, ларингиты. Облегчает головную боль, вызванную стрессовыми ситуациями. Помогает справляться с инфекциями верхних дыхательных путей. Снимает раздражение, покраснение кожи, борется с грибковыми заболеваниями. Полезные свойства мяты используют при подагре, ревматизме, артрите, других заболеваниях костной системы [8].

Листья мелиссы	Эфирные масла; Витамины (А, В1, В2, В9, С, РР); Минеральные вещества (калий, кальций, магний, натрий, фосфор, железо, марганец, медь, цинк); Дубильные вещества; Флавоноиды; Фенольные кислоты;	Улучшают состояние ЖКТ: помогают при вздутии живота, тошноте, ощущении тяжести в желудке. Укрепляют нервную систему, помогают бороться со спазмами в мышцах ног, поскольку выступают дополнительным источником магния. Помогают избавиться от отёков за счет мочегонного действия. Укрепляют иммунитет, облегчают течение болезней, связанных с вирусными инфекциями, ускоряют выздоровление. Смягчают чрезмерную возбудимость у детей, нормализуют сон. Давать мелиссу детям рекомендуется с трёх лет и только с разрешения педиатра [9].
Плоды шиповника	Витамины (РР, В1, В2, К, Е); Минеральные вещества (марганец, фосфор, натрий, медь, цинк, алюминий, цинк); Сахара (глюкоза, фруктоза, ксилоза, сахароза); Органические кислоты (лимонная, яблочная, олеиновая, линолевая, линоленовая); Пектины; Флавоноиды; Дубильные вещества; Эфирное масло;	Улучшает обмен веществ, укрепляет иммунитет, нормализует работу желудочно-кишечного тракта, регулирует уровень холестерина в крови, укрепляет кости и хрящи, оказывает ранозаживляющее и мочегонное действие [10].
Листья смородины	Витамины (А, В1, В2, В6, С, Е, К, РР); Минеральные вещества (фосфор, бор, калий, натрий, фтор, цинк, железо, кальций, кобальт), Эфирные масла; Пинен, сабинен, кариофиллен, терпеновые спирты и фенолы.	Активные компоненты листьев смородины улучшают работу ЖКТ, врачи рекомендуют пить смородиновый чай при гастрите и язве. Отвар из листьев смородины способствует улучшению аппетита. Благодаря содержащемуся в листьях смородины витамину К происходит укрепление опорно-двигательной системы, нормализуется выведение мочевой кислоты из организма. Поэтому врачи часто рекомендуют такой чай пациентам с артритом и при болезнях суставов [11].
Плоды малины	Витамины (А, В1, В2, В9, С, РР); Сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза, пентоза); Органические кислоты (лимонная, яблочная, салициловая, винная); Дубильные вещества; Пектин; Клетчатка; Эфирные масла; Флавоноиды; Спирты (винный, изоамиловый); Кумарины.	Чай и отвары из листьев малины обладают жаропонижающим, антибактериальным и общеукрепляющим действием. Они активизируют детоксикацию организма, благотворно влияют на состояние сердечно-сосудистой системы. Их применяют при лечении ОРВИ, а также при заболеваниях органов дыхания и пищеварения [11].

Таким образом, разработка и производство холодных чаев, обогащенных полезными веществами, представляет собой перспективное направление в пищевой промышленности, отвечающее потребностям современных потребителей в функциональных продуктах питания. Использование разнообразного растительного сырья, такого как травы, ягоды и фрукты, в сочетании с витаминами и минералами, позволяет создавать напитки с улучшенными функциональным составом, пищевой ценностью, а также вкусом и ароматом.

Библиографический список:

1. Позднякова, В. Ф. Производство безалкогольных напитков со сниженным содержанием сахара: монография / В. Ф. Позднякова, М. А. Сенченко. - Ярославль: Ярославский ГАУ, 2020. — 90 с.
2. Технология безалкогольных напитков: Учебник для вузов / Л. А. Оганесянц, А. Л. Панасюк, М. В. Гернет [и др.] ; Под редакцией Л. А. Оганесянца. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 300 с.
3. Родионова, Л. Я. Технология безалкогольных напитков: учебное пособие / Л. Я. Родионова, Е. А. Ольховатов, А. В. Степовой. — 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 324 с.
4. Исследования функциональных свойств овощей, фруктов, ягод, листьев и трав и создание функциональных продуктов питания нового поколения / В.Ф. Винницкая, Е.И. Попова, К.В. Парусова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2014. — № 5. — С. 63-68
5. Икрами, М.Б. Растительные фенольные соединения как функциональные ингредиенты пищевых продуктов / М. Б. Икрами, М. Б. Шарипова // Вестник технологического университета Таджикистана — 2022. — № 1. — С. 59-69
6. Романчук, Н.П. Здоровая микробиота и натуральное функциональное питание: гуморальный и клеточный иммунитет / Н. П. Романчук // Бюллетень науки и практики. — 2020. — № 9. — С. 127-166.
7. Оптимизация технологических режимов экстрагирования растительных биоресурсов / Е. И. Черевач, Е. I. Cherevach, М. П. Разгонова [и др.] // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. — 2023. — № 1 (105).
8. Мята: полезные свойства и варианты применения // URL: <https://academpharm.by/myata-poleznye-svoystva-i-varianty-primeneniya>.
9. Сильный антиоксидантный эффект этого растения, сна, помогают избавиться от бессонницы. // URL: <https://www.torrefacto.ru/blog/tea-with-melisa/>.
10. Чем полезны для организма плоды шиповника? // URL: <https://78centr.ru/?p=16533>.

11. Отвар из листьев смородины способствует, артритом и при болезнях суставов. // URL: <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/listyamyaty-smorodiny-maliny-polza-i-vred/>.

12. Терентьев, С. Е. Производство безалкогольных и алкогольных напитков : монография / С. Е. Терентьев, И. Н. Романова, А. А. Башмаков. — Смоленск : Смоленская ГСХА, 2013. — 122 с.

13. Оптимизация технологических режимов экстрагирования растительных биоресурсов / Е. И. Черевач, Е. I. Cherevach, М. П. Разгонова [и др.] // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. — 2023. — № 1 (105). — С. 92-100. — ISSN 2311-2271.

14. ГОСТ 32593-2013 // Чай и чайная продукция. Термины и определения URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200111504>.

УДК 641.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Якушева А.Н.

магистрант , nedvizhnasty@gmail.com

Грогуль А.Э.

студент, viktorija456798@gmail.com

Анциферова А.В.

к.т.н., доцент , a-anciferova@list.ru

Чеснокова А.Н.

к.х.н., доцент, chesnokova@istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: В работе рассмотрены технологические особенности производства безглютеновых макаронных изделий. Приведена информация по зерновому сырью, используемому в рецептурах макаронных изделий без глютена. Описаны последние достижения в области пищевых технологий, которые позволяют улучшить качество таких изделий.

Ключевые слова: глютен, безглютеновые макаронные изделия, пищевая промышленность

TECHNOLOGICAL FEATURES OF GLUTEN-FREE PASTA PRODUCTION

Yakusheva A.N.

Master's student, nedvizhnasty@gmail.com

Grogul A.E.

student gr., viktorija456798@gmail.com

Antsiferova A.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, a-anciferova@list.ru

Chesnokova A.N.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, chesnokova@istu.edu

Irkutsk National Research Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074

ABSTRACT: The paper considers the technological features of gluten-free pasta production. Information on grain raw materials used in gluten-free pasta formulations is provided. The latest achievements in the field of food technologies that can improve the quality of such products are described.

Keywords: gluten, gluten-free pasta, food industry

Одним из инновационных продуктов, который стал доступен благодаря развитию пищевой промышленности, являются безглютеновые макаронные изделия. Безглютеновые макароны – это важный функциональный продукт для людей с целиакией (непереносимостью глютена) и тех, кто придерживается безглютеновой диеты [1].

Однако производство таких продуктов связано с рядом вызовов. К ним относятся высокая стоимость сырья и добавок, сложности в достижении идеальной текстуры, близкой к традиционным макаронам, а также необходимость соблюдения строгих стандартов чистоты, чтобы избежать перекрестного загрязнения глютеном.

В качестве сырья для производства безглютеновых макарон используются злаки и другие продукты, не содержащие глютен [2], такие как:

- Рисовая мука. Один из самых распространенных ингредиентов благодаря своей доступности и мягкому вкусу. Однако рисовая мука часто требует добавления загустителей для улучшения текстуры.

- Кукурузная мука. Обладает сладковатым вкусом и используется как самостоятельный ингредиент или в комбинации с другими видами муки.

- Гречневая мука. Не содержит глютена и придает макаронам характерный ореховый вкус.

- Тапиока (мука из корня маниока *Manihot esculenta*). Используется как связующий агент, обеспечивает эластичность теста.

- Амарант и киноа. Эти псевдозлаки богаты белком и питательными веществами, поэтому они используются в качестве обогатительных добавок.

- Люпиновая мука. Получаемая из семян люпина, она богата белком и клетчаткой, что помогает улучшить структуру готового продукта.

Производство безглютеновых макарон существенно отличается от традиционного процесса. Глютен играет ключевую роль в формировании структуры теста, поэтому его отсутствие требует использования специаль-

ных технологий [3,4].

Подготовка сырья. Перед смешиванием ингредиентов важно правильно подготовить сырье. Например, некоторые виды муки могут требовать предварительной термообработки для улучшения текстуры. Также часто применяется процесс гидратации (добавление воды), чтобы обеспечить равномерное распределение влаги.

Замес теста. Для компенсации отсутствия глютена используются загустители и стабилизаторы, такие как ксантановая камедь, гуаровая камедь, каррагинан и различные белковые добавки (соевый белок, гороховый белок, казеинат натрия). Эти добавки помогают создать эластичную структуру теста, которая необходима для формирования макарон.

Формование. Безглютеновое тесто более хрупкое, чем традиционное, поэтому процесс формования требует точной настройки оборудования. Часто применяются вакуумные экструдеры, чтобы избежать разрушения структуры теста.

Сушка. Сушка безглютеновых макаронных изделий – один из самых важных этапов. Температурный режим и время сушки должны быть тщательно выверены, чтобы избежать растрескивания продукта. Обычно используется низкотемпературная сушка (до 60°C) в течение длительного времени.

Таким образом, производство безглютеновых макарон - это динамично развивающаяся область пищевой промышленности. Благодаря использованию альтернативных видов муки, современных технологий и инновационных подходов, производители научились создавать продукты, которые не только безопасны для людей с целиакией, но и приятны на вкус. Хотя остаются определенные трудности, постоянные исследования и совершенствование технологий открывают новые горизонты для улучшения качества жизни людей с особыми диетическими потребностями.

Библиографический список:

1. Sampedro, D. A., Olenick, M., Maltseva, T. and Flowers, M.. A Gluten-Free Diet, Not an Appropriate Choice without a Medical Diagnosis. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2019, 5.
2. O'Donohue, M. & Broeckx, M. Ingredients in GlutenFree Bread and Pasta: Functional and Sensory Properties. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7, 2016,239-256.
3. Finney, M. Gluten-Free and Low in Fiber: A Review of Gluten-Free Pasta. *Journal of Food Science*, 84(3), 2019, 515-520.
4. Lai, H. M. Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 2002, 203-16.

5. Motta, R. H., Santra, D., Rose, D. and Zhang, Y. (). The dough rheological properties and texture of gluten-free pasta based on proso millet flour. *Journal of Cereal Science*, 2017, 74.

УДК 541.64: 544.722.132: 547.1

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОГО БРОЖЕНИЯ СИДРА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАСАДКИ

Грищенко Г.М.

магистрант, tronsecond@yandex.ru

Грищенко А.И.

к.т.н., доцент, nemchinovaai@istu.edu

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

АННОТАЦИЯ: Представленная обзорная статья посвящена систематизации научных знаний в области изучения методов усовершенствования процесса вторичного брожения сидра с использованием насадок из скорлупы кедрового ореха и позволяет структурировать и обобщить существующий на настоящий момент объем научных работ за последние 20 лет в данной области. В качестве цели представленной обзорной статьи обозначено обобщение имеющихся литературных данных.

Ключевые слова: сидр, вторичное брожение, насадка, скорлупа кедрового ореха.

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF SECONDARY FERMENTATION OF CIDER USING A NOZZLE

Grishchenko G.M.

Student, tronsecond@yandex.ru

Grishchenko A.I.

Assistant professor, nemchinovaai@istu.edu

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

ABSTRACT: The presented review article is devoted to the systematization of scientific knowledge in the field of studying methods for improving the process of secondary fermentation of cider using pine nut shell nozzles and allows us to structure and summarize the current volume of scientific work over the past 20 years in this field. The purpose of this review article is to summarize the available literature data.

Keywords: cider, secondary fermentation, nozzle, cedar nut shell.

Развитие плодово-ягодного виноделия с привлечением региональных ресурсов, является важнейшей задачей винодельческой отрасли России. Одним из перспективных направлений является производство сидров из местных сортов яблок и груш, обладающих высокой физиологической ценностью. На схеме представлены технологические этапы производства сидра (рисунке).

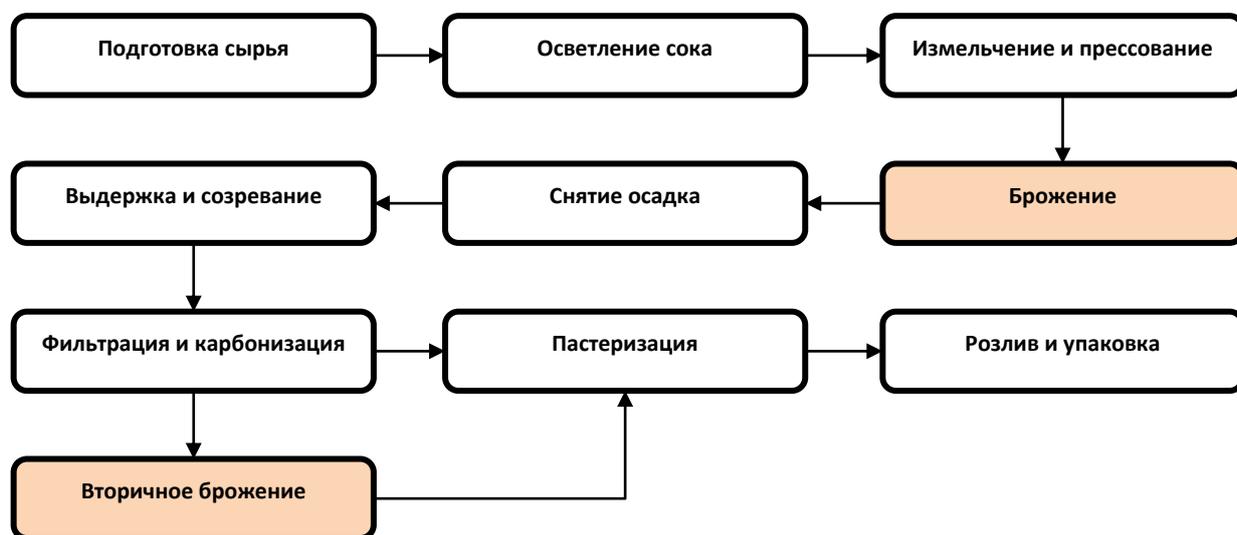


Рисунок. Технологические этапы производства сидра

Повышенная кислотность плодово-ягодного сырья и неконтролируемое образование побочных продуктов брожения остаются ключевыми проблемами в производстве качественных сидров. Традиционные методы коррекции кислотности, такие как разбавление водой или химическая нейтрализация, часто приводят к потере экстрактивности и ухудшению органолептических свойств. Поэтому ключевым этапом в технологии сидра является вторичное брожение, направленное на завершение ферментации остаточных сахаров, формирование карбонизации и стабилизацию органолептических свойств.

В таблице рассмотрены основные реакции, протекающие в процессе брожения, и их влияние на конечный продукт.

Таблица

Основные реакции, протекающие в процессе брожения, и их влияние на конечный продукт

Реакция	Продукты	Влияние на сидр
Спиртовое брожение	Этанол, CO ₂	Крепость и газированность
Образование глицерина	Глицерин	Сладость, полнота вкуса
Реакция аминокислот через путь Эрлиха	Высшие спирты	Сложные ароматы, горечь (при избытке)

Продолжение таблицы

Этерификация	Эфиры	Фруктовые ноты
Яблочно-молочное брожение (вторичное брожение)	Молочная кислота	Снижение кислотности
Окисление этанола	Уксусная кислота	При неконтролируемом процессе порча продукта

В ходе исследования был проведен литературный обзор научных трудов за последние 20 лет, были использованы ресурсы поисковых систем Cyberleninka и eLIBRARY, по вышеуказанным ключевым словам, была рассмотрена возможность применения адсорбционного способа вторичного брожения суслу, полученного из плодов яблони и груши, с использованием в качестве сорбента скорлупы кедрового ореха (*Pinus sibirica*) (СКО). Было выявлено, что в качестве насадок для иммобилизации дрожжей применяют различные материалы с достаточно развитой поверхностью: яблочную щепу [4], кольца Рашига [5], буковую стружку и другие материалы.

Использование насадок из скорлупы кедрового ореха для иммобилизации дрожжей представляет собой инновационный подход, позволяющий оптимизировать кинетику процесса, модулировать микробиологические взаимодействия и улучшить качество конечного продукта. Экспериментально установлено, что скорлупа кедрового ореха обладает низкой селективностью по отношению к технологически важным компонентам суслу и сорбирует также сбраживаемые сахара и полифенольные соединения, в результате чего возможно нежелательное снижение сахарокислотного индекса суслу. Увеличение степени измельчения ореховой скорлупы способствует увеличению ее адсорбционной активности. Изменение режима обработки суслу позволяет подобрать условия, при которых возможно добиться рекомендуемых значений сахарокислотного индекса [3]. При подготовке СКО подвергали предварительной обработке: делигнификации, замораживанию и щелочному гидролизу для повышения сорбционной активности за счёт увеличения площади поверхности и удаления лигнина [6].

Был проведен анализ эффективности применения насадки для иммобилизации дрожжей в технологии вторичного брожения сидра из яблок и груш, на основе обзора работ за последние 20 лет.

Проведенный анализ подтверждает, что применение насадок из скорлупы кедрового ореха в процессе вторичного брожения сидра позволяет сократить продолжительность брожения (с 16 до 12 суток), улучшить состав органических кислот, например удалось увеличить долю янтарной кислоты на 13.7%, обладающей биологической активностью, и молочной кислоты на 3%, улучшающей органолептику, и летучих компонентов, например удалось снизить содержание высших спиртов на 26.7% и эфиров

на 5%, минимизируя "сивушные" тона, что в конечном итоге привело к повышению физиологической ценности продукта [2]. С точки зрения экономики насадки из СКО обеспечивают снижение брака при производстве на 8-10%.

К недостаткам можно отнести необходимость строго контролировать степень измельчения и время контакта суслу с насадкой для минимизации потери сахаров и предотвращения избыточной экстракции полифенолов, которые в свою очередь влияют на цвет и стабильность готового продукта.

Библиографический список:

1. Супрун, Н. П. Исследование кинетики реакции спиртового брожения с применением насадки из скорлупы кедрового ореха / Н. П. Супрун, Г. С. Гусакова, Е. Г. Филатова // Ползуновский вестник. – 2023. – № 4. – С. 7-14.
2. Супрун, Н. П. Влияние сорбента из скорлупы кедрового ореха на состав органических кислот и летучих компонентов яблочных вин / Н. П. Супрун // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8(197). – С. 266-272.
3. Иванова, К. Р. Скорлупа кедрового ореха как сорбент в плодово-ягодном виноделии / К. Р. Иванова, Е. А. Привалова // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2024. – Т. 27, № 4. – С. 621-630.
4. Исследование биохимического состава плодов яблони Южного Прибайкалья и продуктов виноделия, сброженных на древесной щепе / Г. С. Гусакова, Н. П. Супрун, М. А. Раченко [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9, № 4(31). – С. 722-736.
5. Тихонова А.Н., Агеева Н.М., Бирюков А.П. Способы интенсификации алкогольного брожения // Инновационные технологии в производстве продуктов виноградовинодельческой отрасли и других алкогольных напитков: сб. мат-лов I Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2015. С. 111–113.
6. Пат. 2783427 Рос. Федерация. № 2021124193. Способ производства белого яблочного вина. Заявл. 16.08.2021; опубл. 14.11.2022, Бюл. № 32. 9 с.

СЕКЦИЯ №4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 577.114

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЁ ДЛЯ БИОСИНТЕЗА БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Зенкова А.А.

инженер лаборатории биоконверсии, zenkova_nastasya080401@mail.ru
Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН,
г. Бийск, ул. Социалистическая, 1

АННОТАЦИЯ: Бактериальная наноцеллюлоза является уникальным биоматериалом, который используют в технической химии и медицине. Себестоимость конечного продукта высока. В данной работе рассматриваются целлюлозосодержащие источники, и виды химических предварительных обработок, которые могут быть задействованными в качестве альтернативы классическим средам для снижения себестоимости.

Ключевые слова: бактериальная наноцеллюлоза, биосинтез, ферментативные гидролизаты, целлюлозосодержащее сырьё.

PROMISING CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIALS FOR BACTERIAL NANOCELLULOSE BIOSYNTHESIS

Zenkova A.A.

Engineer of the bioconversion laboratory, zenkova_nastasya080401@mail.ru
Institute of Problems of Chemical and Energy Technologies of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
Biysk, Socialist str., 1

ABSTRACT: Bacterial nanocellulose is a unique biomaterial used in technical chemistry and medicine. The cost of the final product is high. This paper discusses cellulose-containing sources and the types of chemical pretreatments that can be used as an alternative to classical media to reduce cost.

Key words: bacterial nanocellulose, biosynthesis, enzymatic hydrolysates, cellulose-containing raw materials.

Бактериальная наноцеллюлоза представляет собой нанокристаллический материал с широким спектром уникальных свойств, характеризуется механической прочностью, биоразлагаемостью, биосовместимостью. Благодаря своей уникальности она применяется в различных областях: биомедицине, материаловедении, пищевой промышленности [1]. Для получения бактериальной наноцеллюлозы использую классическую среду Hestrin-Schramm,

но в связи с её высокой стоимостью ведется поиск альтернативных сред, например, используют отходы пищевой промышленности (фрукты, овощи) и лигноцеллюлозные отходы, которые предварительно подвергают ферментации [2].

Целью данной работы является выбор наиболее подходящего целлюлозосодержащего сырья и способа предварительной химической обработки для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы с наибольшим выходом конечного продукта.

Анализ компонентного состава целлюлозосодержащего сырья проводили по стандартным методикам в пересчёте на абсолютно сухое сырьё [3,4].

Способы предварительной обработки сырья:

1. Одностадийная обработка раствором 4%-ного гидроксида натрия позволила получить продукт щелочной делигнификации (ПЩД);
2. Одностадийная обработка раствором 4%-ной азотной кислоты позволила получить лигноцеллюлозный материал (ЛЦМ);
3. Дальнейшая обработка ЛЦМ раствором 4%-ного гидроксида натрия позволила получить техническую целлюлозу (ТЦ) – азотнокислый способ (АС);
4. Дальнейшая обработка ПЩД раствором 4%-ной азотной кислотой позволила получить техническую целлюлозу (ТЦ) комбинированным способом (КС) [5,6].

Ферментативный гидролиз проводили по методике [7] с использованием ферментных препаратов «Целлюлюкс-А» и «Ультрафло-Коре», продолжительность 72 часа, в среде ацетатного буферного раствора 0,05 М [8]. Концентрацию редуцирующих веществ в пересчёте на глюкозу в полученных гидролизатах определяли по методике [9]. Контроль биосинтеза проводили на полусинтетической питательной среде (состав: 20 г/л глюкозы, 10 г/л чёрного чая) при температуре 27 °С с использованием продуцента *Medusomyces gisevii* Sa-12 в течение 10 сут. [10]. После съема гель-пленок бактериальной наноцеллюлозы промывали по методике [11]. Выход сухой бактериальной наноцеллюлозы приведен в пересчёте на массу редуцирующих веществ.

Результаты анализа компонентного состава продуктов после обработки щелочной делигнификацией целлюлозосодержащего сырья [5] представлены в таблице 1. Данный вид предварительной обработки является классическим способом.

Таблица 1

Компонентный состав целлюлозосодержащего сырья, предварительно обработанного щелочной делигнификацией

Сырьё, обработанное щелочной делигнификацией	Массовая доля, %				
	целлюлозы по Кюршнеру	лигни-на	пентоза-нов	зо-лы	ЖВФ
Тростник	88,00	7,00	3,50	0,97	1,16

Продолжение таблицы 1

Суданская трава	85,00	5,50	7,00	2,09	2,37
Мискантус сахароцветный сорт Сорановский	93,00	5,00	4,00	0,50	1,86
Мискантус гигантский сорт КА-МИС	85,00	8,00	2,00	3,95	0,28
Шелуха овса	87,00	5,00	7,00	0,11	0,60
Водяной гиацинт	83,00	19,00	1,40	7,50	2,29
Волокно льна (пенька короткая)	89,00	10,00	1,00	0,19	1,25
Костра льна	59,00	37,00	3,00	0,7	1,40
Волокно конопли	92,00	6,00	0,40	0,75	0,80
Костра конопли	87,00	8,00	5,00	1,82	0,36

Примечание: ЖВФ – жировосковая фракция.

Из полученных данных можно сделать вывод что содержание целлюлозы высокое в ПЩД мискантуса сахароцветного сорта Сорановский – 93,0% и в ПЩД костры конопли – 92,0%, самое низкое содержание целлюлозы у ПЩД костры льна – 59,0%. По итогам ферментативного гидролиза оказалось, что лидером по концентрации редуцирующих веществ стали ПЩД костры конопли – 28,0 г/л, ПЩД мискантуса сахароцветного сорта Сорановский – 25,0 г/л, ПЩД шелухи овса – 23,0 г/л.

На полученных ферментативных гидролизатах, кроме гидролизатов из ПЩД волокна льна (8,0 г/л), костры льна (4,0 г/л), волокна конопли (6,0 г/л), проводили биосинтез бактериальной наноцеллюлозы. Выход бактериальной наноцеллюлозы, ее степень полимеризации и ширина нановолокон представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Выход, степень полимеризации и ширина нановолокон
бактериальной наноцеллюлозы, полученной на
ферментативных гидролизатах**

Субстрат для получения БНЦ (ПЩД)	Выход, %	СП	Ширина нановолокон, нм
Контроль	12,8	3000	100
Тростник	5,7	1150	70
Суданская трава	3,1	1300	50
Мискантус сахароцветный сорт Сорановский	9,7	700	35
Мискантус гигантский сорт КАМИС	3,0	1050	40
Шелуха овса	4,9	900	46
Водяной гиацинт	10,7	2200	90
Костра конопли	5,3	1100	80

Примечание: БНЦ – бактериальная наноцеллюлоза; СП – степень полимеризации; контроль – БНЦ, полученная на полусинтетической питательной среде.

Лидером по выходу бактериальной наноцеллюлозы является образец, полученный на ферментативном гидролизате из ПЩД водяного гиацинта.

цента – 10,7 % данный выход очень близок к контрольному – 12,8 %. Выпадает из линейки субстратов по выходу бактериальной наноцеллюлозы, ферментативный гидролизат из мискантуса гигантского сорта КАМИС: выход бактериальной наноцеллюлозы составил 3 %, что в 4,3 раза ниже выхода на контрольной питательной среде. Чтобы проверить концепцию об неэффективности щелочной делигнификации для мискантуса гигантского, было принято решение применить все четыре вида предварительной обработки и сравнить их между собой. Компонентный состав субстратов представлен в таблице 3.

Таблица 3

Компонентный состав мискантуса гигантского, предварительно обработанного четырьмя способами

Название	Массовая доля, %					
	целлюлозы по Кюршнеру	α -целлюлозы	лигни-на	пентоза-нов	зо-лы	ЖВФ
Без предобработки	50,0	–	19,0	21,0	1,64	0,48
ПЩД	84,65	–	8,22	2,32	3,95	0,28
ЛЦМ	93,72	–	2,17	6,01	1,00	0,15
ТЦ АК	–	88,21	0,84	1,75	0,43	0,10
ТЦ КС	–	79,74	0,25	1,92	0,14	0,10

Примечание: ЖВФ – жировосковая фракция.

По содержанию целлюлозы четыре субстрата располагаются в следующей последовательности: ЛЦМ>ТЦ АК>ПЩД>ТЦ КС. По конечной концентрации редуцирующих веществ в гидролизатах четыре субстрата располагаются в последовательности ТЦ АК>ЛЦМ>ТЦ КС>ПЩД.

Результаты ферментативного гидролиза приведены на рисунке.

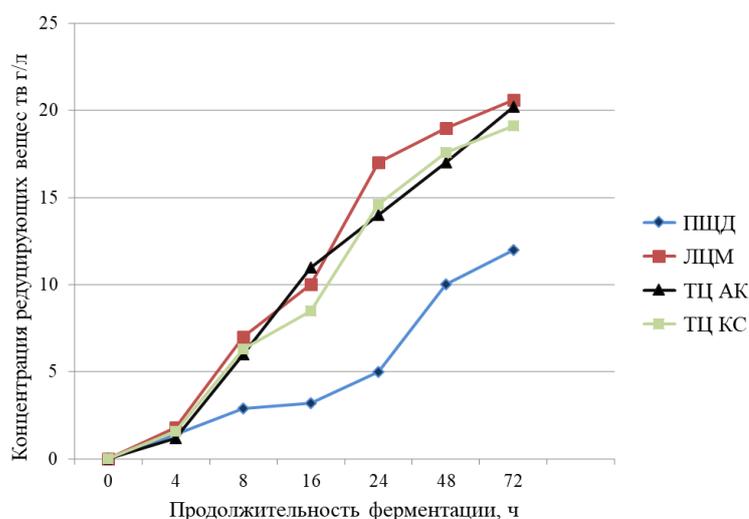


Рисунок. Зависимость концентрации редуцирующих веществ от времени ферментативного гидролиза

Таким образом выход редуцирующих веществ из мискантуса гигантского ПЩД – 12,0 г/л, ЛЦМ – 20,2 г/л, ТЦ АК – 20,6 г/л, ТЦ КС – 19,1 г/л. После из всех ферментативных гидролизатов была приготовлена питательная среда для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы. Выход бактериальной наноцеллюлозы, степень полимеризации и ширина нановолокон бактериальной наноцеллюлозы представлены в таблице 4.

Таблица 4

Выход бактериальной наноцеллюлозы полученной на ферментативных гидролизатах, степень полимеризации и ширина нановолокон

Субстрат для получения БНЦ	Выход, %	СП	Ширина нановолокон, нм
Контроль	11,8	3000	100
ПЩД	3,0	1020	40
ЛЦМ	8,7	1810	64
ТЦ АК	11,0	1230	36
ТЦ КС	10,4	1180	50

Исходя из полученных данных можно прийти к выводу что наиболее эффективной предварительной обработкой для мискантуса гигантского является двустадийная обработка: 4%-ной азотной кислотой и последующей обработкой раствором 4%-ного гидроксида натрия. Так как данная обработка позволяет получить выход бактериальной наноцеллюлозы – 11,0 %, контроль, в свою очередь, составил 11,8 %.

Проведенные исследования показали перспективность водяного гиацинта, мискантуса сахароцветного сорт Сорановский, тростника, костры конопля, шелухи овса, суданской травы, мискантуса гигантского сорт КАМИС для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы. Данный перечень мог бы дополнить список видов сырья в обзоре [2].

Наиболее перспективным целлюлозосодержащем сырьём для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы является ПЩД водяной гиацинта выход бактериальной наноцеллюлозы составил 10,7 %, СП 2200. и (выход 12,8 % и СП 3000 в контроле).

Для наименее подходящего сырья из всей линейки мискантуса гигантского сорта КАМИС после обработки четырьмя способами выявлена эффективность двухстадийного способа получения субстрата ТЦ АК на гидролизате которого выход бактериальной наноцеллюлозы – 11,0 % и СП 1230 (выход 11,8 % и СП 3000 в контроле).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках госзадания ИППХЭТ СО РАН (код научной темы FUFЕ-2024-0008, регистрационный номер 124021200031-4).

Библиографический список:

1. Kaczmarek M., Białkowska A. M. Enzymatic functionalization of bacterial nanocellulose: current approaches and future prospects // *Journal of Nanobiotechnology*. – 2025. – Vol. 23. – №. 1. – P. 82. DOI: 10.1186/s12951-025-03163-x.
2. Taokaew S. Bacterial Nanocellulose Produced by Cost-Effective and Sustainable Methods and Its Applications: A Review // *Fermentation*. – 2024. – Vol. 10. – №. 6. – P. 316. DOI: 10.3390/fermentation10060316.
3. Gismatulina, Y.A.; Budaeva, V.V.; Kortusov, A.N.; Kashcheyeva, E.I.; Gladysheva, E.K.; Mironova, G.F.; Skiba, E.A.; Shavyrkina, N.A.; Korchagina, A.A.; Zolotukhin, V.N.; Sakovich, G.V. Evaluation of Chemical Composition of *Miscanthus x giganteus* Raised in Different Climate Regions in Russia. *Plants*. – 2022. – №. 11. – P. 2791. DOI: 10.3390/plants11202791.
4. Gismatulina Yu., Kortusov A., Budaeva V., Sakovich G. Study of Chemical Composition of an Industrial Crop for Russia – *Miscanthus x giganteus* Harvested in 2019–2021. *Ecology and Industry of Russia*. – 2022. – Vol. 26. – № 11. – P. 55-59. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2022-11-55-59.
5. Kashcheyeva E.I., Gismatulina Y.A., Budaeva V.V. Pretreatments of Non-Woody Cellulosic Feedstocks for Bacterial Cellulose Synthesis // *Polymers*. – 2019. – Vol. 11. – № 10. – P. 1645. DOI: 10.3390/polym11101645.
6. Байбакова О.В. и др. Щелочная делигнификация недревесного целлюлозосодержащего сырья в условиях опытного производства // *Ползуновский вестник*. – 2016. – №. 4-1. – С. 147-151.
7. Шавыркина Н. А. и др. Биотехнологическая трансформация биомассы мискантуса гигантского в бактериальную наноцеллюлозу // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2024. – Т. 14. – №. 4 (51). – С. 504-513. DOI: 10.21285/achb.947.
8. Зенкова А.А., Гладышева Е.К., Шавыркина Н.А. Обоснование выбора концентрации ацетатного буфера при ферментативном гидролизе шелухи овса для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Бийск. – 18-20 мая 2022 года. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, им. И.И. Ползунова, 2022. – С. 297-300. DOI: 10.25699/tohbipp.2022.60.85.032.*
9. Кашеева Е.И., Будаева В.В. Определение реакционной способности к ферментативному гидролизу целлюлозосодержащих субстратов // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2018. – Т. 84. – № 10. – С. 5-11. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-10-20-26.
10. Горбатова П. А., Шавыркина Н. А. Идеальные свойства бактериальной наноцеллюлозы для ее функционализации // *BIOAsia-Altai*. – 2024. – Т. 4. – №. 1. – С. 417-421.

11. Гладышева Е. К., Кашеева Е. И. Биотехнологическая трансформация мискантуса сорта КАМИС в высокоценную бактериальную наноцеллюлозу //BIOAsia-Altai. – 2024. – Т. 4. – №. 1. – С. 412-416.

УДК 628.316

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ЛУЗГИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

Антипова И.А.

студент, intir03@gmail.com

Идрисова Д.М.

студент, diana.idrisova.2003@inbox.ru

Бузаева М.В.

д. х.н., доцент, m.buzaeva@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: Исследование посвящено применению сорбентов на основе лузги технической конопли для очистки воды от ионов тяжелых металлов. Модификация лузги кислотами повысила эффективность очистки. Наибольшая результативность достигнута при использовании сорбента, обработанного соляной кислотой.

Ключевые слова: сорбционная очистка, экологичные сорбенты, очистка воды, тяжелые металлы.

PURIFICATION OF WATER FROM HEAVY METAL IONS WITH SORBENTS BASED ON HUSK OF INDUSTRIAL HEMP

Antipova I.A.

Student, intir03@gmail.com

Idrisova D.M.

Student, diana.idrisova.2003@inbox.ru

Buzaeva M.V.

Dr. Sci., Assistant Professor, m.buzaeva@mail.ru

Ulyanovsk State Technical University
432027, Ulyanovsk, 32 Severny Venets Street

ABSTRACT: The study is devoted to the use of sorbents based on husk of industrial hemp for water purification from heavy metal ions. Modification of the husk with acids increased the cleaning efficiency. The greatest effectiveness was achieved when using a sorbent treated with hydrochloric acid.

Keywords: sorption purification, eco-friendly sorbents, water purification, heavy metals.

Отсутствие надлежащей очистки сбрасываемых сточных вод приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод и деградации водных экосистем. Основными промышленными источниками загрязнения тяжелыми металлами являются гальваническое и травильное производство. Сточные воды гальванического производства содержат ионы кадмия, меди, цинка, хрома, никеля, свинца [1, 2]. Сорбционная очистка не приводит к вторичным загрязнениям и позволяет эффективно извлекать ионы до достаточно низких остаточных концентраций.

Сорбенты классифицируются по принципу действия, химической природе поверхности, геометрической структуре и размеру пор. Основные типы применяемых сорбентов:

- Активированные угли получают из углеродосодержащих материалов, таких как торф, угли или полимерные смолы. Эти сорбенты характеризуются широким спектром применения.

- Цеолиты, представляющие собой алюмосиликаты ионов щелочных и щелочноземельных металлов и используемые в качестве молекулярных сит.

- Силикагели получают из поликремневых кислот. Эти материалы обладают высокой пористостью и способностью к электростатическим взаимодействиям.

Разработка сорбентов из отходов агропромышленного комплекса позволяет получать экологически чистые материалы и частично решает проблему их утилизации. Такие сорбенты характеризуются биоразлагаемостью и безопасностью. Технология их подготовки и обработки проста, а стоимость ниже по сравнению с другими видами сорбентов.

Отходы агропромышленного комплекса могут использоваться в качестве сорбентов с предварительной обработкой или без нее. К основным типам сырья из растительных отходов относятся: шелуха, стебли, листья и корни [3].

Сорбционную способность исследовали для таких типов отходов, как лузга риса, гречихи, подсолнечника, технической конопли [4-10].

Использование лузги конопли в качестве материала для сорбентов — это перспективное направление, которое привлекает все больше внимания. Конопля отличается высоким содержанием целлюлозы и обладает высокой пористостью и способностью адсорбировать различные вещества. Как растительное сырье она полностью биоразлагаема, а сама эта техническая сельскохозяйственная культура быстро растет и не требует применения пестицидов и гербицидов, являясь возобновляемым ресурсом.

Техническая конопля в качестве сорбента применима в виде модифицированных или необработанных лузги или волокон костры, прессо-

ванных гранул. Также из технической конопли можно изготавливать активированные угли с большой удельной поверхностью и высокой сорбционной способностью.

Для исследования сорбционной способности лузги технической конопли по отношению к ионам цинка ее использовали в цельном и в мелкодисперсном виде. Для этого ее измельчали в режущей лабораторной мельнице в течение 1,5 мин. Для приготовления модифицированных сорбентов цельную и измельченную лузгу конопли в течение 40 мин выдерживали в одномолярных растворах соляной и серной кислот при соотношении массы сорбента к объему модификатора 1:10. После чего необработанные и модифицированные сорбенты трижды промывали дистиллированной водой и высушили при 105 °С.

В качестве модельного раствора использовали раствор сульфата цинка с концентрацией ионов металла 0,032 г/л. Содержание ионов цинка в очищенном растворе определяли фотометрическим методом с сульфарсазеном на фотоколориметре КФК-3-01 ($\lambda = 540$ Нм, толщина слоя - 50 мм) и рассчитывали степень извлечения ионов металла.

Была проведена очистка 50 мл модельного раствора дозами сорбентов 0,5г и 1г. Время наступления адсорбционного равновесия – 48 ч. Результаты сорбционной очистки воды от ионов цинка представлены на рисунке.

Как видно из полученных данных, модифицирование растворами кислот позволяет увеличить степень очистки на 1,7 - 3,4%. При измельчении лузги снижается необходимая доза сорбента. Максимальная эффективность очистки воды от ионов цинка достигается модифицированием лузги в растворах соляной кислоты при дозах цельной лузги в 1 г и измельченной в 0,5 г.

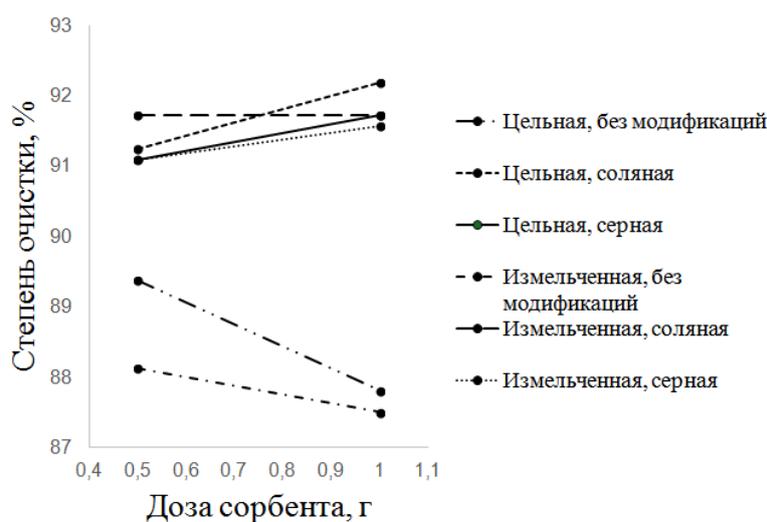


Рисунок. Результаты исследования влияния модифицирования и дозы сорбента на эффективность очистки воды от ионов цинка

Таким образом, модифицирование растительных сорбентов растворами минеральных кислот повышает степени извлечения ионов тяжелых металлов из воды. Подбор оптимальных параметров модифицирования и дозы сорбента позволит дополнительно повысить эффективность очистки воды от ионов цинка.

Библиографический список:

1. Климов, Е. С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
2. Дмитриева И.А., Тюкалова О.В. Использование растительных отходов в очистке воды, загрязненной тяжелыми металлами. // Безопасность – 2024. Проблемы техносферной безопасности современного мира : сб. материалов ХХІХ Всерос. студенч. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2024 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2024. – С. 216-219.
3. Якубовский, С. Ф. Получение сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса / С. Ф. Якубовский, Ю. А. Булавка, Е. И. Майорова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 11. – С. 84-89.
4. Патент № 2579129 С1 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/24, С02F 1/28. Способ получения сорбента для очистки воды : № 2014143638/05 : заявл. 28.10.2014 : опубл. 27.03.2016 / В. А. Сомин, А. С. Черкасов, Л. Ф. Комарова ; заявитель ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ). – 7 с.
5. Использование растительных отходов в очистке сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами / О. А. Самодолова, А. П. Самодолов, Д. В. Ульрих, Т. М. Лонзингер // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 5. – С. 747-756.
6. Перспективные направления утилизации рисовой лузги / А. В. Гребенкина, Н. В. Шишова, Т. А. Литвинова, Т. П. Косулина // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ" – 2017. – № 7. – С. 177-184.
7. Федотов А.А., Руденко Е.Ю. Получение адсорбентов из подсолнечной лузги для удаления хрома (VI) из сточных вод // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2022. - №12(4). – С. 506-513.
8. Патент РФ №2411080. Способы получения гранулированного адсорбента из лузги подсолнечника: № 2009127298/05 : заявл. 15.07.2009 : опубл. 10.02.2011// Бюл. №4. 7 с.
9. Самодолова О.А., Самодолов А.П., Ульрих Д.В. Лузга конопли как перспективный сорбент для очистки сточных вод различного происхожде-

ния // Известия вузов. Строительство. 2021. № 12. С. 58-65.

10. Барыкина Ю.А., Применение растровой электронной микроскопии для определения микроструктуры и поглотительной способности сорбента на основе пеньковой костры по отношению к тяжелым металлам / Ю.А. Барыкина, С.Л. Белопухов, В.В. Федяев, О.А. Жарких, И.И. Дмитриевская // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. -2019. - №4. – С.104-111.

УДК 661.728.7

СОСТОЯНИЕ ВОЛОКОН ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОСЛЕ АЗОТНО-СПИРТОВОЙ ОБРАБОТКИ

Горбатова П.А.^{*,**}

лаборант лаборатории биоконверсии, студент, 1402plngorbatova@mail.ru

Бычин Н.В.^{*}

с.н.с. лаборатории материаловедения минерального сырья, labmineral@mail.ru

^{*}Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН

^{**} Бийский технологический институт, филиал Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова

АННОТАЦИЯ: В данной работе определена массовая доля целлюлозы по Кюршнеру в альтернативных источниках сырья (мискантус гигантский, шелуха овса, солома льна-межеумка, жом свекловичный, листья ананаса) и состояние волокон целлюлозы после азотно-спиртовой обработки.

Ключевые слова: целлюлоза по Кюршнеру, азотно-спиртовая обработка, альтернативные источники целлюлозы

THE CONDITION OF CELLULOSE FIBERS AFTER NITROGEN- ALCOHOL TREATMENT

Gorbatova P.A.^{*,**}

Laboratory assistant at the Bioconversion Laboratory, Student, 1402plngorbatova@mail.ru

Bychin N.V.^{*}

Senior Researcher at the Laboratory of Materials Science
of Mineral Raw Materials, labmineral@mail.ru

^{*}Institute of Problems of Chemical and Energy Technologies SB RAS,
659322, Biysk Sotsialisticheskaya str., 1

^{**} Biysk Institute of Technology – branch of Altai State
Technical University named after I.I. Polzunov
659305, Biysk, Trofimova str., 27

ABSTRACT: In this work, the mass fraction of Kürschner cellulose in alternative sources of raw materials (giant miscanthus, oat husk, flax straw, beet

pulp, pineapple leaves) and the state of cellulose fibers after nitrogen-alcohol treatment were determined.

Keywords: Kürschner cellulose, nitrogen-alcohol treatment, alternative sources of cellulose

Целлюлоза – самый распространённый природный полимер на Земле, правильное использование которого может способствовать устойчивому экологичному развитию. Основным источником целлюлозного волокна, используемого для производства целлюлозы и бумаги, является древесина, в то время как недревесные волокна используются в меньшей степени [1]. Однако в последнее время возрос интерес к использованию недревесного сырья из-за его обилия в качестве источника недорогих волокон. В последнее время многие исследователи сообщают о потенциальном использовании альтернативного сырья для получения целлюлозы [2]. Целлюлоза является основным компонентом клеточной стенки растений, обеспечивая структурную поддержку и выступая в качестве армирующего элемента вместе с гемицеллюлозой и лигнином [3].

Азотно-спиртовой метод (метод Кюршнера) определения содержания целлюлозы основан на обработке целлюлозосодержащего сырья азотно-спиртовым раствором. Азотно-спиртовой метод по сравнению с хлорным получил более широкое распространение. Этот метод более прост, лишен неудобств работы с токсичным хлором и выполняется быстрее, так как не требует предварительного экстрагирования. Метод Кюршнера позволяет получить достаточно точные результаты при определении содержания целлюлозы в растительном материале [4].

В данной работе исследовалась массовая доля целлюлозы, определенная по методу Кюршнеру, как в отечественных альтернативных источниках сырья (мискантус гигантский, шелуха овса, солома льна-межеумка, жом свекловичный), так и зарубежных (образец листьев ананаса выращен на Кубе и предоставлен ООО «А-ВОЛОКНО (г. Ярославль, соглашение о сотрудничестве № 1 от 15.10.2024)). В таблице представлены результаты определения массовой доли целлюлозы по Кюршнеру в альтернативных источниках сырья.

Таблица

Альтернативные источники сырья и массовая доля целлюлозы по Кюршнеру в них

Наименование образца	Массовая доля целлюлозы*, %
Мискантус гигантский	52,6
Шелуха овса	44,0
Солома льна-межеумка	43,2
Жом свекловичный	28,9

Листья ананаса (Куба)	28,7
Примечание: * – в пересчете на абсолютно сухое сырье	

Лидером среди альтернативных источников сырья в данной работе является мискантус гигантский, содержание целлюлозы в котором составляет 52,6 %. Это энергетическое растение, которое целевым образом формирует большой урожай надземной биомассы и считается лидером по содержанию целлюлозы среди злаковых культур [4]. Лист ананаса, замыкающий таблицу сырьевых источников, характеризуется низким содержанием целлюлозы, хотя известно, что на самом деле содержание целлюлозы в нем колеблется в пределах 32-38 % [5].

Известно, что в процессе выделения целлюлозы Кюшнера лигнин после окислительного нитрования растворяется в спирте примерно на 75-80 %, гемицеллюлозы гидролизуются примерно на 65-75 %. Азотно-спиртовая обработка оказывает комплексное воздействие на состояние волокон целлюлозы: происходит частичная аморфизация структуры целлюлозы, но при этом сохраняется основная фибриллярная структура волокон. В результате получают чистые целлюлозные волокна с наименьшим содержанием нецеллюлозных компонентов. Важно отметить, что данный метод позволяет сохранить основную структуру волокон целлюлозы при удалении нецеллюлозных компонентов, что делает его эффективным для получения технической целлюлозы. При этом происходит некоторое снижение степени полимеризации целлюлозы, что необходимо учитывать при дальнейшем использовании полученного продукта.

На рисунке представлен внешний вид волокон целлюлозы из альтернативных источников сырья после азотно-спиртовой обработки.

Сравнение между собой внешнего вида волокон позволяет сделать выводы о том, что целлюлоза из шелухи овса самая презентабельная в связи с отсутствием окраски и полным разделением на отдельные волокна, почти одинаковые между собой по длине и толщине. В целлюлозе из мискантуса гигантского присутствуют толстые темно-окрашенные волокна, свидетельствующие о недостаточной делигнификации сырья. Целлюлоза из соломы льна-межеумка, несмотря на коричневую окраску, представлена отдельными и однородными волокнами. Целлюлозу из жома свекловичного трудно назвать волокнами, поскольку на фото частицы различной формы, размеров и цвета. Целлюлоза из листьев ананаса меньше всего реструктурирована на волокна: обработка коснулась только поверхности измельченных частиц, разволокнение не прошло до конца.

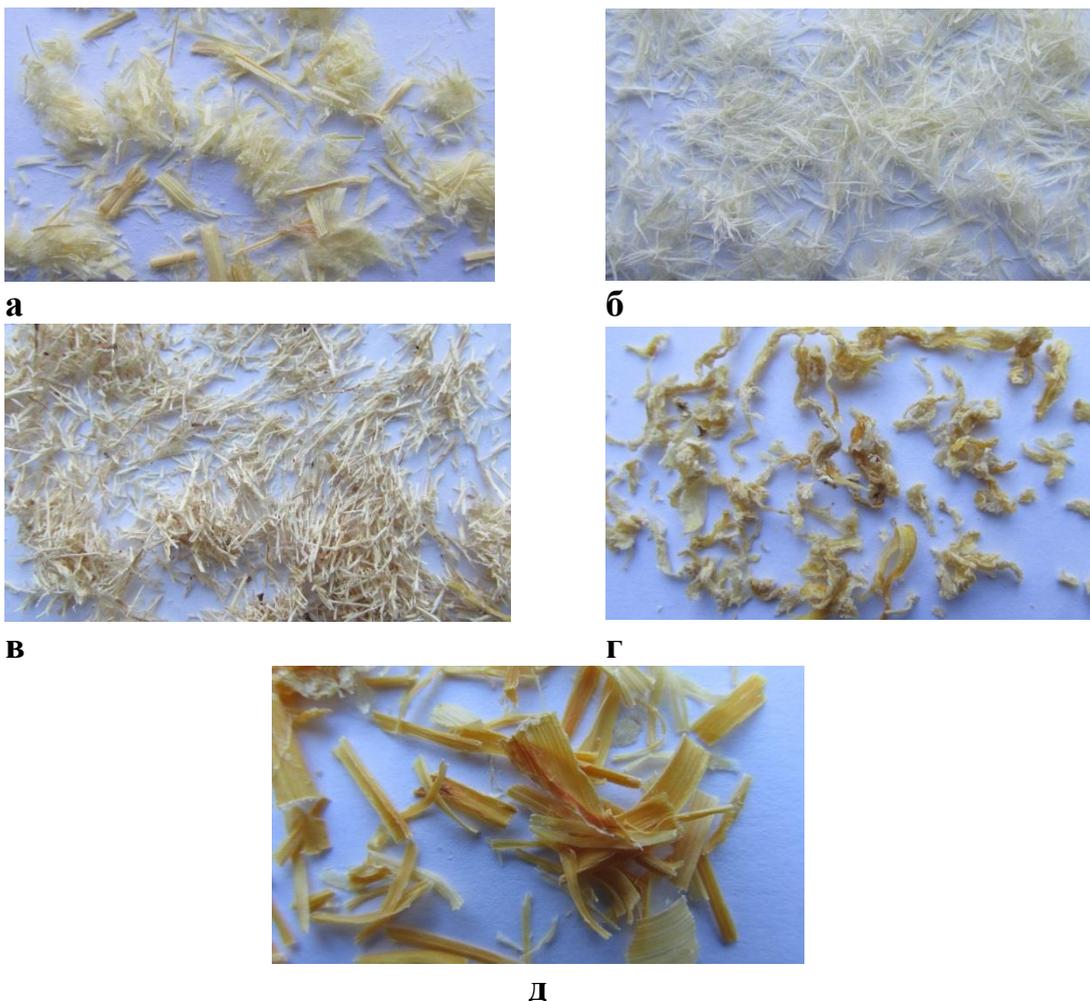


Рисунок 1. Внешний вид волокон целлюлозы альтернативных источников сырья после азотно-спиртовой обработки:

а – мискантус гигантский, **б** – шелуха овса, **в** – солома, льна-межеумка, **г** – жом свекловичный, **д** – листья ананаса (Куба)

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- по содержания целлюлозы Кюшнера источники сырья расположены в следующем порядке: мискантус гигантский > шелуха овса > солома льна-межеумка > жом свекловичный=лист ананаса;

- использование азотной кислоты для обработки сырья с целью получения целлюлозы наиболее приемлемо в следующем порядке: шелуха овса > мискантус гигантский > солома льна-межеумка > жом свекловичный=лист ананаса.

Исследование выполнено при поддержке проекта Минобрнауки в рамках госзадания ИПХЭТ СО РАН (код научной темы FUFЕ-2024-0008, регистрационный номер 124021200031-4).

Библиографический список:

1. Kolya H.; Kang C.W. Save Forests Through Sustainable Papermaking:

Repurposing Herbal Waste and Maple Leaves as Alternative Fibers // *Materials*. 2025. Vol. 18. № 4. P. 910. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma18040910>.

2. Zidi S. Cellulose of sisal fibers integration in papermaking: mechanical and thermal characterization // *Multiscale and Multidiscip. Model. Exp. and Des.* 2025. Vol. 8. № 1. P. 73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41939-024-00673-3>.

3. Galiwango N.S, Abdel Rahman A.H. Isolation and characterization of cellulose and α -cellulose from date palm biomass waste // *Heliyon*. 2019. Vol. 5. № 12. P. e02937. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02937>.

4. Gismatulina Y.A.; Budaeva V.V.; Kortusov A.N., et al. Evaluation of Chemical Composition of *Miscanthus x giganteus* Raised in Different Climate Regions in Russia // *Plants*. 2022. Vol. 11. № 20. P. 2791. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11202791>.

5. Saini R., Singhania R.R., Patel A.K., et al. Sustainable production of cellulose and hemicellulose-derived oligosaccharides from pineapple leaves: Impact of hydrothermal pretreatment and controlled enzymatic hydrolysis // *Bioresource Technology*. 2024. Vol. 398. P. 130526. DOI: [10.1016/j.biortech.2024.130526](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130526).

УДК 579.695

ЗАЛОГ ЧИСТОТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Миндубаев А.З.

ФИЦ КазНЦ РАН, mindubaev-az@yandex.ru; a.mindubaev@knc.ru

АННОТАЦИЯ: С каждым годом в окружающую среду поступает все больше токсичных отходов, и задача их обезвреживания становится более значимой. Соответственно, разрабатываются и совершенствуются методы их детоксикации. В настоящее время одним из важнейших и наиболее интенсивно развивающихся методов является биodeградация.

Ключевые слова: биodeградация, защита окружающей среды, поллютанты, метаболизм.

ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS

Mindubaev A.Z.

FRC of the KazSC RAS, mindubaev-az@yandex.ru; a.mindubaev@knc.ru

ABSTRACT: Every year more and more toxic wastes enter the environment and the task of their neutralization becomes more significant. Accordingly, methods of their detoxification are being developed and improved. Currently, one of the most important and most intensively developing methods is biodegradation.

Key words: biodegradation, environmental protection, pollutants, metabolism.

В наше время проблема промышленных отходов, складирования мусора, городских и промышленных свалок приобретает все большую остроту. Следовательно, все большую актуальность приобретает развитие методов обезвреживания соединений, созданных человеком искусственно. Одним из таких методов является биодegradация.

Микроорганизмы обезвреживают вещества практически любого строения и состава, любого класса опасности [1]. Однако, следует остановиться на том, что ни один вид микроорганизмов не способен осуществлять деструкцию всех веществ на свете. Потому, что его геном не способен кодировать бесконечное число ферментов. Каждый вид специализируется на разложении одного ксенобиотика, реже близких по строению. Только микробное сообщество способно по-настоящему эффективно разлагать отходы химических заводов, представляющие собой сложные смеси разнообразных веществ.

Конечно, многие ксенобиотики могут разлагаться в природе чисто химическим путем. Это так называемое «абиотическое разложение». Однако живые клетки, вооруженные мощными ферментными системами и формирующие специфические условия среды, могут ускорять разложение на несколько порядков. Наконец, известны уникальные случаи, когда вещества, считавшиеся исключительно искусственными, оказывались на самом деле природными. То есть, некоторые ксенобиотики, в действительности, таковыми не являются.

Наши собственные исследования касаются метаболизма белого фосфора – ядовитого и огнеопасного вещества, которому присвоен, между прочим, наивысший, первый класс опасности [2]. До наших работ никто в мире не знал о том, что белый фосфор может превращаться плесневыми грибами в совершенно безвредный фосфат – основу фосфорных удобрений.

Библиографический список

1. Meckenstock, R.U. Biodegradation: updating the concepts of control for microbial cleanup in contaminated aquifers / R.U. Meckenstock, M. Elsner, C. Griebler, T. Lueders, C. Stumpp, J. Aamand, S.N. Agathos, H.-J. Albrecht-sen, L. Bastiaens, P.L. Bjerg, N. Boon, W. Dejonghe, W.E. Huang, S.I. Schmidt, E. Smolders, S.R. Sørensen, D. Springael, B.M. van Breukelen // *Environmental Science & Technology*. 2015. Vol.49. Issue 12. P.7073–7081. DOI: 10.1021/acs.est.5b00715

2. Mindubaev, A.Z. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard / A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Bedeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2021. Vol.66. No.8. P.1239-1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155

УДК631.811:581.54:632.93(045)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРИРОДНЫЕ БИОСТИМУЛЯТОРЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Бацин Н.С.*

студент, nikita.batsin@yandex.ru

Шавыркина Н.А.*,**

к.т.н., доцент, с.н.с. лаборатории биоконверсии

доцент кафедры биотехнологии, 32nadina@mail.ru

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ,
659305, г.Бийск, ул. Имени Героя Советского Союза Трофимова 27,

**Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН,
659322, г. Бийск, ул. Социалистическая 1,

АННОТАЦИЯ: в статье обсуждается влияние современных биостимуляторов на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Биостимуляторы представляют собой вещества, способствующие естественным процессам в растениях, что позволяет повысить урожайность и качество культур. Они способствуют снижению использования пестицидов, что приводит к более экологически чистому сельскому хозяйству.

Ключевые слова: биостимуляторы, гуминоподобные вещества, сельскохозяйственные культуры.

PROMISING NATURAL BIOSTIMULANTS IN AGRICULTURE

Batsin N.S.*

Student, nikita.batsin@yandex.ru

Shavyrkina N.A.*,**

Senior Researcher at the bioconversion laboratory

Associate Professor of the Department of Biotechnology, 32nadina@mail.ru

*Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University,
659305, Biysk, ul. Named after Hero of the Soviet Union Trofimov 27,

**Institute of Problems of Chemical and Energy Technologies SB RAS,
659322, Biysk, 1 Sotsialisticheskaya str.

ANNOTATION: The article discusses the impact of modern biostimulants on the growth and development of agricultural crops. Biostimulants are substances that promote natural processes in plants, which allows for an increase in crop yield and quality. They help reduce the use of pesticides, which leads to more environmentally friendly agriculture.

Key words: biostimulants, humic substances, agricultural crops.

В условиях глобального изменения климата и проблем с продоволь-

ственной безопасностью становится всё более актуальным выращивание сельскохозяйственных культур в неблагоприятных условиях, особенно в засушливых и полузасушливых регионах. Также, создаётся необходимость рационального использования ценных и ограниченных природных ресурсов, защищая при этом биоразнообразие [1,2]. Для достижения этих целей требуется разработка новых приемов культивирования растений, в частности, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур при сокращении посевных площадей [3-5].

В настоящее время, для борьбы с вредителями и повышения урожайности сельскохозяйственных культур активно используются пестициды [6,7].

Пестициды – химические вещества, предназначенные для уничтожения вредоносных растений, насекомых, паразитов и грибковых организмов. Длительное применение пестицидов может привести к тому, что вредители адаптируются к их воздействию и перестанут реагировать на них. Кроме того, пестициды могут оказывать негативное воздействие на другие живые организмы [8,9]. Пестициды классифицируют по объектам применения (рисунок).



Рисунок. Классификация пестицидов по объектам применения

Многообразие объектов применения, представленное на рис. 1, доказывает их широкую распространенность, несмотря на неблагоприятное действие на окружающую среду.

Решением данной проблемы является применение природных биостимуляторов растений. Классификация природных биостимуляторов представлена в таблице 1 [3,10].

Классификация природных биостимуляторов

Биостимулятор	Влияние на растение
Гидролизаты белков и другие N-содержащие соединения	- усиливают физиологические и биохимические процессы как первичного, так и вторичного метаболизма растений; - смягчают негативные последствия абиотического стресса
Гуминоподобные вещества	- улучшают урожайность за счёт гормоноподобного действия; - повышают доступность питательных веществ почвы; - повышают устойчивость к абиотическому стрессу.
Экстракты морских водорослей	- повышают урожайность культуры за счёт гормоноподобного действия.
Биополимеры (хитозан и другие)	- усиливают физиологические и биохимические процессы как; - смягчают негативные последствия абиотического стресса
Фосфит	- повышает устойчивость к различным патогенам; - стимулирует рост растений за счёт повышения усвояемости питательных веществ
Биостимуляторы на основе <i>Trichoderma</i>	- улучшают состояние растений и повышают их устойчивость к стрессовым факторам; - увеличивают поглощение питательных веществ
Вермикомпосты	- стимулируют рост растений за счёт гормоноподобного действия; - повышают устойчивость к абиотическому стрессу

Гуминоподобные вещества – тёмноокрашенные (темно-бурые или тёмно-коричневые соединения) природные органические соединения, которые являются наиболее естественным и устойчивым способом сохранения веществ в природе [12].

Доказано, что гуминовые вещества повышают доступность питательных веществ почвы, оказывают влияние на рост растений за счёт гормоноподобного действия, повышают устойчивость растений к абиотическому стрессу [13-15].

Несмотря на широту действия гуминовых веществ, их влияние в качестве биостимуляторов остаётся малоизученным, прежде всего, из-за отсутствия обобщенных данных о влиянии биостимуляторов такой природы на сельскохозяйственные культуры.

Гуминоподобные вещества включают в себя наиболее реакционно-способные фракции – гуминовые и фульвокислоты [10].

В рамках исследования были изучены материалы российских и иностранных авторов за последние пять лет с целью систематизации научных данных о воздействии гуминовых веществ на сельскохозяйственные культуры.

Данные о влиянии гуминоподобных веществ на сельскохозяйственные культуры представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние гуминоподобных веществ на сельскохозяйственные культуры

Культура	Эффект	Источник
Зерновые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза)	- увеличивается урожайность; - повышается качество сельхозпродукции; - увеличивается сухая масса; - активизируются процессы удлинения корней и стеблей; - повышается устойчивость к абиотическим стрессам	[16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]
Бобовые культуры (соя, горох)	- повышается урожайность; - повышается качество сельхозпродукции; - увеличиваются показатели азотфиксации растений; - активизируются процессы удлинения корней и стеблей; - повышается устойчивость к абиотическим стрессам	[21], [24], [25], [26], [27], [28], [29]
Овощные культуры (огурцы, помидоры, перец)	- повышается урожайность и продуктивность сельскохозяйственных культур; - улучшаются качественные характеристики сельскохозяйственной продукции; - увеличивается фотосинтетическая активность растений; - ауксиноподобное действие	[29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36]

Информация из таблицы 2 подтверждает широкое влияние гуминоподобных стимуляторов на различные виды сельскохозяйственных культур.

Заключение. В результате исследования было выявлено, что гуминоподобные вещества могут быть альтернативой химических пестицидов, так как способны увеличивать урожайность, повышать качество и противостоять стрессам и болезням сельскохозяйственных культур, при этом не загрязняя окружающую среду.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках госзадания ИПХЭТ СО РАН (код научной темы FUFЕ-2024-0008, регистрационный номер 124021200031-4).

Библиографический список:

1. Мухина М.Т. Ламмас М.Е. Формирование микробиологической активности почвы под ячменем при обработке растений биостимулятором роста // Плодородие. 2022. № 5. С. 91-93.
2. Valavanidis A. Plant Biostimulants in Future Crop Production. Global food self-sufficiency to decline despite increased global food production // Department of Chemistry, National and Kapodistrian University of Athens. 2021. № 1. P. 1-21.
3. Shahrajabian M. N. Chaski C. Polyzos N. Petropoulos S.A. Biostim-

ulants application: A low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // *Biomolecules*. 2021. Т. 11. № 5. P. 1-23.

4. Baltazar M. Correia S. Guinan K.J. Sujeeth N. Biostimulants application: A low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // *Biomolecules*. 2021. Т. 11. №. 8. P. 1-27.

5. Martínez-Lorente S.E. Martí-Guillén J.M. Pedreño M.A. Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress // *Antioxidants*. 2024. Т.13. № 3. P. 1-27.

6. Наими, О. И. Влияние пестицидов на биохимическую активность чернозема обыкновенного при возделывании подсолнечника // *Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых АПК, п. Рассвет, 18–19 мая 2023 года. – п. Рассвет: Общество с ограниченной ответственностью «АзовПринт». 2023. С. 303-309.*

7. Иванова Е.Р. Применение пестицидов и их влияние на окружающую среду // *Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: сборник трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции, посвященной 25-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ» (14-15 мая 2024 г. – Керчь: КГМТУ. 2024. С. 206-209.*

8. Борисова Е.Е. Шуварин Ю.В. Сизова В.П. Заикин. Оценка воздействия химических средств защиты растений и агротехнологий на объекты окружающей среды // *Вестник НГИЭИ*. 2022. № 10(137). С. 20-27.

9. Джумаева М. К. Воздействие сельскохозяйственных пестицидов на окружающую среду // *Central Asian Journal of Medical and Natural Science*. 2023. Т. 4. № 1. С. 381-385.

10. Garg S. Nain P. Kumar A. Next generation plant biostimulants & genome sequencing strategies for sustainable agriculture development // *Frontiers in Microbiology*. 2024. Т. 15. P. 1-21.

11. Солихова М.И. Ходжаев А.Т. Дайбова Е.Б. Курзина И.А. Влияние гуминовых препаратов на семена пшеницы сорта «Навруз» // *Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа: Материалы X Международной конференции, Томск, 02–06 октября 2023 года. – Екатеринбург: [б.и.], 2023. С. 40-41.*

12. Поволоцкая Ю. С. Краткий обзор гуминовых препаратов // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019. №5. – С. 37-40.

13. Mankotia S. Impact of humic acid on various properties of soil and crop productivity-A review // *Journal of Agriculture and Ecology*. 2024. Т. 18 P. 1-6.

14. Lumactud R.A. Gorim L.Y. Thilakarathna M.S. Impacts of humic-

based products on the microbial community structure and functions toward sustainable agriculture // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Т. 6. P. 1-6.

15. Мерзлякова К.В. Чепуштанова О.В. Механизм действия гуминовых кислот // Технологии производства и переработки продукции свиноводства и птицеводства: Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола, Екатеринбург, 29 апреля 2022 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022. С. 82-83.

16. Соболенко К.А. Акысбекова М.Н. Влияние биостимуляторов на рост и развитие озимой пшеницы // Теоретические и практические подходы к решению глобальных вызовов в эпоху перемен: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Казань, 15 июня 2024 года. – Уфа: ООО «Аэтерна». 2024. С. 32-35.

17. Мукарамов Н.Б. Додобаев М.Р. Джиргалова Е.А. Эффективность использования биологически активных веществ при возделывании озимой пшеницы // Материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок: сборник статей Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 марта 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Омега сайнс». 2021. С. 72-76.

18. Rathor P. Rouleau V. Gorim, L.Y. Chen G. Thilakarathna M.S. Humalite enhances the growth, grain yield, and protein content of wheat by improving soil nitrogen availability and nutrient uptake // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2024. Т. 187. № 2. P. 247-259.

19. Alsudays I.M. Alshammary F.H. Alabdallah N.M. Alatawi A. Applications of humic and fulvic acid under saline soil conditions to improve growth and yield in barley // *BMC Plant Biology*. 2024. Т. 24. №. 1. P. 1-16.

20. Алмосов В.В. Лазарев В.И. Влияние некорневых подкормок гуминовыми удобрениями на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2024. Т. 67. № 4. С. 478-482.

21. Танирбергенов С. И. Сулейменов Б.У. Зэрш З.А. Применение органического гуминового удобрения «Тумат» при возделывании сои // *Почвоведение и агрохимия*. 2023. № 1. С. 74-85.

22. Savy, D. Brostaux Y. Cozzolino V. Quantitative structure-activity relationship of humic-like biostimulants derived from agro-industrial byproducts and energy crops // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Т. 11. P. 1-13.

23. Теселкина В.В. Изучение энергии прорастания и всхожести семян пшеницы, обработанных техническим раствором переработки мискантуса // *Современные проблемы агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов*, Самара, 08 июня 2023 года. Кинель: Самарский государственный аграрный университет. 2023. С. 119-124.

24. Карабаев К.Б. Сулейменов Б.У. Аташаева Г.У. Влияние биоорганического удобрения «Биоэкогум» на развитие кукурузы и сои в условиях светло-каштановых почв // Почвоведение и агрохимия. 2023. – № 4. – С. 108-122.

25. Canellas L.P. Silva R.M. Sales F.S. Co-inoculation with bradyrhizobium and humic substances combined with herbaspirillum seropedicae promotes soybean vegetative growth and nodulation // Agronomy. 2023. Т. 13. №. 10. P. 1-12.

26. Полухина М.Г. Шалимова Е.А. Перспективы применения биопрепаратов при выращивании гороха посевного и их влияние на ранние этапы онтогенеза // Естественные и гуманитарные науки в современном мире: Материалы Международной научно-практической конференции, Орел, 13–15 мая 2020 года. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2020. С. 79-83.

27. Rathor P. Upadhyay P. Ullah, A. Warkentin, T.D. The biostimulatory effect of humic-based soil amendment on plant growth, root nodulation, symbiotic nitrogen fixation and yield of field pea (*Pisum sativum* L.) // Journal of Sustainable Agriculture and Environment. 2024. Т. 3. № 3. P. 1-13.

28. Mohammed A.A. Effect of humic acid on growth and yield of cucurbit crops: a review article / A. A. Mohammed – Текст: электронный // Iraq journal of agricultural research. 2024. Т. 28. №. 1. P. 89-101.

29. Бацин Н. С. Шавыркина Н.А. Влияние раствора после предобработки мискантуса на прорастание семян гороха // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК : Сборник статей III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 80-летию агрономического факультета Алтайского государственного аграрного университета, Барнаул, 22 ноября 2023 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет. 2023. С. 11-15.

30. Amerian M. Palagni A. Gohari G. Ntatsi G. Humic acid and grafting as sustainable agronomic practices for increased growth and secondary metabolism in cucumber subjected to salt stress //Scientific Reports. – 2024. Т. 14. – № 1. P. 89-101.

31. Ahmed A.M. Effect of humic acid and maxigrow (organic fertilizer) on growth, flowering and yield of snake cucumber (*cucumis melo. l*) // Science Journal of University of Zakho. – 2024. – Т. 12. – №. 2. – P. 153-158.

32. Zhang P. Zhang H. Wu G. Dose-dependent application of straw-derived fulvic acid on yield and quality of tomato plants grown in a greenhouse // Frontiers in plant science. 2021. Т. 12. P. 153-158.

33. Liava V. Chaski C. Añibarro-Ortega M. The effect of biostimulants on fruit quality of processing tomato grown under deficit irrigation // Horticulturae. 2023. Т. 9. №11. P. 2-20.

34. Lu Q. Jin L. Tong C. Liu F. Research Progress on the Growth-Promoting Effect of Plant Biostimulants on Crops // *Phyton-international journal of experimental botany*. 2023. Т. 9. № 11. P. 661-679.

35. Zamljen, T. Grohar M.C. Slatnar A. Effects of pre-and post-transplantation humic acid biostimulant treatment and harvest date on yield quantity and quality parameters of sweet peppers (*capsicum annuum L.*) // *Scientia Horticulturae*. 2024. Т. 338. P. 1-10.

36. Silva R. F. Dias D.O. Dias T.J. Cattle manure and humic substances stimulate morphophysiological and nutritional processes in pepper plants // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. – 2024. – Т. 28. P. 1-10.

УДК 628.316.12

ФОТОХИМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ АНТИБИОТИКОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВОЙНЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Алексеев К.Д.^{*,**}

аспирант, ier-bsu@mail.ru

Сизых М.Р.^{*}

к.т.н., с.н.с., info@binm.ru

Батоева А.А.^{*}

д.т.н., зав, лаб., info@binm.ru

^{*} ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова
670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

^{**} ФГБУН Байкальский институт природопользования СИФИБР
670047, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

АННОТАЦИЯ: Показана перспективность использования двойных окислительных систем для фотохимической деструкции и минерализации антибиотиков (на примере амоксициллина), при применении в качестве источника УФ-излучения эксиламп. Экспериментально установлено, что эффективность окислительной деструкции и минерализация амоксициллина возрастает в ряду: $\{UV/H_2O_2\} < \{UV/S_2O_8^{2-}\} < \{S_2O_8^{2-}/H_2O_2/Fe^{2+}\} < \{UV/S_2O_8^{2-}/H_2O_2\} < \{UV/S_2O_8^{2-}/H_2O_2/Fe^{2+}\}$

Ключевые слова: Амоксициллин; персульфат калия; пероксид водорода, эксилампа, комбинированные окислительные процессы.

PHOTOCHEMICAL DEGRADATION OF ANTIBIOTICS IN AQUEOUS SOLUTIONS USING A DUAL OXIDATIVE SYSTEM

Alekseev K.D.^{*,**}

Graduate student, ier-bsu@mail.ru

Sizykh M.R.

Ph.D., Senior Researcher, info@binm.ru

Batoeva A.A.

Dr., Head of the Laboratory, info@binm.ru

*Dorzhi Banzarov Buryat State University,

24a Smolina St., 670000, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

**Baikal Institute of Nature Management,

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

6 Sakhyanovoy St., 670047, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

ABSTRACT: The potential of using dual oxidative systems for the photochemical degradation and mineralization of antibiotics (exemplified by amoxicillin) has been demonstrated, with excilamps employed as the UV radiation source. Experimental results revealed that the efficiency of oxidative degradation and mineralization of amoxicillin increases in the following sequence: $\{UV/H_2O_2\} < \{UV/S_2O_8^{2-}\} < \{S_2O_8^{2-}/H_2O_2/Fe^{2+}\} < \{UV/S_2O_8^{2-}/H_2O_2\} < \{UV/S_2O_8^{2-}/H_2O_2/Fe^{2+}\}$.

Keywords: Amoxicillin; potassium persulfate; hydrogen peroxide, excilamp, advanced oxidation process.

В число главных экологических проблем современности входит загрязнение водных экосистем фармполлютантами. Фармполлютанты - это лекарственные препараты и их метаболиты, которые попали в окружающую среду [1]. Источниками поступления данного вида загрязнителей в водную экосистему являются недостаточно очищенные бытовые и промышленные сточные воды, сельскохозяйственные стоки и отходы медицинских учреждений [2]. Антибиотики являются одними из самых опасных загрязнителей потому что при долгосрочном влиянии на окружающую среду вызывают развитие резистентности у патогенных микроорганизмов, что в свою очередь может привести серьезным последствиям в сфере здравоохранения.

Наиболее эффективными являются методы деструкции органических загрязнителей, основанные на комбинированных окислительных процессах (AOP – Advanced oxidation process), суть которых заключается в окислительной деструкции загрязняющих веществ активными формами кислорода (АФК). Для генерации АФК применяются озон, пероксид водорода, персульфаты и др.. Их использование в сочетании с физическим воздействием, в частности с УФ-излучением, позволяет достичь высокой степени деструкции органических соединений и минерализации, то есть преобразования в неорганические вещества [3]. Перспективными источниками УФ-излучения с точки зрения энергоэффективности и безопасности являются эксимерные лампы, которые производят квазимонохроматическое излучение в заданном спектральном диапазоне [4].

Наиболее часто для генерации АФК используют экологически безопасный окислитель пероксид водорода (H_2O_2). Однако основными ограничениями его использования являются недостаточная стабильность соединения, сложность при транспортировке, а также склонность вызывать коррозию металлического оборудования при повышенных концентрациях. Образующиеся при его активации гидроксильные радикалы неселективные и требуют постоянной генерации из-за короткого времени жизни [5].

Источником других АФК, сульфатных анион-радикалов, являются персульфаты ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$), который характеризуется простотой транспортировки, легкостью дозирования, стабильностью. Сульфатные анион-радикалы обладают большей селективностью, стабильностью, по окислительной способности не уступают ОН-радикалам и активны в широком диапазоне значений pH. Сульфатные анион-радикалы являются электрофильными реагентами, обладающими сродством к соединениям с электронодонорными заместителями (- NH_2 , -ОН, -OR). Однако, при наличии в молекулах целевых соединений электроноакцепторных групп (- NO_2 , C=O) скорость реакции их взаимодействия с сульфатными анион-радикалами существенно снижается [6].

Одновременное использование $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ и H_2O_2 позволяет использовать преимущества каждого окислителя. Так, например, в исследовании [7] была изучена эффективность деструкции йопромида в системе $\{\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2\}$. В качестве источника излучения использовали люминофорные лампы низкого давления с ртутным наполнителем с максимумами излучения при 254, 300 и 350 нм. Установлено, что УФ-излучение при 254 нм обеспечивает более высокую скорость разложения в системе $\{\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2\}$. Скорость реакции окисления йопромида линейно возрастает с увеличением концентрации $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$. При концентрации $[\text{H}_2\text{O}_2] > 12$ mM скорость реакции окисления целевого соединений снижается, авторы предполагают, что вследствие образования менее реакционноспособных АФК.

Учитывая, что эффективность окислительной деструкции определяется химической природой целевого соединения и длиной волны используемого УФ-излучения, актуальным является изучение возможности использования двойной окислительной системы, активированной УФ-излучением эксилампы, для деструкции антибиотиков.

Целью работы являлось исследование закономерностей фотохимической деструкции антибиотика, на примере амоксициллина, в двойной окислительной системе при использовании в качестве источника УФ-излучения KгCl-эксилампы.

Объектом исследования являлись модельные растворы амоксициллина (АМХ) с концентрацией 50 мкМ. Эксперименты проводились в трубчатом фотореакторе при постоянной температуре 20 °С. Объем обрабатываемого раствора 400 мл, скорость циркулирования 500 мл/мин. Источником

УФ-излучения являлась KrCl эксилампа с максимумом излучения 222 нм.

Концентрацию амоксициллина в растворе контролировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием модульной системы Agilent 1260 Infinity, оснащенной диодноматричным УФ-детектором. Разделение компонентов проводили на колонке Zorbax SB-C18 размером 4.6×150 мм. Объем вводимой пробы составлял 100 мкл, температура колонки поддерживалась на уровне 25°C . В качестве элюента использовали смесь ацетонитрила и 0.1% раствора фосфорной кислоты в объемном соотношении 10:90. Скорость элюирования устанавливали на 0.5 мл/мин.

Для измерения общего органического углерода (ООУ) применялся анализатор Shimadzu TOC-L CSN с пределом обнаружения 50 мкг/л.

Экспериментально установлено, что в системе $\{\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}\}$ при концентрации $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] = 0.5$ мМ полная деструкция АМХ произошла при 30 минут экспозиции, минерализация органического углерода составила 21% при 60 мин. Эксперименты по замене персульфата калия на пероксид водорода при суммарном сохранении концентрации окислителя 0,5 мМ позволили выявить их оптимальное соотношением, которое составило 1:1 (рисунок).

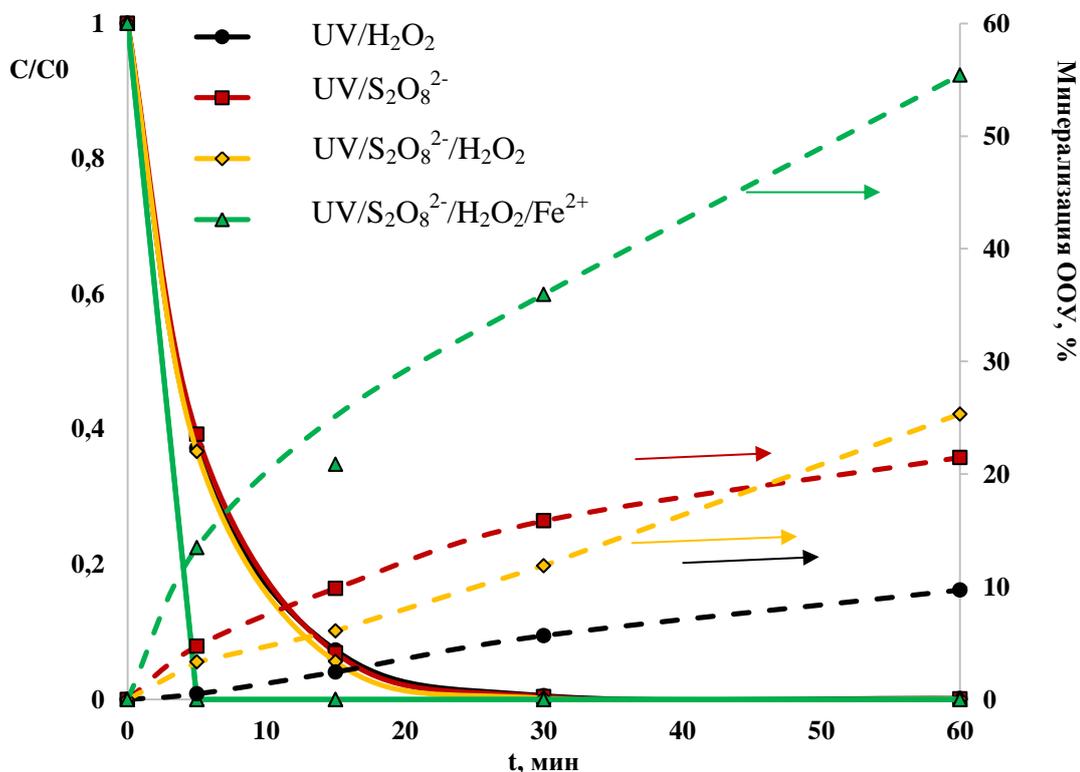


Рисунок. Деструкция АМЦ и минерализация ООУ в системах:
 1) $\{\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2\}$, $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,5$ мМ; 2) $\{\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}\}$, $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] = 0,5$ мМ;
 3) $\{\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2\}$, $[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] = 0,25$ мМ. $[\text{Fe}^{2+}] = 0,1$ мМ

При этом сохранилась высокая эффективность деструкции АМХ, а минерализация общего органического углерода составила 25% при 60 минут экспозиции. Стоит отметить, что в системе {UV/H₂O₂} при концентрации [H₂O₂] = 0,5 мМ минерализация общего органического углерода составила 10%. В «темновых» условиях, без УФ-излучения, при добавлении в раствор окислителей деструкции и минерализации амоксициллина не наблюдалось, даже при увеличении времени обработки до 120 минут.

При комбинированной активации окислителей ионами Fe²⁺ и УФ-излучением эксилампы, в окислительной системе {UV/S₂O₈²⁻/H₂O₂/Fe²⁺} через 5 минут экспозиции амоксициллин в растворе не обнаружен, минерализация достигла 55 % через 60 минут. В системе {S₂O₈²⁻/H₂O₂/Fe²⁺} наблюдается полная деструкция амоксициллина в первые 5 минут обработки, а минерализация составила 18%. Установлено возникновение синергического эффекта, синергический индекс, рассчитанный по формуле 1, составил 1,3.

$$\Phi = \frac{M(\text{UV/S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+})}{M(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+})+M(\text{UV/S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2)} \quad (1)$$

Таким образом установлено, что эффективность окислительной деструкции и минерализация амоксициллина возрастает в ряду: {UV/H₂O₂} < {UV/S₂O₈²⁻} < {S₂O₈²⁻/H₂O₂/Fe²⁺} < {UV/S₂O₈²⁻/H₂O₂} < {UV/S₂O₈²⁻/H₂O₂/Fe²⁺}.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования двойных окислительных систем в процессах деструкции антибиотиков при применении в качестве источника УФ-излучения эксиламп и необходимости дальнейших исследований в этом направлении.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальского института природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (проект FWSU-2021-0006) с использованием оборудования ЦКП БИП СО РАН (Улан-Удэ).

Библиографический список:

1. Picinini-Zambelli J., Letícia Hilário Garcia A., Da Silva J., Emerging pollutants in the aquatic environments: A review of genotoxic impacts // Mutation Research - Reviews in Mutation Research. 2025. Vol. 795. 108519. ISSN 1383-5742.
2. Li Y., Zhang Y., Wang D., Zhao J., Yu H., Chen Y., Yang J. Effect of antibiotics on diverse aquatic plants in aquatic ecosystems. Aquatic Toxicology. 2025. Vol. 281. 10728.

3. Qutob M., Shakeel F., Alam P., Alshehri S., Ghoneim M., Rafatullah M. A review of radical and non-radical degradation of amoxicillin by using different oxidation process systems. // Environmental Research. 2022. Vol. 214. P. 1. 113833.

4. Li X., Shen T., Wang D., Yue X., Liu X., Yang Q., Cao J., Zheng W., Zeng G. Photodegradation of amoxicillin by catalyzed $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ process // Journal of Environmental Sciences. 2012. Vol. 24. №. 2. P. 269-275.

5. Scaria J., Nidheesh P.V., Comparison of hydroxyl-radical-based advanced oxidation processes with sulfate radical-based advanced oxidation processes // Curr. Opin. Chem. Eng. 2022. Vol. 36. 100830.

6. Shi Y., Xing Y., Ma C., Sun Y., et al. Degradation of aqueous organic pollutants by dual oxidant advanced oxidation processes: A comprehensive review. // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2024. Vol. 12, P. 114174.

7. Chu W., Wang Y.R., Leung H.F. Synergy of sulfate and hydroxyl radicals in $\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{H}_2\text{O}_2$ oxidation of iodinated X-ray contrast medium iopromide. // Chemical Engineering Journal .2011. Vol. 178. P. 154-160.

УДК 579.26(470.21)

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
МИКРООРГАНИЗМОВ И ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ И ОБОРОТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Фокина Н.В.

к.т.н., зав. лабораторией экологии микроорганизмов, NadezdaVF@yandex.ru

Мязин В.А.

к.б.н., с.н.с., myazin@mail.ru

Чапоргина А.А.

ведущий инженер, charorginaa@mail.ru

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

184209, г. Апатиты, Академгородок 14А

АННОТАЦИЯ: Приведены исследования возможности использования биотехнологического потенциала аборигенных штаммов микроорганизмов и высших растений при очистке сточных промышленных вод и оборотной воды, используемой при флотации, от широкого ряда загрязняющих веществ: минеральных соединений азота, фосфора, калия, сульфатов и тяжелых металлов в Арктической зоне Российской Федерации

Ключевые слова: микроорганизмы, растения, сточные воды, биоремедиация

BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF MICROORGANISMS AND HIGHER PLANTS IN THE PROCESS OF WASTEWATER AND RECYCLED INDUSTRIAL WATER TREATMENT IN THE MURMANSK REGION

Fokina N.V.

PhD, head of laboratory of microorganism ecology, NadezdaVF@yandex.ru

Myazin V.A.

PhD, Senior Researcher, myazinv@mail.ru

Chaporgina A.A.

Lead Engineer, chaporginaa@mail.ru

Institute of Industrial Ecology Problems of the North KSC RAS
184209, Apatity, Akademgorodok 14A

ABSTRACT: The article presents studies on the possibility of using the biotechnological potential of indigenous strains of microorganisms and higher plants in the purification of industrial wastewater and recycled water used in flotation from a wide range of pollutants: mineral compounds of nitrogen, phosphorus, potassium, sulfates and heavy metals in the Arctic zone of the Russian Federation

Keywords: microorganisms, bioremediation, plants, wastewater

В настоящее время применение фитоочистных сооружений с высшей водной растительностью рассматривается как самостоятельный высокоэффективный метод очистки сточных вод [6, 10].

В подобных системах очистка воды обеспечивается комплексом факторов: кислород атмосферы, солнечные лучи, почва, высшие растения, водоросли, микроорганизмы, простейшие организмы, черви. Высшие растения имеют здесь наибольшее значение, являясь субстратом, на котором собираются взвешенные вещества и формируется активный ил. Их корневые и листовые выделения существенно ускоряют разложение органических веществ, насыщение воды кислородом и очищение окружающего воздуха от газообразных продуктов разложения ингредиентов [4, 5]. Так же они являются источником свободного органического вещества для ризосферных микроорганизмов.

Основным ограничением применения методов биоремедиации является возможность их использования при содержании загрязнителей в среде ниже порога биотоксичности. Выбор способов биоремедиации зависит от целого ряда факторов, таких как уровень загрязненности, площадь и глубина проникновения, концентрация загрязнений, тип источника загрязнения, климатические, гидрогеологические, гидрохимические условия, структура экосистемы, технические и финансовые возможности.

Практика эксплуатации фитоочистных сооружений сточных вод предприятий сложного химического состава показала их высокую эффективность как в теплый, так и в холодный период года [8]. Поскольку в зимнее время поглощение веществ растениями не происходит, то очистка осуществляется за счет химических и микробиологических процессов. Так, например, в воде и илах пруда хвостохранилища число микроорганизмов ничтожно (200–400 кл/мл), в то время как в воде биологического пруда их количество возрастает в сотни (50–80 тыс. кл/мл), а в илах в десятки тысяч раз (200–400 млн кл/мл). Несмотря на наличие таких токсичных компонентов, как ионы тяжелых металлов и цианиды, в воде отстойных прудов при обогатительных фабриках обитает разнообразная микрофлора, которая способна окислять металлы переменной валентности с использованием органического вещества (отмерших растений) в качестве основного источника получения энергии [11, 12].

Таким образом, очистка поверхностных стоков с применением природных сорбентов, растений-макрофитов и ризосферной микробиоты может быть высокоэффективной и экономически целесообразной по сравнению с традиционными методами очистки при правильном подборе как сорбентов, так и растений.

Совместно с ПАБСИ КНЦ РАН проводятся исследования по созданию биоплато на прудах-отстойниках Кировогорского карьера АО «ОЛ-КОН» (г. Оленегорск, Мурманская обл.) и АО «Карельский окатыш» (г. Костомукша, республика Карелия) с целью снижения содержания минеральных соединений азота в сточных карьерных водах. Ежемесячно в отстойник поступает в среднем 5000 – 6000 кг нитратов, 30 – 50 кг нитритов, 60 – 80 кг аммонийного азота. Разрабатываемая нами технология основывалась на создании плавающих биоплато (рисунке). На данное изобретение были получены патенты РФ № 2560631 и 2773122.



Рисунок. Плавающее биоплато для очистки сточных карьерных вод от минеральных соединений азота

Для создания фитоценоза биоплато был подобран ассортимент аборигенных растений-гидрофитов: мать-и-мачеха, осоки, пушица многоколосковая или узколистная, пушица Шейхцера, вахта трехлистная, белокрыльник болотный, калужница болотная, хвощ топяной, хвощ болотный, ива филиколистная, ива козья, сфагнум, ряска, разработан способ их закрепления и выращивания на водной поверхности в условиях Арктики. В воде пруда выявлены микроорганизмы, трансформирующие минеральные соединения азота и способствующие вместе с растениями снижению концентрации аммонийного и нитратного азота в водоеме.

В 2021 году общая площадь ФОС составила около 55% от площади отстойников. Содержание нитрат-ионов в результате очистки воды снижалось в среднем на 21%, нитрит-ионов – на 71%, ионов аммония – на 58%. В дальнейшем происходило увеличение площади биоплато за счет новых конструкций в виде садков с мхом.

В настоящее время ведется разработка устойчивых плавающих платформ для размещения фитомодулей, которые могут нести на себе как надводные укореняющиеся растения, так и погруженные водные растения, полностью находящиеся в толще воды. Платформы могут соединяться между собой, образуя барьер на пути движения воды в отстойнике. Количество платформ, их конфигурация и размещение подбирается в соответствии с параметрами существующего отстойника.

Так же разработанная технология позволяет вести поисковые исследования по подготовке сливов сгустителей и технической воды, используемых в процессе флотации апатит-нефелиновых руд. Для оборотной воды существует проблема накопления в ней соединений азота, которые могут влиять как на получаемые технологические показатели, так и на расход флотореагентов. Проведенные исследования показали, что снижение всех форм азота с использованием злаковых и травосмеси происходит в течение 7-10 суток в зависимости от плотности растительного покрова.

Большой интерес вызывает возможность использовать водную растительность в технологиях очистки сточных вод от тяжелых металлов. Водные растения являются своего рода биологическим фильтром, проходя через который сточные воды в определенной степени очищаются от загрязняющих компонентов [1, 2, 3, 7, 11]. При обнаружении аномально высоких концентраций тяжелых металлов в водной растительности металлы накапливаются на поверхности и внутри растений в составе аморфных гидроксидов, сульфидных минералов и самородного вещества. Было отмечено, что погруженные растения накапливают большее количество микроэлементов, нежели полупогруженные [9].

Ведутся лабораторные исследования по очистке воды технологического отстойника площадки Мончегорск АО «Кольская ГМК» от меди, ни-

келя и кобальта с использованием растений-макрофитов: урути водной, ситника острого, мха сфагнового, а также травосмеси и злаковых. Было обнаружено, что через 2 недели в вариантах опытов с урутью, мхом и злаковыми происходит рост содержания никеля в воде, содержание меди остается практически на том же уровне, либо незначительно растет, что может происходить в связи с испарением и поглощением воды растениями. Через 4 недели во всех образцах наблюдалось снижение содержания металлов.

Работа выполнена в рамках темы FMEZ-2025-0044 «Трансформация природных и техногенных систем в условиях перехода к низкоуглеродному развитию экономики и изменяющегося климата Арктической зоны Российской Федерации (на примере Мурманской области)».

Библиографический список

1. Бурдин, К.С. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность) / К.С. Бурдин, Е.Ю. Золотухина. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 202 с.
2. Гришанцева, Е.С. Распределение микроэлементов в высшей водной растительности Иваньковского водохранилища / Е.С. Гришанцева, Н.С. Сафронова, Н.В. Кирпичникова, Л.П. Федорова // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2010. – № 3. – С. 223–231.
3. Зайнутдинова, Э.М. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием водных растений / Э.М. Зайнутдинова, Г.Г. Ягафарова // Башкирский химический журнал. – 2013. – Т. 20. – № 3. – С. 150–152.
4. Кудряшова, В.И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / В.И. Кудряшова. – Саранск, 2003. – 144 с.
5. Остроумов, С.А. Гидробионты в самоочищении вод и биогенной миграции элементов / С.А. Остроумов. – М.: МАКС-Пресс, 2008. – 200 с.
6. Тимофеева, С.С. Использование фитотехнологий для очистки сточных и грунтовых вод от тяжелых металлов / С.С. Тимофеева, Д.В. Ульрих // ВодаMagazine. – 2014. – № 6 (82). – С. 36–40.
7. Ульрих, Д.В. Возможность использования гелофитов *Asopus salamus*, *Typha angustifolia* и *Comarum palustre* в технологиях очистки сточных вод фиторемедиационными сооружениями / Д.В. Ульрих, М.Н. Брюхов, С.С. Тимофеева // Академический журнал Западной Сибири. – 2014. – Т. 10. – № 2. – С. 29–30.
8. Ульрих, Д.В. Научное обоснование и разработка технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий в рай-

онах добычи и переработки медных руд: дис. ... д-ра тех. наук: 25.00.36 / Д.В. Ульрих. – Москва, 2020. – 361 с.

9. Шашкова, И.Л. Извлечение ионов тяжелых металлов из водных растворов с использованием природных карбонатсодержащих терпелов / И.Л. Шашкова, А.И. Ратько, Н.В. Мильвит // Журнал прикладной химии. – 2000. – Т. 73. – Вып. 6. – С. 914–919.

10. Bryukhov, M.N. Role of leafy mosses in wastewater treatment / M.N. Bryukhov, D.V. Ulrich, S.S. Timofeeva // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO. – Albena, Bulgaria, 2014. – P. 579–584.

11. Burd, G.I. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants / G.I. Burd, D.G. Dixon, B.R. Glick // Article in Canadian Journal of Microbiology. – 2000. – V. 46(3). – P. 237-245.

12. Moore, F.P. // Endophytic bacterial diversity in poplar trees growing on a BTEX-contaminated site: The characterisation of isolates with potential to enhance phytoremediation / F.P. Moore, T. Barac, B. Borremans, L. Oeyen, J. Vangronsveld, D. Lelie, C.D. Campbell, E.R.B. Moore // Systematic and Applied Microbiology. – 2006. – V. 29. – P. 539–556.

УДК 628.161.3

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ХИМВОДООЧИСТКИ

Бдицких А.В. *

магистрант

Петрова А.Н. **,***

инженер, аспирант, преподаватель химии, arinanikolayevna@mail.ru

Дударев В.И. *

д.т.н., профессор, vdudarev2@istu.edu

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

**Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

***Иркутский техникум индустрии питания
664003, г. Иркутск, Ул. Ленина, 46

АННОТАЦИЯ: Химводоочистка предназначена для восполнения потерь пара и конденсата. Главная цель — обеспечить получение воды с физико-химическими параметрами, необходимыми для стабильной работы оборудования. Очищенная химическим способом вода применяется для подготовки питательной воды котлов. Котельный агрегат - это комплекс устройств, для получения под давлением пара за счет сжигания топлива. В данной работе выполнен обзор методов химводоочистки, применяемых в химических лабораториях ТЭЦ. Рассмотрены ключевые особенности, достоинства и недостатки методов. Проведен анализ уровня их изученности

и пригодности для практического применения. Сравнение методов показало, что системы обратного осмоса являются наилучшими.

Ключевые слова: Химводоочистка, ТЭЦ, системы обратного осмоса.

COMPARISON OF WATER CHEMICAL TREATMENT METHODS

Bditskikh A.V. *

Master degree student

Petrova A.N. **,***

Postgraduate, engineer, chemistry teacher, arinanikolaevna@mail.ru

Dudarev V.I. *

Dr.Sci., Full Professor, vdudarev@mail.ru

*Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, Lermontov st., 83

**Institute of the Earth's Crust SB RAS

664033, Irkutsk, st. Lermontova, 128

***Irkutsk College of Food Industry

664003, Irkutsk, st. Lenina, 46

ABSTRACT: Chemical water treatment is designed to replenish steam and condensate losses. The main goal is to ensure that water with the physico-chemical parameters necessary for stable operation of the equipment is obtained. Chemically purified water is used to prepare boiler feedwater. A boiler unit is a complex of devices for producing steam under pressure by burning fuel. This paper provides an overview of chemical water treatment methods used in chemical laboratories of thermal power plants. Key features, advantages and disadvantages of the methods are considered. An analysis of the level of their study and suitability for practical application is carried out. It is concluded that reverse osmosis systems are the best.

Keywords: Chemical water treatment, thermal power plants, reverse osmosis systems.

В литературе встречаются 3 метода очистки воды на ТЭЦ: механический, ионообменный и мембранный. Первые два являются обязательными.

1) Механический метод очистки. Механическая очистка является неотъемлемой частью ХВО. В отделении монтируют четыре вертикальных трехкамерных. Рабочее давление исходной воды, подаваемой на фильтр, не должно превышать 6 атмосфер [1].

Общий контроль включает регулярный (два раза в год) осмотр фильтра с целью проверки состояния фильтрующего материала и защитного покрытия. Результаты осмотра определяют необходимость удаления верхнего слоя, дополнительной промывки или ремонта. Вода, очищенная меха-

ническими фильтрами, называется осветленной и маркируется на схемах как ОВ [2].

2) Ионообменный метод очистки.

А) Na-катионитовый фильтр. Химический мониторинг работы натрий-катионитовых фильтров проводится анализом показателей качества воды по графику химического контроля. Процесс Na-катионирования применяется для снижения жесткости воды, то есть устранения из неё катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), заменяя их натрием (Na^+). Это приводит к уменьшению остаточной жёсткости обработанной воды.

Б) NaCl-катионитовый фильтр. Натрий-хлор-ионитные установки имеют аналогичное устройство с натрий-катионитовыми фильтрами. Они предназначены для умягчения воды и одновременно снижения её щелочности путём последовательного пропускания воды через три стадии: сначала через натрий-катионитный фильтр первой ступени, затем через хлор-анионитный фильтр и, наконец, через натрий-катионитный фильтр второй ступени. Рационально объединять вторую стадию натрий-катионирования с хлор-анионированием в одном фильтре, где снизу размещают катионит, а сверху — сильноосновный анионит.

3) Мембранный метод очистки. Данный метод является дополнительной очисткой и имеет множество разновидностей. В данном литературном обзоре проведено сравнение между методами мембранной очистки.

А) Системы ультрафильтрации воды. Смысл данного метода заключается в добавлении коагулянта и последующей обработке на установке ультрафильтрации.

Преимущества:

- Процесс полностью автоматизирован;
- Небольшие размеры;
- Эффективно уменьшает загрязнения.

Недостатки:

- Отсутствие систем повторного использования сбросной воды;
- При больших объемах эффективность значительно снижается;
- Высокий объем сбросной воды;
- Дорогое оборудование и, соответственно, его обслуживание;
- Не включается ручная регулировка при ошибках;
- Предварительная химическая обработка перед использованием;
- Частые засорение мембран от загрязнителей, вызванных человеком

[3].

Б) Система фильтрации воды по технологии коагуляции в осветлителях.

В этой системе исходная вода подается в осветлитель, где она обрабатывается методом известкования и коагуляции. Затем вода направляется в

резервуар для известково-коагулированной воды, откуда проходит через механические и Na-катионитные фильтры.

Преимущества:

- Независимость технологических решений от объема загрязнений;
- Водоотдающие свойства шлама;
- Минимальный расход сбросных вод и возможность их утилизации;
- Действенное извлечение солей железа и силикатов.

Недостатки:

- Нарушение процесса автоматизации из-за присутствия извести;
- Характеристики и износостойкость оборудования напрямую зависит от жесткости поступающей воды;
- Значительное превышение шлама;
- Непостоянство характеристик очищенной воды;
- Двойная механическая фильтрация для повторной очистки известковой воды;
- Большой размер и вес установок, что соответственно повышает стоимость оборудования и ремонта [3].

В) Система фильтрации воды по технологии напорной флотации.

Напорная флотация основана на создании условий во флотационной камере для образования микропузырьков воздуха, которые, в свою очередь, поднимают различные загрязнения вверх. Вода предварительно обрабатывается коагулянтом и флокулянтом.

Преимущества:

- Небольшие размеры оборудования;
- Стабильное высокое качество воды;
- Шлам обладает небольшой влажностью и дальнейшее обезвоживание проходит легко.

Недостатки:

- Большое энергопотребление, что влияет на высокую стоимость оборудования;
- Превышение выхода шлама;
- Нужна повторная механическая очистка [3].

Г) Система фильтрации воды по технологии сетчатых, дисковых и кассетных фильтров.

Преимущества:

- Малые размеры оборудования;
- Автоматическая работа приборов;
- Простота в использовании и обслуживании.

Недостатки:

- Применение только в качестве предфильтрацией перед ультрафильтрацией, ионным обменом, обратным осмосом;
- Быстрая забивка фильтров, следовательно, частая замена;

- Используют для очистки только более-менее чистую воду, вода с водоемов, обычно не пригодна для очистки [3].

Д) Система фильтрации воды по технологии электродиализа.

Электродиализ — современный метод водоподготовки, который происходит в электродиализаторе, основанный на переходе ионов электролитов под действием постоянного электрического тока. Катионы движутся на аниононовые мембраны, а анионы наоборот, на катиононовые. Процесс происходит в установке с электродами и набором ионообменных мембран [4,5,6].

Достоинств этого метода в литературе не было найдено.

Недостатки:

- Разбавленный раствор должен соответствовать строгим критериям для слива в водоемы;
- Мембраны постоянно «отравляются» металлами;
- Появление различных осадков, что мешают работе аппаратуры;
- Огромные электрорасходы, следовательно, высокая стоимость обессоливания[7].

Е) Система фильтрации воды по технологии обратного осмоса.

Обратный осмос — это наилучший способ очистки и обессоливания воды, основанный на подаче внешнего давления [8]. Перед применением фильтрации обратного осмоса вода предварительно очищается. В России содержание соли в природной воде выше 600-700 мг/л, поэтому наиболее эффективно использовать установки обратного осмоса, так, как только они рассчитаны на высокое содержание солей в воде. В процессе также применяются ингибиторы, например, биоциды [9].

Преимущества:

- Автоматизированный процесс;
- Относительно небольшие размеры оборудования;
- Степень удаления веществ и микроорганизмов 95%. Удаляются почти все соли, осадки, цветность, мутность и химические красящие вещества;
- Помимо удаления веществ, вода обеззараживается;
- Постоянство характеристик очищенной воды;
- Наибольшая степень извлечения продуктов.

Недостатки:

- Большое потребление электричества, как следствие, высокая стоимость оборудования и его обслуживания.

Из данного литературного обзора следует, что наилучший способ очистки, по многим показателям — это установка обратного осмоса. Даже несмотря на дороговизну данного оборудования, на современных ТЭЦ пытаются внедрить данное оборудование. Обычно аппаратура обратного осмоса устанавливается совместно с механической и ионообменной.

Библиографический список:

Водоподготовительное оборудование для ТЭС и промышленной

энергетики: отраслевой каталог. – М., 1988

1. ПИ 203.255.031-2019 Производственная инструкция по эксплуатации химводоочистки участка ХВО КТЦ-ТИ

2. Виноградов В.Н., Жадан А.В., Смирнов Б.А., Смирнов О.В. Обобщение опытов предварительной очистки воды на ТЭС // Вестник ИГЭУ. – 2011.

3. Лекомцев В. Р. Обзор основных методов обезжелезивания воды / В. Р. Лекомцев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 29 (163). — С. 17-20.

4. Лупандина Н.С., Кирюшина Н.Ю., Свергузова Ж.А., Ельников Д.А. Использование производственных отходов для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2018 – № 5 – С. 38 – 41.

5. Марченко Л.А., Боковикова Т.Н., Белоголов Е.А., Марченко А.А. Новый неорганический сорбент для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2017 – №1 – С. 57 – 59.

6. Мирошников В.В. Петин. - Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. - Иркутск: ИрГТУ, 2015.-659 с.-С. 305-310.

7. Найман С.М. Твердые отходы и их переработка. Казань: КГЭУ, 2006. 332 с.

8. Васина Л.Г., Богловский А.В., Меньшикова В.Л., Шипилова О.В. Оценка эффективности коагуляции воды оксихлоридом алюминия на Шатурской ГРЭС-5 // Энергосбережение и водоподготовка. 2000. - №1. - с.51-55.

УДК 544.723.23

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЛИТИЯ ИЗ ПЛАСТОВЫХ РАССОЛОВ

Монхороева Л.М.

аспирант, lubamon071299@gmail.com

Филатова Е.Г.

к.т.н., доцент, efila@list.ru

Зелинская Е.В.

д.т.н., профессор, zelinskaelena@mail.ru

Соболев И.А.

студент, nika.sobolek@mail.ru

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

АННОТАЦИЯ: В работе показана возможность извлечения ионов лития из пластовых рассолов с использованием сорбента хлорсодержащей

разновидностью двойного гидроксида алюминия и лития. Обменная емкость сорбционного материала составила 3,4 мг/г. В работе доказано селективное действие сорбента при излечении лития.

Ключевые слова: адсорбция, природные рассолы, ионы лития.

SORPTION EXTRACTION OF LITHIUM FROM RESERVOIR BRINES

Monkhoroeva L.M.

graduate student, lubamon071299@gmail.com

Zelinskaya E.V.

professor, zelinskaelena@mail.ru

Filatova E.G.

assistant professor, efila@list.ru

Sobolev I.A.

student, nika.sobolek@mail.ru

Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

ANNOTATION: The paper shows the possibility of extracting lithium ions from reservoir brines using a sorbent with a chlorine-containing variety of double aluminum and lithium hydroxide. The exchange capacity of the sorption material was 3.4 mg/g. The work proved the selective effect of the sorbent in the extraction of lithium.

Key words: adsorption, natural brines, lithium ions.

Литий из пластовых рассолов на сегодняшний день получают преимущественно тремя способами: экстракцией, сорбционными методами и осаждением на гидроксид алюминий. В качестве наиболее перспективного источника гидроминерального ресурса лития в Российской Федерации можно выделить глубинные рассолы Ангаро-Ленского бассейна, среди которых выделяются рассолы месторождений Знаменское, Верхнечонское, Ярактинское и другие [1]. Так, на Знаменском месторождении средняя концентрация лития составляет 0,42 г/л. Дебит действующей скважины составляет 110 м³/ч, что достаточно для ежегодной добычи 400 т лития. Для комплексной переработки геотермальных рассолов хорошо подходят сорбционные способы извлечения ценных компонентов [2]. Цель данной работы: отработка оптимальных условий извлечения ионов лития из пластовых рассолов сорбентом, представляющим собой хлорсодержащую разновидность двойного гидроксида алюминия и лития. Известны патенты на способы синтеза сорбентов на основе гидроксида алюминия из LiCl и Al(OH)₃, однако их масштабное промышленное производство затруднено

из-за отсутствия надежных высокопроизводительных активаторов планетарного или центробежного действия [3–5]. В работе использовали в качестве сорбента использовали $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3$.

Известно, что адсорбционное извлечение ценных компонентов, большое влияние оказывает кислотность среды. Подщелачивание рассола до $\text{pH}=6-6,6$ приводит к повышению величины сорбции на 60 %. В интервале $\text{pH} 6-6,6$ обменная емкость составляет 3,4 мг/г [6]. В работе исследовано влияние температуры на извлечение лития. При увеличении температуры остаточная концентрация ионов лития при сорбции увеличивается, а обменная емкость уменьшается, что подтверждает экзотермичность процесса. При температуре 15 °С обменная емкость составляет 3,6 мг/г. Экспериментально подтверждено, что для того, чтобы циклы сорбция-десорбция лития можно было повторять многократно степень десорбции сорбента должна приближаться к 100 %. Снижение степени десорбции приводит к тому, что дефицит лития в сорбенте при каждом цикле использования сокращается и как следствие, такой сорбент не получается использовать на практике многократно.

Таким образом, установлена возможно извлечение ионов лития из пластовых рассолов с использованием сорбента хлорсодержащей разновидностью двойного гидроксида алюминия и лития. Обменная емкость сорбционного материала составила 3,4 мг/г. В работе доказано селективное действие сорбента при излечении лития.

Библиографический список:

1. Мелентьев Г.Б., Делицын Л.М. Литий России - стратегический компонент новой энергетики: проблемы и перспективы промышленного производства. Материалы международной научно-практической конференции. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2021», Севастополь. –2021. – С. 680-686.

2. Способ получения кристаллического алюмината. Пат. 2089500 РФ. МПК6 C01F 7/04, C01D 15/00. / Л.Т. Менжерес, Н.П. Коцупало. Заявл. 08.12.94. Оpubл. 10.09.97. Бюл. № 25.

3. Способ получения алюмината лития Пат. 2113405 РФ. МПК6 C01F 7/04, C01D 15/00. / Н.П. Коцупало, Л.Т. Менжерес, В.И. Титаренко, А.Д. Рябцев. Заявл. 09.07.97. Оpubл. 10.10.2000. Бюл. № 28.

4. Способ сорбционного извлечения лития из литийсодержащих рассолов Пат. 2 720 420(13)C1 РФ. МПК6 C01D 15/04, C02F 1/28, B01D 15/04, B01D 24/16. / Р.З. Сахабутдинов, Ф.Р. Губайдулин, Л.В. Кудряшова, Е.Ю. Звездин, Е.С. Буслаев. Заявл. 06.05.2019. Оpubл. 29.04.2020 Бюл. № 13.

5. Зелинская Е.В., Филатова Е.Г., Хамаганова А.Ю., Каненкин Е.И. Исследование процессов извлечения ионов лития из предельно насыщенных пластовых рассолов. Обогащение руд. – 2024 – № 1 – С. 10-15.

УДК 615.371

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ВАКЦИН

Глыжева О.И.

студент, dff@list.ru

Михалева Д.В.

студент, dff@list.ru

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

АННОТАЦИЯ: Современные методы создания вакцин включают в себя использование рекомбинантных ДНК-технологий, мРНК-вакцин, вирусных векторов и белковых субединичных вакцин. Геномное секвенирование и анализ, моделирование антигенов, использование искусственного интеллекта, синтетическая биология – эти подходы позволяют не только ускорить процесс разработки, но и повысить эффективность и безопасность вакцин.

Ключевые слова: вакцина, современные методы создания, нанотехнология, молекулярная биология.

MODERN METHODS OF VACCINE PRODUCTION

Glyzheva O.I.

student, dff@list.ru

Mihaleva D.V.

student, dff@list.ru

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

ANNOTATION: Modern methods of creating vaccines include the use of recombinant DNA technologies, mRNA vaccines, viral vectors and protein subunit vaccines. Genomic sequencing and analysis, antigen modeling, the use of artificial intelligence, and synthetic biology – these approaches can not only speed up the development process, but also improve the effectiveness and safety of vaccines.

Keywords: vaccine, modern methods of creation, nanotechnology, molecular biology.

Вакцины – это препараты, созданные на основе микроорганизмов или их компонентов, которые применяются для формирования активного иммунитета у людей и животных в целях профилактики и лечения [1]. Помимо классических типов вакцин живые, инактивированные, химические, молекулярные, появляются новые разновидности, такие как генно-инженерные, синтетические, антиидиотипические, рибосомальные и дру-

гие. Эти инновации стали возможны благодаря разработке новых методов создания вакцин [2].

Разработка вакцин в последние десятилетия перешла на новый уровень благодаря интеграции высокотехнологичных подходов. Среди методов создания вакцин выделяют:

1. Генетические вакцины (на основе мРНК и ДНК). Эти вакцины используют нуклеотидные последовательности для кодирования антигенов. Примером является мРНК-вакцина против COVID-19, которая достигла эффективности свыше 90%. Их преимущество – гибкость и скорость производства. Новые платформы позволяют адаптироваться к изменению генома вируса в считанные недели.

2. Векторные вакцины. Используют вирусные векторы (например, аденовирусы), модифицированные для доставки генетического материала. Вакцина против COVID-19 является ярким примером. Особенности технологии позволяют вызывать сильный клеточный иммунный ответ.

3. Рекомбинантные белковые вакцины. Они содержат очищенные вирусные белки, такие как S-белок коронавируса. Преимущество – высокая безопасность и возможность использования адъювантов для усиления иммунного ответа.

4. Нанотехнологии: наночастицы используются для доставки антигенов и повышения стабильности вакцин. Эти технологии активно исследуются для создания универсальных вакцин против гриппа.

В настоящее время разработка вакцин невозможна без применения методов биоинформатики и молекулярной биологии. Эти области науки предоставляют широкий спектр инструментов для исследования патогенов, прогнозирования реакций иммунной системы и создания эффективных вакцин. Основные подходы биоинформатики и молекулярной биологии включают в себя:

- Геномное секвенирование и анализ: секвенирование геномов патогенов позволяет быстро идентифицировать консервативные регионы, которые могут служить целями для вакцин. Например, разработка вакцин против SARS-CoV-2 была ускорена благодаря расшифровке его генома в первые недели после обнаружения.

- Моделирование антигенов: использование структурной биоинформатики для предсказания трёхмерной структуры антигенов и их взаимодействий с антителами. Этот метод позволяет отбирать наиболее перспективные антигены для дальнейших исследований.

- Обнаружение эпитопов: современные алгоритмы, такие как NetMHC, используются для предсказания эпитопов, способных активировать Т- и В-клетки. Это сокращает время и затраты на экспериментальную валидацию.

- Использование искусственного интеллекта: машинное обучение применяется для анализа больших данных и оптимизации дизайна вакцин. Например, AI-модели помогают предсказывать вероятность мутаций вирусов и их влияние на эффективность вакцин.

- Синтетическая биология: создание синтетических конструкций антигенов и векторных систем для тестирования новых подходов к иммунизации. Эта технология открывает возможности для разработки вакцин нового поколения [3].

Современные методы создания вакцин — это сложные процессы, которые сталкиваются с рядом проблем и вызовов. Вот некоторые из них:

1. Скорость разработки: Хотя технологии, такие как мРНК-вакцины, позволили значительно ускорить процесс разработки, все еще существуют сложности в обеспечении быстрого перехода от лабораторных исследований к клиническим испытаниям и массовому производству.

2. Безопасность и эффективность: Необходимо тщательно проверять вакцины на безопасность и эффективность. Это требует значительных временных и финансовых затрат, а также высококачественных клинических испытаний.

3. Вариабельность патогенов: Патогены, такие как вирусы и бактерии, могут мутировать, что делает существующие вакцины менее эффективными. Например, мутации вируса гриппа требуют ежегодной корректировки вакцин [4].

4. Доступность и распределение: Даже если вакцина разработана, ее доступность может быть ограничена из-за проблем с производством, распределением и хранением, особенно в развивающихся странах.

5. Иммунизация населения: Уровень охвата вакцинацией может быть низким из-за недоверия к вакцинам, распространения дезинформации и культурных барьеров.

6. Этические вопросы: Исследования на животных и людей поднимают этические вопросы, связанные с правами участников исследований и использованием животных.

7. Финансирование: Разработка вакцин требует значительных инвестиций, и не всегда возможно обеспечить достаточное финансирование для всех этапов разработки.

8. Технологические ограничения: Хотя новые технологии, такие как мРНК-вакцины, открывают новые горизонты, их внедрение требует наличия соответствующей инфраструктуры и квалифицированного персонала.

9. Поствакцинальные реакции: Некоторые люди могут испытывать побочные эффекты после вакцинации, что может вызвать общественное беспокойство и снизить уровень доверия к вакцинации.

10. Глобальные угрозы: Пандемии, такие как COVID-19, показывают необходимость быстрой реакции на глобальные угрозы, что требует-

ся координации между странами и организациями [3].

Таким образом, современные методы создания вакцин предлагают новые возможности для борьбы с инфекционными заболеваниями и позволяют реагировать на эпидемии и пандемии с большей скоростью и эффективностью. Однако важно продолжать исследования и разработки для обеспечения безопасности и эффективности новых вакцин.

Библиографический список:

1. Жукова Н.В., Кривошеева И.М. Современные вакцины: характеристика и классификация // Крымский терапевтический журнал— 2013. — № 2. — с.99-103
2. Дерябин П.Н., Вакцины и Вакцинация (обзорная лекция)// Фармация Казахстан журнал – 2018. - №10. – с. 10-17
3. Касьяненко К., Дубровин А.Д. Разработка и внедрение новых вакцин против вирусов с пандемическим потенциалом// Проблемы современной науки и инновации. - 2024. - № 6. – с.32-35
4. А.А.Воробьев, Н.Б.Егорова, Н.С.Захарова, Е.А.Курбатова, Б.Ф.Семенов, А.Л.Гинцбург, Б.С.Народицкий, И.Б.Семенова, В.В.Зверев, М.В.Киселевский, Прогноз в области создания вакцин нового поколения для вакцинопрофилактики и вакцинотерапии инфекционных и неинфекционных болезней // Пульмонология журнал – 2005. - №6. – с. 15–36

УДК 579.6

ЭЛИМИНИРОВАНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ В МИКРОБНЫХ И РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Гребнева В.А.*

студент, viktorija456798@gmail.com

Грогуль А.Э.*

студент, viktorija456798@gmail.com

Чеснокова А.Н.*

к.х.н., доцент, belweder@yandex.ru

Жданова Г.О.**

научный сотрудник, zhdanova86@ya.ru

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

**Байкальский музей СО РАН
664520, п. Листвянка, ул. Академическая, 1

АННОТАЦИЯ: Изучены электрохимические параметры (напряжение, сила тока) микробных топливных элементов на основе микроорганизмов коммерческого биопрепарата «Доктор Робик 109» в присутствии кра-

сителя прямого чисто голубого. Показано, что исследуемый краситель не оказывает негативного влияния на способность микроорганизмов биопрепарата генерировать электрический ток в МТЭ, по крайней мере при концентрации до 25 мг/л.

Ключевые слова: красители, микробные топливные элементы, генерирование электрического тока микроорганизмами

ELIMINATION OF DYES IN MICROBIAL AND PLANT-MICROBIAL FUEL CELLS

Grebneva V.A.*

student, viktoriam456798@gmail.com

Grogul A.E.*

student, viktoriam456798@gmail.com

Chesnokova A. N.*

cand.Sci.(Chem), associate professor, belweder@yandex.ru

Zhdanova G.O.**

researcher, zhdanova86@ya.ru

*Irkutsk National Research Technical University

664074, Irkutsk, st. Lermontova, 83

**Baikal Museum SB RAS,

664520, Listvyanka, Academicheskaya St., 1

ABSTRACT: The electrochemical parameters (voltage, current) of microbial fuel cells based on microorganisms of the commercial bio-preparation "Doctor Robik 109" were studied in the presence of a direct dye pure blue. It was shown that the dye under study does not have a negative effect on the ability of microorganisms of the bio-preparation to generate electric current in the MFC, at least at a concentration of up to 25 mg/l.

Keywords: dyes, microbial fuel cells, microbial electricity generation

Загрязнение водных сред различными соединениями и поиск эффективных подходов к их очистке в настоящее время по-прежнему остается очень важной экологической и технологической задачей. В частности, актуален этот вопрос и относительно стоков текстильных производств. Текстильная промышленность использует многие виды синтетических красителей и сбрасывает большое количество сильно окрашенных сточных вод [1, 2]. Из-за поглощения красителями света текстильные сточные воды нарушают фотосинтетическую функцию растений [2]. Кроме того, некоторые красители или продукты их трансформации довольно стабильны и могут обладать повышенной токсичностью, являться потенциальными мутагенами и канцерогенами [3].

В сравнении с химическими и физическими методами удаления про-

изводных красителей из промышленных сточных вод, биологические методы требуют меньше энергии и химических реактивов, и более экологичны [4]. Одним из перспективных биологических подходов в решении проблемы очистки сточных вод от красителей является использование электрогенных микроорганизмов в микробных (МТЭ) или растительно-микробных топливных элементах (рМТЭ), которые способны преобразовывать энергию химических связей веществ – компонентов сточных вод – в электрическую энергию [3, 5-8].

Целью данной работы явилось изучение работы МТЭ в присутствии красителя прямого чисто-голубого.

Эксперименты проводили в двухкамерных МТЭ из оргстекла, разработанных в НИИ биологии ИГУ [9]. Микробным биоагентам в МТЭ выступал коммерческий микробный биопрепарат «Доктор Робик 109» (ООО ВИПЭКО, Россия) [10]. Средой для микроорганизмов биопрепарата и одновременно электролитом в анодной камере МТЭ служила модельная сточная вода [10] с добавлением 500 мг/л пептона. В анолит вносили краситель прямой чисто-голубой в концентрациях 3,13; 6,25; 12,5; 25 мг/л. Этот азокраситель относится к группе прямых красителей, обладающих способностью при крашении непосредственно без протрав (отсюда название «прямые») достаточно прочно адсорбироваться целлюлозными волокнами. В течение 6 сут в исследуемых МТЭ измеряли напряжение и силу тока при работе МТЭ на внешнюю нагрузку от 10 Ом до 100 кОм, которое подключали к МТЭ при помощи магазина сопротивлений Р-33.

В условиях нашего эксперимента продемонстрировано, что краситель прямой чисто голубой в диапазоне концентраций от 3,13 до 25 мг/л не снижал эффективность работы микроорганизмов биопрепарата «Доктор Робик 109» в МТЭ. При содержании этого красителя 25 мг/л электрические параметры МТЭ были сопоставимы с контрольными МТЭ, не содержащими краситель.

А в присутствии прямого чисто голубого в концентрациях 3,13; 6,25 и 12,5 мг/л измеряемые электрические показатели даже превышали контрольные МТЭ, что может быть связано с тем, что краситель выступает в роли медиатора или субстрата для микроорганизмов биопрепарата (рисунк). Дальнейшие эксперименты должны приблизить к ответу на этот вопрос.

Таким образом, экспериментально продемонстрировано, что исследуемый краситель (прямой чисто-голубой) не оказывает негативного влияния на способность микроорганизмов биопрепарата «Доктор Робик 109» генерировать электрический ток в МТЭ, по крайней мере при содержании до 25 мг/л. При этом в ходе работы МТЭ происходило обесцвечивание раствора красителя, что может свидетельствовать о его трансформации под действием микроорганизмов.

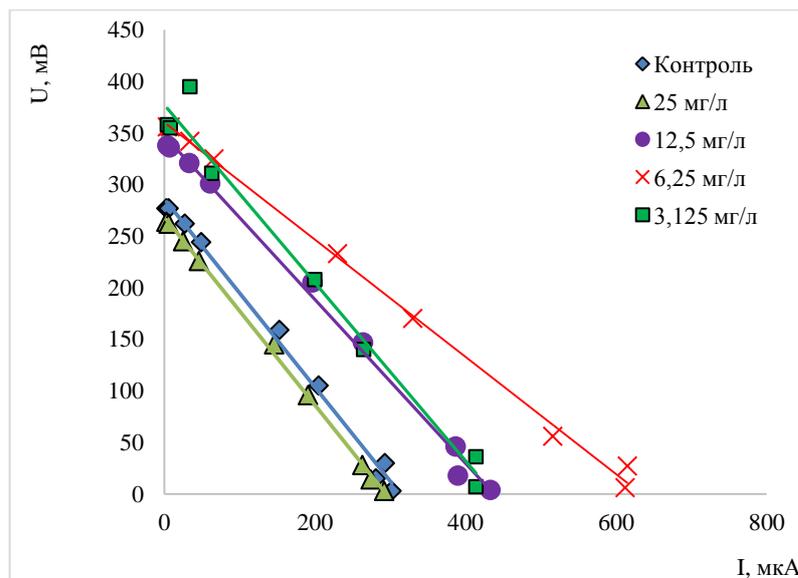


Рисунок. Напряжение и сила тока, генерируемые в МТЭ микроорганизмами биопрепарата «Доктор Робик 109» в присутствии красителя прямого чисто-голубого

В дальнейших экспериментах будет изучено влияние изучаемого красителя на электрические параметры растительно-микробных топливных элементов на основе биопрепарата «Доктор Робик 109» и растений *Pisum sativum*, а также оценена динамика изменения концентрации красителя в ходе работы МТЭ и рМТЭ.

Работа выполнена в рамках темы № 121032900077-4 «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири».

Библиографический список:

1. Wang Z., Xue M., Huang K., Liu Z. Textile dyeing wastewater treatment // *Advances in Treating Textile Effluent*. InTech. 2011. pp. 91-116.
2. Kant R. Textile dyeing industry an environmental hazard // *Nat. Sci.* 2012. 4. pp. 22-26. 10.4236/ns.2012.41004.
3. Yadav A., Kumar P., Rawat D., Garg Sh., Mukherjee P., Farooqi F., Roy A., Sundaram S., Sharma R. Sh., Mishra V. Microbial fuel cells for mineralization and decolorization of azo dyes: Recent advances in design and materials // *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 826. 154038. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154038>.
4. Hayat H., Mahmood Q., Pervez A., et al. Comparative decolorization of dyes in textile wastewater using biological and chemical treatment // *Sep. Purif. Technol.* 2015. 154. pp. 149-153. 10.1016/j.seppur.2015.09.025
5. Saba B., Kjellerup B.V., Christy A.D. Eco-friendly bio-electrodegradation of textile dyes wastewater // *Bioresour. Technol. Rep.* 2021. 15. 100734. 10.1016/j.biteb.2021.100734

6. Sun L., Mo Y., Zhang L., A mini review on bio-electrochemical systems for the treatment of azo dye wastewater: State-of-the-art and future prospects // *Chemosphere*. 2022. Vol. 294. 133801. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133801>.
7. Uduma R.C., Oguzie K.L., Chijioke C.F. et al. Bioelectrochemical technologies for simultaneous treatment of dye wastewater and electricity generation: a review // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2023. 20. 10415–10434. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04753-0>
8. Sharma M., Sharma S., Ahmed A., Alkhanjaf M., Arora N. K., Saxena B., Umar A., Ibrahim A. A., Akhtar M. S., Mahajan A., Negi S., Kumar R., Baskoutas S. Microbial fuel cells for azo dye degradation: A perspective review // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2025. Vol. 142. P. 45-67. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.07.031>.
9. Жданова Г. О. Новые и модифицированные конструкции биотопливных элементов // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология*. 2021. Т. 37. С. 70–88. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.37.70>
10. Стом Д.И., Жданова Г.О., Юдина Н.Ю., Алферов С.В., Чеснокова А.Н., Толстой М.Ю., Купчинский А.Б., Саксонов М.Н., Закарчевский С.А., Энхдул Т., Францетти А., Рахимнеджад М. Комплексный биопрепарат «Доктор Робик» как биоагент для утилизации фитомассы водных растений в биотопливных элементах. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2022. Т. 12. № 1 (40). С. 50-63. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-1-50-63>

УДК: 628.35

СОВРЕМЕННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Конышева А.Р.

студентка, alinakonyseva@gmail.com

Иванов А.С.

студент, ivanov.alexei765@gmail.com

Иркутский национальный исследовательский технический университет
66074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

АННОТАЦИЯ: Проблема загрязнения окружающей среды нефтепродуктами остается актуальной и широко обсуждаемой. Для ее решения требуется разработка эффективных и экологически безопасных методов очистки водных ресурсов от нефти и ее производных. Весомую роль играют биологические методы очистки, основанные на применении живых организмов или сырья биологического происхождения. В данной статье при-

веден обзор некоторых биологических методов очистки на наглядных примерах.

Ключевые слова: биологическая очистка, нефтяное загрязнение, микроорганизмы, комбинированные технологии.

MODERN BIOLOGICAL METHODS OF WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCTS

Konysheva A.R.

Student, alinakonyseva@gmail.com

Ivanov A.S.

Student, ivanov.alexei765@gmail.com

Irkutsk National Research University Technical University
66074, Irkutsk, Lermontov str., 83

ABSTRACT: The problem of environmental pollution with oil products remains relevant and widely discussed. To solve it, it is necessary to develop effective and environmentally safe methods for cleaning water resources from oil and its derivatives. Biological purification methods based on the use of living organisms or raw materials of biological origin play a significant role. This article provides an overview of some biological purification methods using illustrative examples.

Keywords: biological treatment, oil pollution, microorganisms, combined technologies.

В настоящее время нефть является одним из основных топливно-энергетических и сырьевых ресурсов, находя широкое применение во многих отраслях человеческой деятельности как в чистом виде, так и в виде нефтепродуктов. Это приводит к тому, что объемы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов остаются высокими и неизбежно связаны с утечками, авариями и образованием отходов, которые являются источниками загрязнения окружающей среды. Экологический ущерб наносится гидросфере, почвенным покровам, атмосфере и живым организмам, в том числе человеку.

Таким образом, экологическая проблема загрязнения поверхностных и сточных вод нефтью и нефтепродуктами заслуживает внимания и требует решения. Для решения данной проблемы необходимо создавать новые и развивать существующие методы и технологии с повышенной эффективностью по очистке от загрязнений нефтью и нефтепродуктами.

Биологические методы очистки выгодно отличается на фоне механических и физико-химических методов, так как они являются более экологически безопасными. Они используют природные процессы и не требуют применения агрессивных химических веществ. Данные методы не являют-

ся трудоемкими и не связаны с большими материальными затратами, что делает их наиболее экономически выгодными [1, 2].

Целью данной работы является обзор существующих методов биологической очистки воды от нефти и нефтепродуктов на конкретных примерах.

1. Микробиологическая очистка воды от нефти и нефтепродуктов

Среди методов очистки воды от нефти особое место занимает биологический метод, основанный на использовании специфических микроорганизмов в виде биопрепаратов, способных ассимилировать нефть и нефтепродукты. Итогом их деятельности становятся легко разлагаемые и нетоксичные продукты, что делает биопрепараты значимым инструментом в сфере экологической защиты.

Использование специфических микроорганизмов позволяет эффективно ассимилировать (поглощать и перерабатывать) нефть и нефтепродукты, удаляя их из воды. При этом нефть разлагается на более простые и безопасные соединения (например, CO_2 и воду). В процессе очистки образуется биомасса микроорганизмов, которую можно использовать в качестве ценного продукта. Образовавшаяся биомасса может быть использована в качестве кормовой добавки для животных или в других биотехнологических процессах благодаря высокому содержанию белка и витаминов. Это превращает процесс очистки в ресурсосберегающую технологию.

Известно более тысячи микроорганизмов, ассимилирующих углеводороды различных классов. Наиболее продуктивной группой из нефтеокисляющих микроорганизмов являются дрожжи рода *Candida*, для которых источником углеводов служат парафины нефти. Они дают большой выход биомассы с высоким содержанием белка и витаминов [3].

Микроорганизмы можно подбирать и адаптировать для ассимиляции различных классов углеводов, что делает метод применимым для очистки от разных видов нефтяных загрязнений.

Данные биологический метод можно использовать для очистки водоемов и почв непосредственно на месте загрязнения, что снижает затраты на транспортировку и обработку отходов [4].

2. Очистка воды от нефти и нефтепродуктов с помощью растений.

Известно, что растения способны аккумулировать и детоксировать самые различные загрязнения, выступая природным фильтром и способствуя самоочищению водоемов [5]. Система очистки вод с использованием фукусовых водорослей, которые позволяют эффективно удалять продукты нефтепереработки, получила широкое распространение. Фукусовые водоросли, относящиеся к семейству бурых, обладают устойчивостью к ультрафиолету, способны долго обходиться без воды и выдерживают негативные экологические факторы. Они служат прекрасными биофильтрами, предотвращая загрязнение и рост вредных бактерий [6].

Данный метод представляет собой размещение в районе загрязнения фильтра, заполненного плавучей водорослевой плантацией, основу которой составляет система соединенных между собой синтетических канатов, засаженных водорослями и заселенных нефтеокисляющими микроорганизмами. Фильтр препятствует расширению масляного пятна, образующегося при разливе нефти [6].

3. Очистка воды от нефти и нефтепродуктов с помощью сорбционных материалов

Существуют различные сорбенты, которые эффективно поглощают нефтепродукты. Наиболее перспективными компонентами, используемыми для получения сорбционного материала, являются естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения. Эти компоненты, как правило, являются органической частью существующих экосистем. Их воздействие особенно эффективно при сборе тяжелых нефтяных фракций. Применение сорбентов на основе оболочек, полученных при обмолоте проса, шелухи гречихи и шелухи риса позволяет с высокой степенью извлекать нефтепродукты из поверхностных вод. [1].

В качестве сорбента можно также использовать материалы животного происхождения, например, хитин. Интерес к хитину и его производному - хитозану - обусловлен возможностью использования его в коммерческих целях, так как он содержится в живых организмах, которые перерабатывают миллиардами тонн ежегодно. Поставщиком хитина являются крабы, креветки, омары, пчелы, жуки, бабочки, божьи коровки и другие насекомые. Хитин и хитозан способны формировать хелатные связи с ионами тяжелых металлов, однако эти вещества также могут сорбировать нефть и нефтепродукты.

Ряд авторов использовали хитин и хитозан для удаления разливов нефти Тенгизского месторождения с поверхности воды [7]. При этом нефть с хитином образовывала сгустки, которые со временем (~ 2 часа) выпадали в осадок. В то время, как хитозан образует плавающие сгустки, что способствует их извлечению. Авторы на модельных системах определили нормы расхода для сбора и удаления нефтяной пленки с поверхности 1 м². Это 0,16 кг хитина или хитозана при количестве 10 % сорбента от массы нефтяной пленки. Было высказано предположение, что извлекаемые продукты можно использовать в составе асфальтобетонных покрытий. Высокая степень очистки вод (до 99,8 %), и практически полная очистка вод, содержащих эмульсии нефти позволяет рекомендовать его в качестве высокоэффективного флокулянта. Характерно, что хитозан лучше работает при высоком содержании нефти в воде. Однако эффективное извлечение хитозана с поглощенной нефтью остается не решенным вопросом. При этом происходит стекание нефти с сорбента, приводящее к вторичному загрязнению [8].

Процесс производства сорбционного материала на основе хитозана и пенополиуретана включает несколько этапов:

1. Подготовка ингредиентов — компоненты перекачиваются из тары в соответствующие емкости, хитозан термостатируется для гомогенизации, а затем отмеренное количество ингредиентов взвешивается.

2. Введение хитозана и отработанного материала в компонент А проводится через специально оборудованный люк.

3. Компоненты загружаются в агрегат вспенивания, где происходит их перемешивание до однородной массы.

4. Изготовление сорбционного материала осуществляется в агрегате, где компоненты смешиваются и вспениваются, после чего смесь заливается в формы.

5. Выходной контроль проверяет соответствие полученного материала установленным стандартам.

6. После отверждения материал измельчается, его можно получить в различных формах.

7. Завершается процесс взвешиванием, упаковкой и маркировкой [8].

Экологичность сорбционного материала подтверждается возможностью его многократного (до 19 раз) применения после отжима поглощённого продукта без существенного изменения его нефтеемкости, что позволяет снизить затраты на его использование, уменьшить количество отходов при ликвидации разливов, регенерировать большую часть сорбированного продукта.

Несмотря на все свои преимущества, биологические методы очистки также имеют недостатки, к которым можно отнести низкую эффективность применения углеводородокисляющих биопрепаратов при ликвидации крупных разливов нефти и нефтепродуктов и необходимости внесения значительного количества питательных веществ, стимулирующих активность микрофлоры, в том числе источников азота.

Таким образом, для очистки воды от нефтепродуктов существует целый ряд эффективных подходов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Биологические методы, основанные на использовании микроорганизмов, обеспечивают глубокую и экологически безопасную деградацию загрязняющих веществ с возможностью получения ценной биомассы. Фиторемедиация, использующая способность растений к поглощению и накоплению нефтепродуктов, является экономически выгодным и экологически чистым способом очистки на месте, однако требует учета климатических условий и утилизации загрязненных растений. Сорбционные методы, основанные на применении природных материалов, отличаются доступностью и простотой, но имеют ограничения по емкости сорбента и требуют регенерации или утилизации загрязненного материала. Выбор оптимального метода или их комбинации зависит от конкретных

условий загрязнения, типа нефтепродуктов, объема загрязненной воды, экономических и экологических факторов. Комплексный подход, сочетающий в себе преимущества различных технологий, позволяет наиболее эффективно решать проблемы загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами и обеспечивать устойчивое развитие.

Библиографический список:

1. Долгополова В. Л., Патрушева О. В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений / Долгополова В. Л., Патрушева О. В. // Молодой учёный. — 2016. — № 29. — С. 229-234.

2. Xue, J. Marine Oil-Degrading Microorganisms and Biodegradation Process of Petroleum Hydrocarbon in Marine Environments: A Review / J. Xue, Y. Yu, Y. Bai // Current microbiology. — 2015. — Т. 71, V. 2. — P. 220–228.

3. Худиковский В.Л., Петрикеева Н.А. Результаты экспериментальных исследований работоспособности фильтров очистки воды // Научно-технические проблемы систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: материалы научно-практической конференции. Воронеж, 2002. С. 119-122.

4. Звягина Е. Белковая наследственность — новая глава генетики // Наука и жизнь, 2000. № 1, с. 30–33. [Zvyagina E. Proteinaceous heredity — the new head of genetics. Nauka i zhizn', 2000. No 1, p. 30–33. (in Russian)]

5. Денисова Е. С. Анализ устойчивости и аккумуляционной способности высших водных растений в условиях экологического загрязнения рек нефтепродуктами / Е. С. Денисова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 8. — С. 553-556.

6. Си Дэтянь Рекультивация водной среды за счет водорослевых плантаций / Си Дэтянь // International Journal of Humanities and Natural Sciences. — 2023. — № 84. — С. 21-24

7. Мухаммед, А.Э. Хитин из панциря речных раков в качестве сорбента для очистки водоемов от нефтяных загрязнений / А.Э. Мухаммед, М.Д. Мукатова // Материалы 54-й конф. ППС, посвящ. 80-летию основания АГУ, Астрахань. 2010. – С. 122

8. Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова, А.Н. Даутова Технология удаления нефтяных разливов с помощью сорбционного материала на основе хитозана и пенополиуритана / Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова, А.Н. Даутова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 25. — 2023. — № 6. — С. 165-173

УДК 550.4.02

МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Петрова А.Н.^{*,**}

инженер, аспирант, преподаватель химии, arinanikolayevna@mail.ru

Черкашина Т.Ю.^{*}

к. г-м. н., tcherk@irnok.net

^{*}Институт земной коры СО РАН

664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

^{**}Иркутский техникум индустрии питания
664003, г. Иркутск, Ул. Ленина, 46

АННОТАЦИЯ: На юге Сибирской платформы в последние годы ведутся активные поиски полезных ископаемых. Почвенные покровы, которые богаты полезными ископаемыми, отличаются наличием элементов I–III классов опасности, таких как ртуть (Hg), мышьяк (As) и других. Рядом с такими территориями расположены населенные пункты и сельскохозяйственные угодья. Повышенные концентрации токсичных веществ представляют угрозу для здоровья людей и экологии региона [1,2]. Поэтому необходимы дополнительные геохимические исследования и мониторинг экологической обстановки.

Ключевые слова: полезные ископаемые, экогеохимия, статистический анализ.

MULTIDIMENSIONAL STATISTICAL ANALYSIS OF GEO-CHEMICAL DATA USING THE EXAMPLE OF POTENTIAL ORE-BEARING AREAS IN THE SOUTH OF THE SIBERIAN PLATFORM

A.N. Petrova^{*,**}

Postgraduate, engineer, chemistry teacher, arinanikolaevna@mail.ru

T.Yu. Cherkashina

PhD in geology, tcherk@irnok.net

^{*}Institute of the Earth's Crust SB RAS
664033, Irkutsk, st. Lermontova, 128

^{**}Irkutsk College of Food Industry
664003, Irkutsk, st. Lenina, 46

ABSTRACT: In the south of the Siberian platform, active searches for minerals have been carried out in recent years. Soils that are rich in minerals are characterized by the presence of elements of I–III hazard classes, such as mercury (Hg), arsenic (As), and others. Near such territories there are settlements and agricultural lands. Increased concentrations of toxic substances pose a threat to

human health and the ecology of the region [1,2]. Therefore, additional geochemical studies and monitoring of the environmental situation are necessary.

Keywords: minerals, ecogeochemistry, statistical analysis.

В настоящей работе представлены результаты анализа химического состава осадочных горных пород золотоносных площадей юга Сибирской платформы на примере Бураевской площади, а именно участков: Дундай, Грязнушка, Муринский (рис.1). Измерения выполнены такими методами как: волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ (ВД РФА), ВД РФА со сплавлением, атомно-абсорбционная спектрометрия.

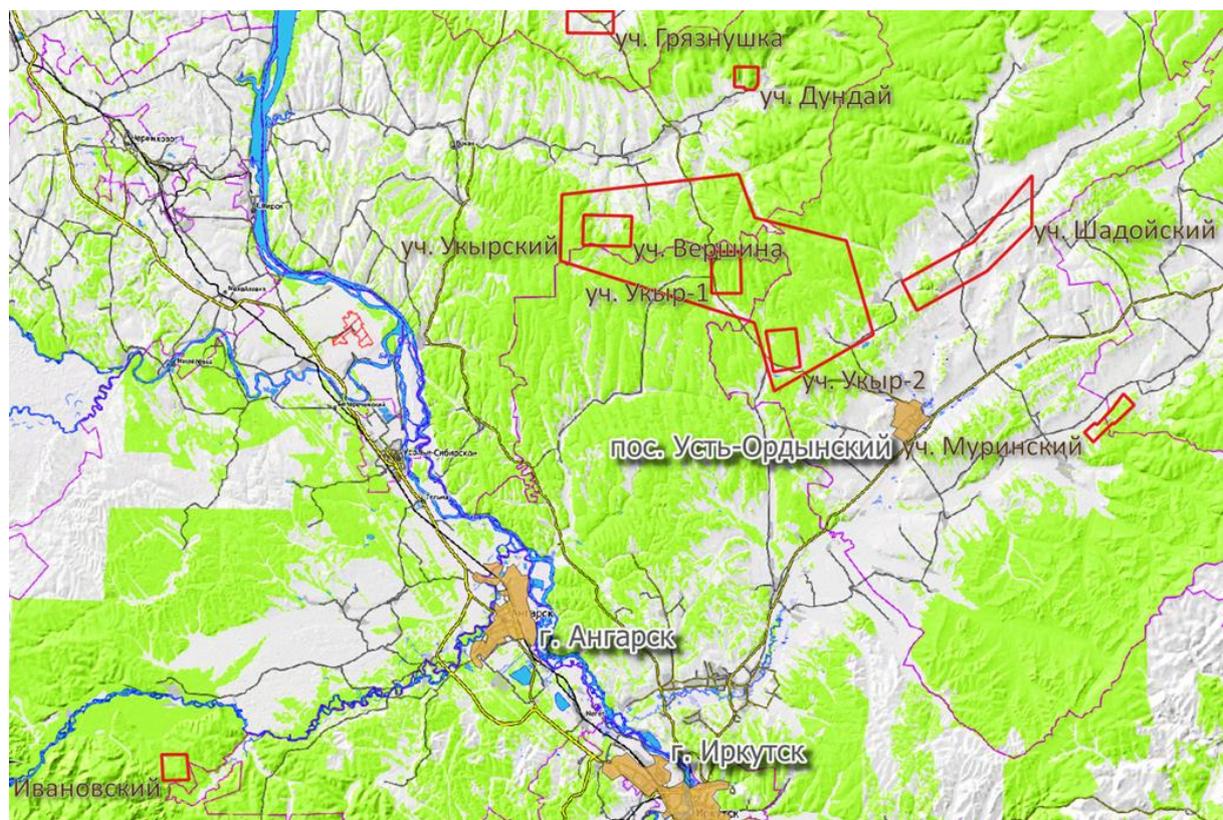


Рисунок 1. Бураевская площадь

Для обработки полученных результатов использовались методы описания основных статистических показателей и построены диаграммы распределения концентраций для петрогенных и редких (редкие и рассеянные) элементов (Рис. 2,3). Также посчитаны коэффициенты вариации, выборка считается дифференцированной согласно классификации (Михальчук) [3] для Sr (19,9), Cu (30,6), Cr (35,5), Ni (39,4), SiO₂(27,4), K₂O (42,5).

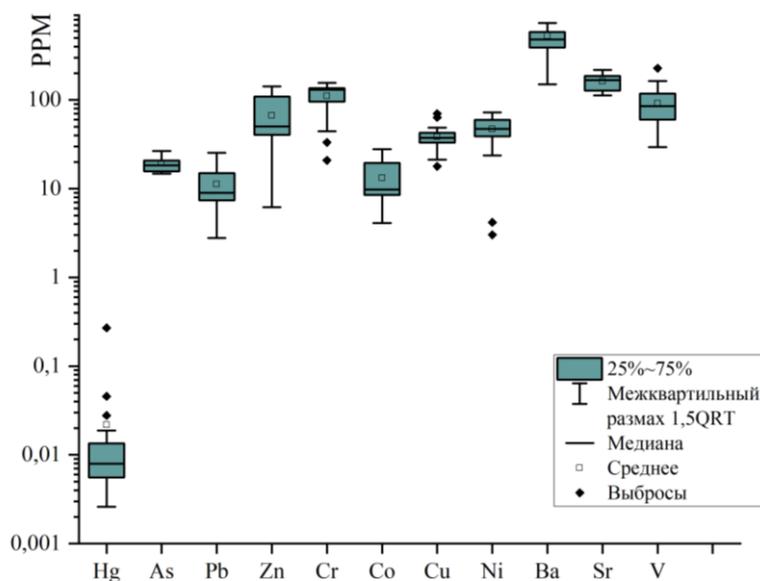


Рисунок 2. Диаграмма распределения концентраций для редких и рассеянных элементов

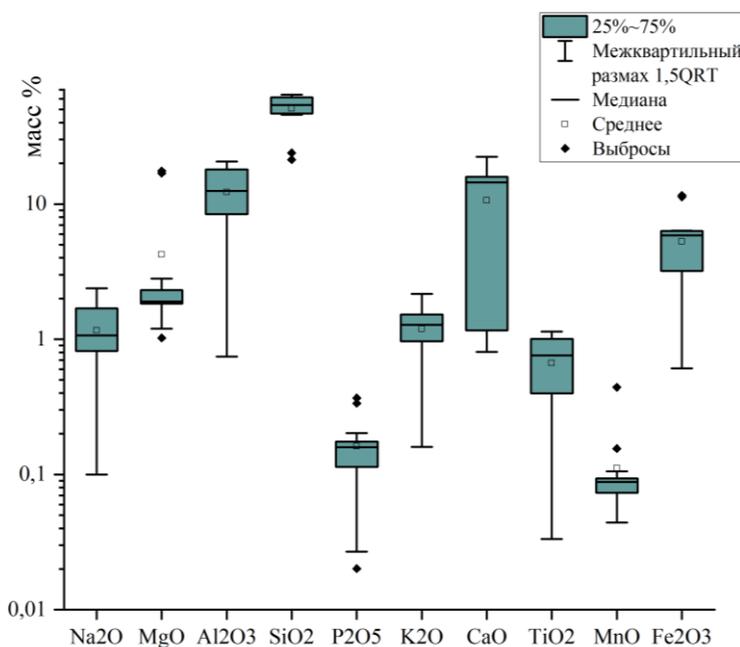


Рисунок 3. Диаграмма распределения концентраций для петрогенных элементов

Общая оценка степени опасности загрязнения почв определялась по коэффициентам концентрации химического вещества (K_c), опасности (K_o), а также суммарным коэффициентам загрязнения для редких и рассеянных элементов. По рассчитанному коэффициенту суммарного загрязнения

(64,975), почвы и грунты Бураевской площади по действующим нормативам соответствуют категориям загрязнения почв «очень опасные» [4].

Анализ рассчитанных коэффициентов для редких и рассеянных элементов показал, что химические элементы аккумулируются с разной степенью. По коэффициентам концентрации, видно, что ведущую позицию занимает мышьяк, затем хром и никель. Это отражено в геохимическом ряду: As(27,23)>Cr(13,70)>Ni(8,23)>Cu(6,74)>Co(3,75)>V(3,23)>Ba(2,10). Мышьяк относится 1 классу опасности. Соединения мышьяка являются ядами и канцерогенами. Содержания мышьяка варьируются от 3 до 26,6 мг/кг. Кларк (Wedepohl) [5] для мышьяка равен 2 мг/кг. В нашем исследовании кларк по мышьяку превышен в 13,6 раз.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что изученная территория интенсивно загрязнена поллютантами. Это говорит о непригодности использования этих территорий для использования, как пахотных земель или населенных пунктов. Также данная площадь требует дополнительного изучения для дальнейшего эколого-геохимического мониторинга с целью выявления уровня загрязнения окружающей среды опасными природными компонентами, а также для выявления источников их поступления.

Библиографический список:

1. Оценка экологического состояния почвенного покрова о. Ольхон (по экспериментальным данным) / В. А. Пеллинен, Т. Ю. Черкашина, Г. В. Пашкова [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2016. – Т. 16. – С. 79-90.
2. Напрасникова Е.В., Сороковой А.А., Емельянова Н.В. Эколого-биохимические особенности почвенного покрова индустриального города Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 9. — С. 73–78.
3. Михальчук А.А., Язиков Е.Г., Ершов В.В. Статистический анализ эколого-геохимической информации. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Ревич Б.А., Саев Ю.Е., Смирнова Р.С. (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90). — М.: ИМГРЭ, 1990.
5. Wedepohl, K.H. The composition of the continental crust // *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 1995. V. 59. – P. 1217-1232.

УДК: 664.38:664.139

РЕКОМБИНАНТНЫЕ СЛАДКИЕ БЕЛКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА САХАРУ

Протасова Е.О.

студент, protasovakata39@gmail.com

Полубояров А.А.

студент, aleksandrpoly228@gmail.com

Первушин А.А.

студент, papsckk3000komka@gmail.com

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

АННОТАЦИЯ: в работе рассмотрены примеры сладких белков, таких как миракулин, монеллин, тауматин и бразеин, характеризующихся интенсивной сладостью и стабильностью. Несмотря на то, что сладкие белки обладают рядом преимуществ, их широкое использование ограничено сложностью получения из природных источников. Это связано с низким содержанием белков в растениях, высокой стоимостью производства и сложностью очистки. В связи с этим, производство сладких белков с использованием генетически модифицированных организмов (ГМО) имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием натуральных источников. Выбор подходящего организма для экспрессии сладких белков определяется требованиями к объему производства, стоимости и качеству конечного продукта.

Ключевые слова: сладкие белки, ГМО, миракулин, монеллин, тауматин, бразеин.

RECOMBINANT SWEET PROTEINS AS AN ALTERNATIVE TO SUGAR

Protasova E.O.

Student, protasovakata39@gmail.com

Poluboyarov A.A.

Student, aleksandrpoly228@gmail.com

Pervushin A.A.

Student, papsckk3000komka@gmail.com

Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia

ANNOTATION: The paper examines examples of sweet proteins, such as miraculin, monellin, thaumatin, and brazzein, which are characterized by intense sweetness and stability. Despite the advantages sweet proteins offer, their wide-

spread use is limited by the complexity of obtaining them from natural sources. This is due to the low protein content in plants, high production costs, and purification challenges. Consequently, the production of sweet proteins using genetically modified organisms (GMOs) offers several advantages compared to utilizing natural sources. The selection of a suitable organism for expressing sweet proteins is determined by the requirements for production volume, cost, and the quality of the final product

Keywords: Sweet proteins, GMOs, miraculin, monellin, thaumatin, brazzein.

В последние десятилетия наблюдается растущая обеспокоенность по поводу чрезмерного потребления сахара и его негативного влияния на здоровье, включая ожирение, диабет 2го типа и сердечнососудистые заболевания. В связи с этим, поиск альтернативных подсластителей, способных снизить калорийность продуктов питания и напитков без ущерба для вкуса, является актуальной и значимой задачей. Рекомбинантные сладкие белки (РСП) – перспективный класс подсластителей, превосходящие сахара и искусственные заменители. РСП отличаются высокой интенсивностью сладости, метаболизмом, схожим с белками, специфическими вкусовыми профилями и стабильностью. Это позволяет существенно снижать калорийность продуктов, делая их подходящими для диетического питания и диабетиков. Данные преимущества и характеристики РСП открывают широкую возможность применения: пищевая промышленность (низкокалорийные напитки, продукты для диабетиков, детское питание), фармацевтика (маскировка горького вкуса лекарств), косметика (зубные пасты) и сельское хозяйство (кормовые добавки) [1].

Цель работы заключается в проведении анализа потенциала рекомбинантных сладких белков как альтернативы сахару. Этот анализ включает оценку способов получения белков, анализ существующих примеров сладких белков, полученных с помощью генно-модифицированных организмов (ГМО), а также изучение перспектив применения в различных отраслях промышленности. Рекомбинантные сладкие белки (РСП) – это класс протеинов, обладающих интенсивным сладким вкусом, превышающий сладость сахарозы. Получают их путем генной инженерии, встраивая гены, кодирующие эти белки, в микроорганизмы (например, дрожжи или бактерии), которые затем культивируют для массового производства. К наиболее изученным и перспективным РСП относятся: [2]

1. Тауматин — это смесь белков, выделенных из плодов западноафриканского кустарника *Thaumatococcus daniellii*. Сладость оценивается в 2000-3000 раз выше сахарозы. Обладает послевкусием, напоминающим корень солодки. Используется как подсластитель и усилитель вкуса в пищевой промышленности [3].

2. Миракулин — это гликопротеин из ягод *Synsepalum dulcificum*, который сам по себе не сладкий, но при контакте с кислыми продуктами создает ощущение сладости. Используется в пищевой промышленности и для специальных диет [4].

3. Монелин — это димерный белок, выделенный из плодов африканской ягоды *Dioscoreophyllum cumminsii*. Обладает сладостью, примерно в 2000 раз превышающей сладость сахарозы. Используется как высокоэффективный подсластитель [5].

4. Браззеин — это белок, обнаруженный в плодах растения *Pentadiplandra brazzeana*. Обладает сладостью в 500-2000 раз выше сахарозы. Браззеин является стабильным при высоких температурах и может использоваться как заменитель сахара в различных продуктах, включая напитки и десерты.

Сладкие белки различаются по интенсивности сладости, стабильности, растворимости и безопасности. Большинство сладких белков обладают высокой стабильностью в широком диапазоне pH и температур, что делает их пригодными для использования в различных пищевых продуктах. Но некоторые сладкие белки (например, монеллин) чувствительны к нагреванию и кислой среде, что ограничивает их применение.

Однако, основным ограничением широкого использования сладких белков является сложность их получения из природных источников. На это влияет несколько факторов: низкое содержание белков в растениях, дороговизна и трудоемкость экстракции и очистки, географическая ограниченность и сезонность сырья, изменчивость его состава и риск денатурации белков [6]. Но существует альтернативный метод получения сладких белков, это рекомбинантные технологии, а именно генно-модифицированные организмы (ГМО), данный способ является предпочтительным в коммерческом производстве, который обеспечивает большим выходом продукта и стабильностью. Генно-модифицированные организмы (ГМО) — это организмы, чей генетический материал (ДНК) был изменен с использованием методов генной инженерии. Это означает, что в геном организма были добавлены, удалены или изменены гены, которые не могли бы быть получены естественным путем (например, путем скрещивания) [7].

Получение сладких белков с помощью ГМО включает следующие этапы:

- 1) выделение гена сладкого белка из растения;
- 2) клонирование гена в плазмиду;
- 3) трансформация микроорганизмов (например, бактерий или дрожжей) плазмидой;
- 4) селекция трансформированных клеток;
- 5) культивирование трансформированных микроорганизмов в ферментере;

- 6) индукция экспрессии гена;
- 7) выделение и очистка сладкого белка с помощью хроматографии;
- 8) контроль качества [8].

Хотя идея коммерческого производства сладких белков с помощью ГМО очень привлекательна, но на сегодняшний день не существует широкомасштабных производств, в которых сладкие белки получают исключительно с использованием генетически модифицированных микроорганизмов и продаются в качестве подсластителей в потребительских масштабах. Причины этого кроются: в сложности и длительность одобрения ГМО, в высоких затратах на разработку и масштабирование, в конкуренции с дешевыми подсластителями, в ограниченности рынка сбыта из-за опасений потребителей, в оптимизации экспрессии гена, в обеспечении стабильности белка, в удалении остатков ГМО из конечного продукта, в негативном отношении потребителей к ГМО, в требованиях к маркировке, в этические соображения [2].

Например, миракулин, несмотря на свои интересные свойства (изменение восприятия вкуса), имеет трудности с его коммерциализацией, связанные с регуляторными ограничениями (в США он не был одобрен в качестве подсластителя) и нестабильностью белка. Проводились попытки выращивания генетически модифицированных томатов, производящих миракулин, но они не привели к широкому коммерческому успеху. Производство монелина с помощью ГМО изучалось, но не достигло коммерческого масштаба из-за проблем со стабильностью белка и изменением вкусовых качеств при нагревании. Браззеин, как относительно недавно открытый сладкий белок, активно исследуется. Техасские компании Prodigene и Nectar Worldwide добавили его методами геной инженерии в кукурузу, из которой он может быть извлечен путем обычного поимолоа [9-11], а Российская компания «ЭФКО» завершила сертификацию браззеина на территории Евразийского экономического союза, что позволило использовать его в производстве продуктов в России, Беларуси, Казахстане, Киргизии и Армении [12]. Тауматин — это наиболее коммерчески успешный сладкий белок. Британская компания Tate & Lyle (теперь проданная Givaudan) производит тауматин под торговой маркой Talin. Хотя большая часть Talin по-прежнему экстрагируется из плодов *Thaumatococcus daniellii*, велись исследования по его производству с использованием ГМО. Важно отметить, что компания Givaudan использует Talin в основном как усилитель вкуса и модификатор, а не как основной подсластитель.

Таким образом, производство сладких белков с использованием ГМО является перспективным подходом для безопасной и полезной замены сахара. Несмотря на существующие трудности, есть перспективы развития ГМО-производства сладких белков. Они связаны с использованием новых методов генетической инженерии, таких как CRISPR-Cas9, для точ-

ного редактирования генома клеток-хозяев. Сладкие белки обладают большим потенциалом для применения в пищевой промышленности, фармацевтике и других областях, и могут внести значительный вклад в улучшение здоровья населения.

Библиографический список:

1. Миняйлова, Н. Н. Сладкие белки: от традиционного потребления к инновационным продуктам питания // *Мать и дитя в Кузбассе*. 2024. №3. С. 33-37.
2. Филькин, С. Ю., А. В. Липкин, А. Н. Федоров. Использование рекомбинантных белков в современной пищевой биотехнологии: обзор предметного поля // *Food and Feed Technology*. 2024. № 2. С. 46-57. DOI: 10.37442/fme.2024.2.46.
3. Громова, О. А., В. Г. Ребров. Сахарозаменители. Вопросы эффективности и безопасности применения // *Трудный пациент*. 2007. №12-13. Том 5. 47 с.
4. Лазарев, В. А., А. Р. Ершова. Систематизация подслащивающих веществ. Характерные особенности подсластителей натурального происхождения // *Междисциплинарные исследования: опыт прошлого, возможности настоящего, стратегии будущего*. 2020. С.34-37.
5. Алешков, А. В. Генная инженерия пищевых продуктов: противоречия и перспективы // *Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права*. 2010. №2(47).
6. Чикова Н.В., Борисова А.В. Проблемы использования заменителей сахара в сахаросодержащих продуктах // *Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление*. 2020. С. 132-139.
7. Коробко И.В., Георгиев П.Г., Скрыбин К.Г., Кирпичников М.П. ГМО в России - Наука, общество и закон // *Acta Naturae* (русскаяязычная версия). 2016. №4(31). Том 8. С. 6-9.
8. Р. Ф. Хайруллин, Р. Г. Киямова, А. А. Ризванов. Экспрессия рекомбинантных белков в *E. Coli* // *Учебное пособие*. 2018. С. 43-56.
9. Браззеин [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Браззеин> (Версия от 30.03.2025)
10. ProdiGene Inc.: Company Profile [Электронный ресурс] // Citeline: Business Insights. – URL: <https://insights.citeline.com/SC090412/ProdiGene-Inc/>
11. US5326580A Способ производства сладкого белка браззеина в трансгенных растениях [Патент] / D. Ming, G. Hellekant; Prodigene, Inc. США: US5326580A, 05.07.1994. –URL: <https://patents.google.com/patent/US5326580A>
12. ЭФКО завершила сертификацию сладкого белка на территории Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] // Сфера ФМ. – 2024. – URL: <https://sfera.fm/news/ingredienty/efko-zavershila-sertifikatsiyu-sladkogo-belka-na-territorii-evraziiskogo-ekonomicheskogo-soyuza>.

УДК 664

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Хайрутдинова Э. М.

студент, 20kh.a.m.2007@gmail.com

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

АННОТАЦИЯ: Рассматриваются основные принципы обеспечения качества и безопасности пищевой продукции.

Ключевые слова: безопасность, качество, пищевые продукты.

CONDITIONS FOR ENSURING THE QUALITY AND SAFETY OF FOOD PRODUCTS

Khairutdinova E. M.

Student, 20kh.a.m.2007@gmail.com

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

ABSTRACT: The basic principles of ensuring the quality and safety of food products are considered.

Keywords: safety, quality, food products.

Обеспечение качества и безопасности пищевой продукции является одним из ключевых аспектов современной пищевой промышленности. В последние годы значительно возросли требования потребителей к продуктам питания, включая не только их вкусовые характеристики, но и соответствие высоким стандартам безопасности [3].

В связи с этим компаниям, занимающимся производством пищевых продуктов, необходимо осуществлять постоянный контроль продукции на всех этапах производства - от выбора сырья до конечного продукта.

Цель работы - определить ключевые моменты, направленные на обеспечение качества и безопасности пищевой продукции.

Государственные органы устанавливают обязательные требования, соблюдение которых гарантирует соответствие продукции установленным стандартам. Поэтому первоначально каждому пищевому предприятию важно внедрить национальные и международные стандарты качества, например, ISO 22000 и HACCP. Это позволит эффективно управлять процессами и минимизировать риски [1,2].

Ключевую роль в минимизации вероятности возникновения опасных ситуаций играет система управления рисками, основанная на анализе критических контрольных точек (HACCP). Этот метод направлен на идентифи-

кацию и устранение потенциальных угроз задолго до их возможного проявления, что способствует принятию превентивных мер. Такой подход снижает вероятность сбоев в производственном цикле и повышает общую устойчивость предприятия [2].

На производстве необходимо проводить постоянный контроль, чтобы обеспечить соответствие продукции стандартам и требованиям. Для этого применяются различные методы, включая физико-химические, микробиологические и органолептические анализы. Сочетание всех этих методов позволяет обеспечить высокое качество и безопасность пищевых продуктов на производстве.

Современные методы анализа и мониторинга позволяют быстро выявлять нарушения и предотвращать выпуск потенциально опасных продуктов. Например, применение новой технологии прослеживаемости «Блокчейн», делает цепочку поставок прозрачной, позволяя отслеживать движение продукции от момента производства сырья до поступления конечного продукта потребителю. Такие технологии упрощают процесс мониторинга и укрепляют общий уровень касательно качества и безопасности пищевых продуктов [4].

Для обеспечения эффективной работы внедренных систем, необходимо постоянно проводить обучение персонала. Высококвалифицированные специалисты способны оперативно реагировать на возникающие проблемы, поддерживать стабильное качество выпускаемой продукции и оперативно реагировать на изменения в законодательстве и технологиях [5].

Кроме того, не стоит недооценивать роль потребителей в вопросах обеспечения качества и безопасности продуктов питания. Обратная связь от покупателей помогает выявлять недостатки в производстве, упаковке, хранении и транспортировке продуктов питания, а также отслеживать случаи несоответствия товара заявленным характеристикам. Это способствует улучшению стандартов производства и повышению уровня доверия между производителями и потребителями [6].

Таким образом, обеспечение высокого уровня качества и безопасности пищевой продукции требует комплексного подхода, включающего:

1. Соблюдение нормативных требований;
2. Постоянный контроль на всех этапах производства;
3. Использование современных методов анализа и мониторинга;
4. Повышение квалификации специалистов;
5. Активное вовлечение всех участников рынка.

Лишь такой многоаспектный подход позволит обеспечить защиту здоровья населения и достичь устойчивого развития пищевой индустрии.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р ИСО 22000-2019. Системы менеджмента безопасности пи-

щевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. - М.: Стандартиформ, 2019.

1. ГОСТ Р 51705.1-2001. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. - М.: Издательство стандартов, 2001.

2. Петрова, О.В., Иванов, А.А. Современные подходы к управлению качеством и безопасностью пищевой продукции // Пищевые технологии и биотехнологии. - 2018. - № 6. - С. 21–28.

3. Смирнов, Д.И. Применение блокчейна в управлении цепочками поставок // Логистика и управление цепями поставок. - 2020. - № 10. - С. 12–18.

4. Иванова, Е.С. Роль обучения персонала в обеспечении качества пищевой продукции // Качество и безопасность пищевой продукции. — 2017. - № 3. - С. 45–50.

5. Гуцин, Ю.М. Потребители и качество пищевой продукции: обратная связь как инструмент улучшения процессов // Экономика и управление в пищевой промышленности. - 2019. - № 2. - С. 17–24.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ №1 ПРИКЛАДНАЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ХИМИЯ

Волков С., Михаленко И.И. Спектрокинетическое изучение адсорбции индигокармина оксидными композитами Al–Zr(Yb Sm)-Sr	3
Былков В. А., Раскулова Т. В. Исследование адсорбции серосодержащих соединений из стабильных газовых конденсатов разных месторождений.....	7
Шнигирев Р.Б., Львов А.Г., Яковлева А.А. Синтез и свойства фотоуправляемых PD-NHC комплексов на основе диарилэтенов.....	11
Верхотурова С.А., Анциферов Е.А. Исследование процесса сорбции золота активными углями в условиях электрохимической активации сорбента.....	17
Калинина А.А., Скиба К.Д., Дударев В.И. Влияние процесса сушки на качество поливинилхлорида.....	20
Гагаркин И.А., Скорникова С.А. Особенности бестемплатного синтеза цеолита ZSM-5.....	23
Полтавцев И.Д., Львов А.Г., Черненко С.А., Фисюк А.С., Ушаков И.А. Фотохимические реакции антрапиридоновых красителей.....	25
Козлова Д.О., Бидусенко И.А., Яковлева А.А. Тетра(гет)арилзамещенные 3Н-азепины: катализируемая $\text{COBU}^{\text{T}}/\text{DMSO}$ сборка из <i>N</i> -бензилальдиминол и ди(гет)арилдиацетиленов.....	33
Бадырова Н.М., Раднаева Д.Д., Жуликов М.М., Гурбатов С. Е., Страхов В.О., Ниндакова Л.О. Синтез (<i>R</i>)- <i>N</i> -ацетилфенилаланина методом энантиоселективного гидрирования на хирально-модифицированном коллоидном палладии.....	36
Курмыгина С.В., Болотова Ю.А., Львов А.Г. Синтез и фотохимические свойства 2-(2,5-диметилтиофен-3-ил)-3-(5-метил-2-фенилоксазол-4-ил)малеата калия.....	40
Мамурова А.Н. Разработка методики измерений оксидов азота фотометрическим методом в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах.....	43

Матиенко О.И., Монхороева Л.М., Климова А.А. Определение бора в рапе Сибирской платформы.....	49
Павлова А.А., Бегунова Л.А. Особенности процесса осаждения гидроксида магния из различного магнийсодержащего сырья.....	51
Филатова Е.Г. Физико-химические свойства сорбционных материалов на основе природных цеолитов, модифицированных кремнийорганическими гуанидинами.....	54
Сергеева Е.С., Львов А.Г., Дударев В.И. Фотореакции полужестких диарилэтенон на основе циклогексенола.....	57
Степанов М.А., Болгова Ю.И., Сипкина Е.И., Трофимова О.М. Гидрофобизация крафт-бумаги фторсодержащими полисилсесквиоксанами.....	63
Судаков М.С., Бегунова Л.А. Стимул – чувствительные полимеры в биомедицине.....	67
Баторов Л.Б., Сердюк М.С., Филатова Е.Г. Применение ионогенных и неионогенных деэмульгаторов при разрушении нефтяных эмульсий.....	71
Быков В. Н., Вологжанина А. В., Стерхова И. В., Клименко Л. С., Львов А. Г. Структура фотопереключаемых <i>peri</i> -арилоксихинонов...	74
СЕКЦИЯ №2 ПРИКЛАДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ	
Латипова А.Д., Сысоева Е.В., Сысоева М.А. Накопление биомассы и экзополисахаридов <i>Trametes Pubescens</i> и <i>Trametes Zonatella</i> при поверхностном жидкофазном культивировании на глюкозно-картофельной среде.....	80
Рябоконева Л.А., Сергеева И.Ю., Марков А.С. Разработка рецептуры сухого напитка функционального назначения с супрамолекулярными комплексами на основе CO ₂ -экстрактов для последующего таблетирования.....	83
Наумов И.К. Соевая шелуха как перспективный природный сорбент.	87
Прозорова И.Ш., Сагдиева Т.С., Сысоева М. А. Выделение эндопигментов <i>Daedaleopsis Tricolor</i> KS11 и их антирадикальные свойства.....	89

Титов К.Р., Сергеева И.Ю. <i>Inonotus obliquus</i> как источник биологически активных веществ.....	92
Курцева В.Г., Колесниченко М. Н. Оригинальные мучные кондитерские изделия с нетрадиционным ингредиентом – порошком из гранатовых корок.....	95
Посёлкина А.О., Приходько Т.С., Чеснокова А.Н., Жданова Г. О. Влияние мочевины на генерацию электрического тока штаммом <i>Micrococcus luteus 1-и</i> в микробных топливных элементах.....	99
Амракулова А.А., Ахматгалиева К.И., Евстафьев С.Н. Высокотемпературная этерификации полисахаридов шелухи сои.....	102
Ахматгалиева К.И., Амракулова А.А., Евстафьев С.Н. Получение композитного материала на основе соевой шелухи и поливинилового спирта.....	107
Шашкина С.С., Евстафьев С.Н. Применение глубокого эвтектического растворителя на основе триэтиламин гидрохлорида для предварительной обработки соломы пшеницы.....	112
Коваль Е.Т., Нечаева А.Н., Чеснокова А.Н., Жданова Г.О. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на электрохимические характеристики микробных топливных элементов с использованием ацидофильных бактерий в качестве катодного биоагента.....	114
Кузнецов И. А. Пряники с сахарозаменителями.....	117
Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д Разработка технологической схемы производства ветеринарного препарата Траметин Плюс.....	119
СЕКЦИЯ №3 КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ	
Ухова Н.Н., Черкашина Т.Ю. Примеры определения ртути в пищевых продуктах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с термической атомизацией (метод холодного пара).....	125
Ильюк В.А., Лозовая Т.С. Кислотопонижение с помощью дрожжей на модельных растворах яблочной кислоты.....	129
Кащеева К. Е. Использование обогащающих добавок в технологии мучных кондитерских изделий.....	135

Сладков Д.И., Мурашов А.А. Использование нетрадиционного сырья в пивоварении: овёс, амарант и другие перспективные культуры.....	140
Хайрутдинов Д. Н. Использование ингредиентов растительного происхождения с целью обогащения кондитерских изделий.....	145
Скугарев Е.Д., Петрова А.Н., Петров А.Н. Сравнение антибиотикорезистентности лактобактерий.....	148
Толмачева А.С., Петрова А.Н., Мамонтова Н.А., Галкина Е.Д., Петров А.Н. Анализ молока и молочных продуктов методом ренгенофлуоресцентной спектроскопии с полным внешним отражением.....	151
Точилкина В.А., Куприна О.В. Применение сладкого белка в кондитерской промышленности.....	154
Закусило А.И., Грищенко А.И. Технология производства сидра на основе концентрированного яблочного сока резервуарным методом шампаннизации.....	160
Михеева С. Ю., Куприна О. В. Сравнение йодсодержащего сырья и добавок в производстве хлеба и хлебобулочных изделий.....	164
Иванова К.Р., Привалова Е.А. Применение дрожжевого автолизата при формировании органолептических свойств крепленого плодового напитка.....	170
Яковлева Я.И., Тигунцева Н.П. Компонентный состав холодного чая: сочетания вкусов и польза.....	175
Якушева А.Н., Грогуль А.Э., Анциферова А.В., Чеснокова А.Н. Технологические особенности производства безглютеновых макаронных изделий.....	180
Грищенко Г.М., Грищенко А.И. Усовершенствование процесса вторичного брожения сидра с применением насадки.....	183

СЕКЦИЯ №4 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Зенкова А.А. Перспективное целлюлозосодержащее сырьё для биосинтеза бактериальной наноцеллюлозы.....	187
Антипова И.А., Идрисова Д.М., Бузаева М.В. Очистка воды от ионов тяжелых металлов сорбентами на основе лузги технической	193

КОНОПЛИ.....	
Горбатова П.А., Бычин Н.В. Состояние волокон целлюлозы после азотно-спиртовой обработки.....	197
Миндубаев А.З. Залог чистоты окружающей среды.....	201
Бацин Н.С., Шавыркина Н.А. Перспективные природные биостимуляторы в сельском хозяйстве.....	203
Алексеев К.Д., Сизых М.Р., Батоева А.А. Фотохимическая деструкция антибиотиков в водных растворах с использованием двойных окислительных систем.....	210
Фокина Н.В., Мязин В.А., Чапоргина А.А. Биотехнологический потенциал микроорганизмов и высших растений в процессе очистки сточных и оборотных промышленных вод Мурманской области.....	215
Бдицких А.В., Петрова А.Н., Дударев В.И. Сравнение методов химводоочистки.....	220
Монхороева Л.М., Филатова Е.Г., Зелинская Е.В., Соболев И.А. Сорбционное извлечение лития из пластовых рассолов	225
Глыжева О.И., Михалева Д.В. Современные методы создания вакцин.....	228
Гребнева В.А., Грогуль А.Э., Чеснокова А.Н., Жданова Г.О. Элиминирование красителей в микробных и растительно-микробных топливных элементах.....	231
Коньшева А.Р., Иванов А.С. Современные биологические методы очистки воды от нефтепродуктов.....	235
Петрова А.Н., Черкашина Т.Ю. Многомерный статистический анализ геохимических данных на примере потенциальных рудоносных площадей юга сибирской платформы.....	241
Протасова Е.О., Полубояров А.А., Первушин А.А. Рекомбинантные сладкие белки как альтернатива сахару.....	245
Хайрутдинова Э. М. Условия обеспечения качества и безопасности пищевой продукции.....	250

Научное издание

Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг

Материалы
IX Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Иркутск, 24–26 апреля 2025 г.)

Оформление обложки В.К. Франтенко

Подписано в печать 13.05.2025. Формат 60 x 84 / 8.

Бумага офсетная. Печать цифровая.
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 16,25.
Тираж 300 экз. Зак. 34. Поз. плана 4.

Отпечатано в типографии издательства
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

