

Вестник 



**БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М. Акмуллы**

Главный редактор:

С.Т. Сагитов,
канд. социол. наук.

Адрес редакции:

450008, РБ, г. Уфа,
ул. Октябрьской революции, 3-а, корп.
1, каб. 305

Редакционная коллегия:

С.А. Гареева,
канд. биол. наук;
С.В. Рябова,
канд. пед. наук;
З.Д. Батталова,
канд. пед. наук.

Тел.: 8 (347) 216-50-15

E-mail: vestnik.bspu@yandex.ru

ISBN 978-5-87978-666-8

© Редакция Вестника БГПУ

им. М. Акмуллы

© Муратов И.М., обложка, 2008

Ответственный редактор:

З.С. Аманбаева.

№ 2(70) 2023

выходит с 2000 года

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Естественно-математические науки

<i>Джафарова Н.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ НОРБОРНЕНА	4
<i>Джафарова Н.А., Садыхова М.Ю., Г.И. Авазова, А.Г. Гурбанова</i> ОБЩИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЦЕТАЛЕЙ И КЕТАЛЕЙ	12
<i>Эфендиева К.М., Мамедова Н.М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА	20
<i>Ибрагимова М.Дж., Алиева А.В., Пашаева З.Н.</i> ПРЕВРАЩЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРФУРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ	28
<i>Исмайлова С.В.</i> ПРОИЗВОДНЫЕ МЕНТОЛА В КАЧЕСТВЕ ХИРАЛЬНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ АГЕНТОВ	36
<i>Магеррамова Л.М.</i> АМПЕРОМЕТРИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ	42
<i>Мамедбейли Э.Г. Мамедова Н.М.</i> ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ КУКУРУЗНОГО МАСЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ	52
<i>Мамедова Н.М.</i> ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА	58
<i>Меликова А.Я.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТУРБИДИМЕТРИИ И НЕФЕЛОМЕТРИИ В БИОМЕДИЦИНЕ	64
<i>Мовсумзаде М.М., Бабаев Э.Р.</i> СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЦИДНЫХ ПРИСАДОК	71
<i>Пашаева З.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИМИДАЗОЛИНОВЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ	79
<i>Расулов Ч.К., Хамыев М.Дж.</i> КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА	85
<i>Сулейманова Э.И.</i> КУЛОНОМЕТРИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ	91

<i>Хамыев М.Дж.</i> ОЛИГОМЕРИЗАЦИЯ ЭТИЛЕНА: ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ	98
	<i>Гуманитарные науки</i>
<i>Окатьева А.А.</i> АЛГОРИТМЫ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕКСИЧЕСКОГО ПОДХОДА	106
	<i>Психолого-педагогические науки</i>
<i>Аксюткина З.А.</i> ТРАНСФЕР ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В СРЕДНЕМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ	110
<i>Васильева А.Ю.</i> РАЗВИТИЕ ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ	119
<i>Гумерова Ф.Ф., Латыпова Р.М., Харрасова Г.В.</i> НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК УСЛОВИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ ПЕДАГОГА	124
<i>Иксанова Р.М., Закирзянова Э.Ш.</i> ПОЛИЛИНГВАЛЬНЫЕ СЛОВАРИ ДЛЯ ШКОЛЫ	133
<i>Исхакова Р.Ф.</i> СПЕЦИАЛИТЕТ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ И ЕГО ОТЛИЧИЕ ОТ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ	138
<i>Морин С.В., Логинова Н.В., Козырева О.А.</i> УРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УРОВНЕВЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ КАК РЕСУРСЫ САМООРГАНИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ТЕОРЕТИЗАЦИИ ДИДАКТИЧЕСКОГО И НАУЧНОГО ЗНАНИЯ	145
СЛОВО – МОЛОДЫМ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМ	
<i>Хазиахметова С.А.</i> ПЕРЕВОДЧЕСКИЕ СООТВЕТСТВИЯ АНГЛИЙСКИХ И НЕМЕЦКИХ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ - ЗООНИМОВ	153
<i>Шухлеев Д.А.</i> СРАВНЕНИЕ КАК СТИЛИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМ В РАССКАЗЕ ДЖ. ДЖОЙСА “A LITTLE CLOUD”	160
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	
Общие положения	167
Рекомендуемая структура публикаций	168
Требования к текстовой части статьи	173
Образцы оформления ссылок на литературу	174

УДК 547.541.2.

Нахида Али кызы Джафарова

*Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Баку,
Азербайджан, n_dzhafarova@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ НОРБОРНЕНА

Аннотация. В представленной работе показаны результаты исследований в области окисления норборнена в присутствии различных каталитических систем. Описаны факторы, оказывающие влияние на выход синтезированных продуктов окисления, а также основные каталитические системы и окислители для этих реакций

Ключевые слова: норборнен, окисление, эпоксинонорборнены, каталитические системы, стереоселективность, эндо- и экзо-изомеры

Nahida A. Dzhafarova

Azerbaijan State University Oil and Industry, Baku, Azerbaijan, n_dzhafarova@mail.ru

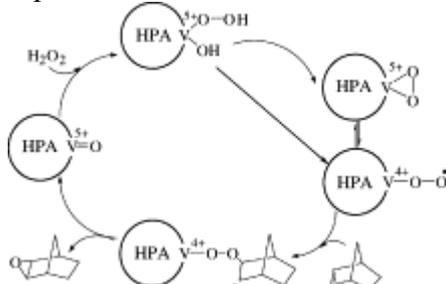
INVESTIGATION OF THE OXIDATION REACTION OF NORBORNENE

Abstract. The presented work shows the results of studies in the field of norbornene oxidation in the presence of various catalytic systems. The factors influencing the yield of the synthesized oxidation products, as well as the main catalytic systems and oxidants for these reactions are described.

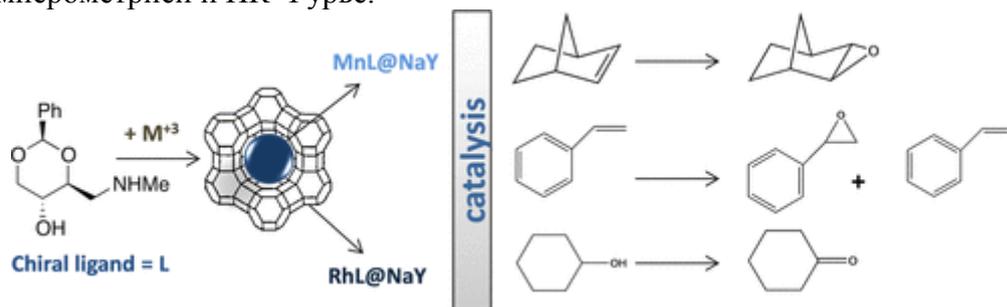
Keywords: norbornene, oxidation, epoxy-norbornenes, catalytic systems, stereoselectivity, endo- and exo-isomers

Реакция окисления норборнена и его алкилированных аналогов является одной из важнейших реакций органической химии. Она имеет как теоретический интерес с точки зрения изучения механизма окисления бициклических систем, а также широкий практический интерес, поскольку продукты этой реакции находят применение в различных отраслях промышленности. В этой обзорной работе показаны результаты исследований в области реакции окисления норборнена и его гомологов. Так, в работе [1] окисление норборнена проведено на моно-, ди- и триванадийзамещенных фосфорно-молибденовых кислотах с водным раствором перекиси водорода (водн. H_2O_2) в качестве окислителя в различных растворителях. Было обнаружено, что катализатор на основе монованадийзамещенной фосфорно-молибденовой кислоты лучше, чем другие катализаторы, для вышеуказанной реакции, и подходящим растворителем был ацетонитрил. При оптимальной температуре $60^\circ C$ конверсия норборнена составила 70%, а селективность образования 2,3-эпоксинонорборнана - 58%. Побочными продуктами были норборнеолы и 2-норборнанон. Более низкая селективность 2,3-эпоксинонорборнана с водн. H_2O_2 объясняется одновременным образованием других продуктов, норборнеолов и 2-норборнанона. Норборнеолы образуются из норборнена в результате катализируемой кислотой реакции. Другие окислители, такие как аддукт мочевины и перекиси водорода (УНР) и *трет*-бутилперекись водорода (ТВНР), также были испытаны в реакции окисления норборнена. С УНР конверсия была почти такой же (69%), что и у водн. H_2O_2 реакция; однако основным продуктом с селективностью $>97\%$ был 2,3-

эпоксинорборнан. Таким образом, общий выход составил 66,9% при 60°C через 4 часа. Высокая селективность УНР объясняется контролируемым высвобождением H_2O_2 , отсутствие воды и менее кислая природа УНР. С ТВНР селективность по эпоксиду была >96%; однако конверсия была низкой (27%). Предполагается, что механизм окисления норборнена протекает через промежуточные соединения V(5+)-пероксо- и V(4+)-супероксо-продукты. Методы ЯМР, ЭПР и УФ-видимой спектроскопии использовались для понимания промежуточных продуктов и путей реакции.



Сообщается [2] о получении хиральных комплексов металлов в цеолите NaY. Гости, хиральные комплексы металлов, были захвачены суперкаркасами цеолита NaY (хозяин) посредством двухстадийного процесса в жидкой фазе: 1) включение выбранного переходного металла (родия (III) и марганца (II)) путем ионного обмена в пористой структуре и 2) введение хирального лиганда, аминокпроизводного *D-эритрозы*, а именно (2R,4S,5R)-4-[(*N*-метиламино)метил]-2-фенил-1,3-диоксан-5-ола с последующей сборкой комплекса внутри пустот цеолита. Структурные (FTIR и XRD), исследования поверхности (SEM) и химические анализы использовались для характеристики новых катализаторов «хозяин-гость», и результаты показали, что хиральные комплексы металлов были успешно инкапсулированы в суперкаркасы цеолита NaY. Каталитические исследования проводили в жидкой фазе для окисления норборнена с использованием *трет*-бутилгидропероксида в качестве источника кислорода. Каталитические результаты сравнивались с окислением стирола и циклогексанола в качестве модельных реакций. Полученные хиральные катализаторы проявляли каталитическую активность во всех реакциях окисления. Стабильность катализаторов до и после реакции подтверждена циклической вольтамперометрией и ИК-Фурье.

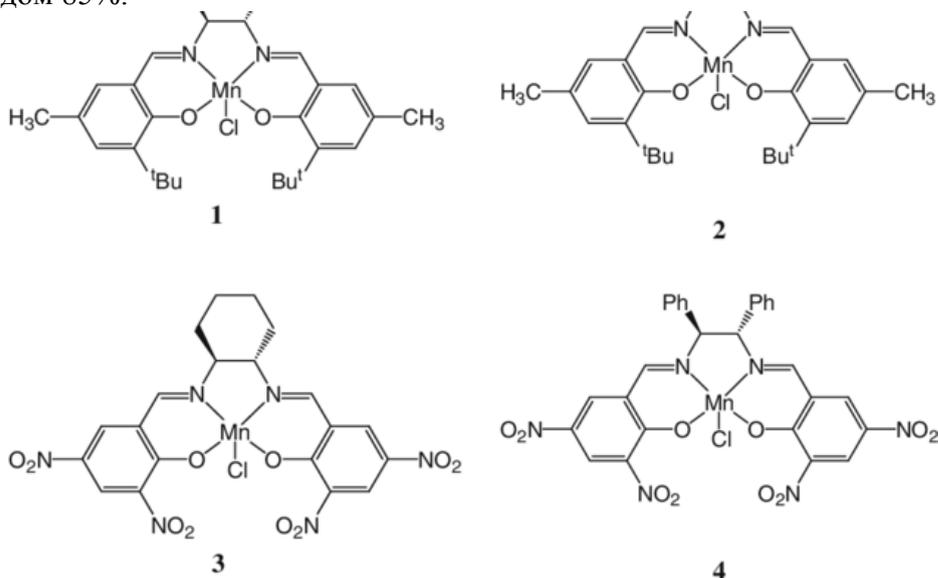


В работе [3] исследовано непрерывное окисление норборнена (C_7H_{10}) молекулярным кислородом на серебряном катализаторе при 500–573 К. В отличие от наблюдаемого при температурно-программируемой реакции норборнена и кислорода, адсорбированного на Ag(110), эпоксид норборнена не образуется. Вместо этого бензол является единственным продуктом частичного окисления. Стабильная селективность от 20 до 25% с фракционной конверсией до 0,8 при 573 К может быть достигнута путем включения в сырье от 15 до 30 частей на миллион дихлорэтана. Отдельные эксперименты с *экзо*-эпоксидом -норборнена показал, что в отсутствие кислорода он почти полностью изомеризуется в 3-циклогексен-1-карбоксиальдегид с образованием меньших количеств норкамфора и норборнена. При наличии кислорода также образовывались двуокись углерода и небольшое количество

бензола. Сделан вывод, что эпоксид норборнена не может быть газофазным интермедиатом в производстве бензола из норборнена.

Изучены некоторые особенности жидкофазного окисления норборнена и его метилпроизводного пероксидом мочевины в присутствии галогенидов и оксогалогенидов молибдена, вольфрама и хрома [4]. Было обнаружено, что молибден- или вольфрамсодержащие катализаторы активны в эпоксидировании норборнена, а хромсодержащие катализаторы опосредуют окисление, предпочтительно с образованием кетонов. Путем статистической обработки экспериментальных данных найдены оптимальные условия синтеза норкамфоры на выбранном катализаторе.

В работе [5] четыре хиральных комплекса марганец(III)-сален (1–4) использовали в качестве катализаторов в реакции окисления углеводородов при комнатной температуре с использованием пентафториодозилбензола в качестве терминального окислителя. Реакции проводили в ацетонитриле и дихлорметане. Норборнен был селективно окислен до *экзо*-эпоксинорборана с выходом 85%.



Авторы представили результаты проведенных исследований в табл. 1

Таблица 1.

Выход эпоксида при окислении норборнена C_6F_5OH при $25^{\circ}C$ в присутствии различных растворителей

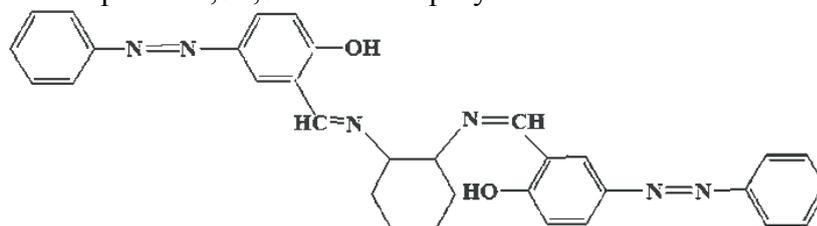
Катализатор	Растворитель	Выход эпоксида, %
1	CH_3CN	77
1	CH_2Cl_2	72
2	CH_3CN	80
2	CH_2Cl_2	85
3	CH_3CN	45
3	CH_2Cl_2	45
4	CH_3CN	52
4	CH_2Cl_2	52

Катализируемое $(MeCN)_2PdCl(NO_2)$ окисление норборнена воздухом дает почти исключительно *экзо*-эпоксинорборнен при низких концентрациях норборнена, но преимущественно конденсированные тетрагидрофураны, полученные из двух звеньев норборнена и одного атома кислорода при высоких концентрациях норборнена [6].

В работе [7] отмечается, что окисление олефинов диоксидом селена приводит к аллильным производным и реакция идет с участием α -метильного или α -метиленового атома углерода. Авторы изучали окисление стирола и норборнена SeO_2 , у которых эти атомы отсутствуют. Окисление норборнена также было интересно с точки зрения ионной

структуры продуктов реакции. Процесс проводили в ледяной уксусной кислоте и некоторых других растворителях при температуре 150⁰С в течение 10 ч. Анализ ГЖХ показал образование двух основных продуктов 2,3-экзо-цис-норборнан диацетата (выход 25 %) и 2,7-экзо-син-норборнан диацетата (выход 15 %). Образование моноацетата не было обнаружено. Гидролиз полученных продуктов в присутствии оснований приводит к образованию соответствующих диолов.

Лиганд с основанием Шиффа, полученный из 4-(бензолазо)салицилового альдегида и (±)транс-1,2-циклогександиамина (H2L), и его соответствующий комплекс Cu(II) (CuL) был синтезирован и охарактеризован с помощью FT-IR, UV-VIS. и ¹H ЯМР. Комплекс медного основания Шиффа, инкапсулированный в нанопорах цеолита-Y (CuL-Y) методом гибкого лиганда, и его инкапсуляция были подтверждены различными исследованиями. Гомогенные и соответствующие им гетерогенные катализаторы использовались для окисления различных алкенов трет-бутилгидропероксидом [8]. В оптимизированных условиях реакции окисление циклооктена, циклогексена, стирола и норборнена, катализируемое CuL, дает конверсию 89, 63, 46 и 13 % соответственно. Эти олефины были эффективно окислены с конверсией 50, 96, 96 и 92 % в присутствии CuL-Y соответственно.



В работе [9] изучено окисление трифенилфосфина и норборнена закисью азота в присутствии Co^{II}Cl₂ [L=3-фенил-5-(2-пиридилметилен)-2-тиогидантоин]: Это реакция стала первым примером окисления алкенов, катализируемого системой Co (II), N₂O. Описаны новые реакции каталитического окисления с использованием N₂O в качестве окислителя и комплекса CoCl₂ с 3-фенил-5-(2-пиридилметилен)-2-тиогидантоином в качестве катализатора.

Каталитическим окислением норборнена и его алкилпроизводных в присутствии вольфрамсодержащих катализаторов, гетерогенизированных и модифицированных оксидами РЗЭ (Gd, Nd, Ce) проведена реакция получения соответствующих эпоксидов и диолов [10]. При аминолизе и конденсации последних показана возможность синтеза аминоспиртов с N-заместителями без изменения исходной структуры.

В работе [11] изучено озонирование норборнена, приводящая к продуктам озонлиза. Процесс проводили в интервале температур от (-70⁰С) до комнатной в среде растворителей (метанол, трет-бутанол, вода, перманганат калия). Последующее окисление продуктов озонлиза приводило к образованию цис- и транс-изомеров 1,3-циклопентандикарбоновой кислоты. Влияние природы растворителя и оксиданта на выход продуктов окисления показано в таблице 2.

Таблица 2

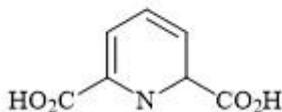
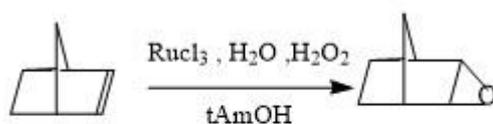
Влияние природы растворителя и оксиданта на выход стереоизомеров

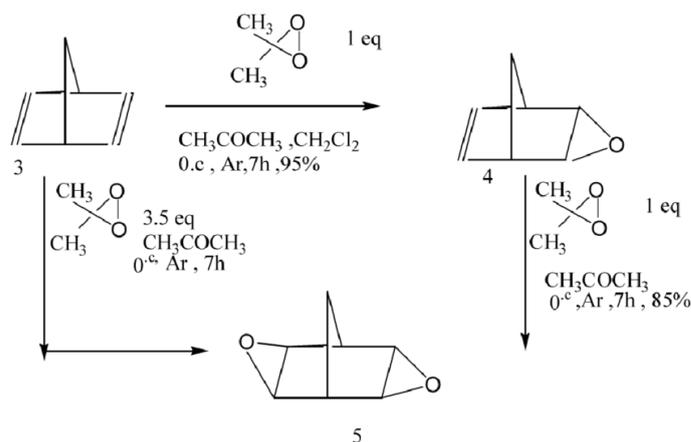
Растворитель	Оксидант	Выход, %		Соотношение изомеров цис/транс
		Цис-	Транс-	
MeOH-H ₂ O	Cl ₂	85,5	следы	> 29
80 % HCOOH	H ₂ O ₂	63,3	0,9	67
80 % HCOOH	H ₂ O ₂	60,4	0,9	72
80 % HCOOH	H ₂ O ₂	62,6	0,9	72
80 % HCOOH	воздух	56,0	5,8	10
80 % HCOOH	воздух	55,2	6,2	9
80 % HCOOH	воздух	56,4	6,6	9
80 % HCOOH	воздух	49,5	5,4	9
H ₂ O	воздух	45,2	4,7	10
KMnO ₄ -H ₂ O	воздух			97

В работе [12] изучено окисление норборнена в норборнанон на катализаторе Rh(III)-p(2×1)-O. Показано, что среди побочных продуктов обнаружены экзо-2,3-эпоксинорборнан и 3-циклогексен-1-карбоксальдегид.

Сообщается [13], что композитные материалы представляют собой инженерные материалы, изготовленные из двух или более составляющих материалов со значительно различающимися физическими или химическими свойствами, и различные материалы работают вместе, чтобы придать композиту уникальные свойства. Включение Al-MCM-41 и ZSM-5 дает микро-мезопористый композит, который очень важен для использования в каталитических исследованиях. В этом исследовании микропористый композит Al-MCM-41 и мезопоры Al-MCM-41/ZSM-5 успешно прошли прямой гидротермальный метод. Полученный катализатор был охарактеризован с помощью рентгеновской дифракции (XRD), инфракрасного преобразования Фурье (FTIR), сканирующей электронной микроскопии с полевой эмиссией (FESEM), просвечивающей электронной микроскопии (TEM), методов изотермного анализа адсорбции-десорбции азота, одноточечной БЭТ, Термогравиметрический анализ (ТГА) и ядерно-магнитный резонанс с вращением под магическим углом ^{27}Al (^{27}Al MAS ЯМР). Каталитическую работу на композитах Al-MCM-41/ZSM-5 осуществляли путем окисления объемной молекулы норборнена. Более высокая конверсия наблюдалась для композита Al-MCM-41/ZSM-5 10 масс. %, тогда как селективность по отношению к оксиду норборнена выше при использовании композита Al-MCM-41/ZSM-5 50 мас. % в качестве катализатора. Это связано с увеличением содержания кислоты Бренстеда, что приводит к увеличению гидрофильных характеристик катализатора и, как следствие, к более высокому образованию оксида норборнена. %, тогда как селективность по отношению к оксиду норборнена выше при использовании композита Al-MCM-41/ZSM-5 50 мас. % в качестве катализатора.

В работе [14] исследовано эпоксицирование норборнена и норборнадиена в присутствии диметилоксирана в качестве реагента-окислителя: Также авторами исследована общая методика эпоксицирования норборнена с использованием перекиси водорода в качестве окислителя в присутствии трихлорида рутения. норборнен давал эпоксиды при комнатной температуре с выходом от хорошего до превосходного. А эпоксидный норборнен идентифицировали методами Н-ЯМР, FT-IR, ^{13}C -ЯМР спектроскопии.





Обзор [15] недавних исследований гетерогенных катализаторов на основе железа для селективного окисления углеводородов сделан с акцентом на парциальное окисление метана и эпоксидирование алкенов, в частности норборнена. Для селективного окисления существенное значение имеет высокая дисперсность центров железа. Эффективные катализаторы включают иммобилизованные или инкапсулированные комплексы железа, оксиды металлов, легированные железом, такие как диоксид кремния, легированный Fe^{3+} , железосодержащие микропористые и мезопористые материалы и железосодержащие соединения с изолированными центрами железа, типичным примером которых является фосфат железа. Взаимосвязь структура-реактивность и факторы, влияющие на каталитические характеристики, обсуждаются с целью выявить потребности активных центров железа в избирательном окислении мишеней.

В работе [16] сообщается, что структура одного из оксисульфоксидов, образующихся при тиол-кислородном соокислении норборнена, определена методом рентгеновской дифракции. Другие продукты были связаны с ним соответствующими химическими превращениями. Стереоспецифическое или высокостереоселективное превращение подходящих гидроксисульфидов в один из двух возможных диастереоизомерных гидроксисульфоксидов демонстрирует направляющее влияние гидроксильной группы на окисление вицинальной серы.

Разработан и успешно применен для селективного эпоксидирования олефинов 35%-ным водным раствором H_2O_2 в качестве донора кислорода в CH_3CN простой гетерогенный катализатор на основе нанесения ионов железа (II) на γ -оксид алюминия [17]. Показано, что в случае норборнена реакция проводилась в течение 24 ч. с конверсией 90 % с образованием *экзо*- и *эндо*-эпоксида с выходами 40 и 50 % соответственно.

Предложен улучшенный синтез бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2,3-диона путем окисления по Сверну бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2,3-диола, полученного окислением норборнена и показана неожиданная реакция раскрытия цикла окислением по Сверну конгенов, конденсированных с пирозином [18].

В работе [19] предложен марганцевый металлоорганический каркас (Mn-MOF), содержащий ионы Mn^{2+} , бензолтрикарбоновую кислоту (BTC) и *N,N*-диметилформамид (DMF), для применения в качестве катализатора для окисления алкенов, таких как 1,1-дифенилэтилен, *транс*-стильбен, циклогексен, норборнен, стирол и циклооктен в эпоксиды с конверсией 33-92% и селективностью 75-100% и окисления алканов, таких как флуорен, адамантан, этилбензол и дифенилметан, в спирты или кетоны *трет*-бутилгидропероксидом (ТБГП) с конверсией 19-64% и селективностью 80-100%. Изучение стабильности и возможности повторного использования катализатора показало, что Mn-MOF ведет себя гетерогенно в реакциях окисления.

Окисление норборнена в присутствии различных катализаторов также стало объектом исследований в работах [20-24].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kalaraj N.K., Ramaswamy A.V., Manikandan P. Oxidation of norbornene over vanadium-substituted phosphomolybdic acid catalysts and spectroscopic investigations // *Journal of Molecular Catalysis A- Chemical*. 2005. Vol. 27. N 1-2. Pp. 37-45
2. Kuzniarska-Biernacka I., Parpot P., Oliveira C., Silva A.R., Alves M.J. Norbornene Oxidation by Chiral Complexes Encapsulated in NaY Zeolite // *J. Phys. Chem. C*. 2014. Vol. 118. N 33. Pp. 19042-19050
3. Cant N., Kennedy E.M., Ossipoff N.J. The partial oxidation of norbornene over a silver catalyst under steady state conditions // *Catalysis Letters*. 1991. Vol. 9. Pp. 133-143
4. Alimardanov Kh.M., Abbasov M.F., Veliyeva F.M., Dzhafarova N.A. Catalytic oxidation of norbornene to norcamphor // *Petroleum Chemistry*. 2004. Vol. 44. N 3. Pp. 170-177
5. Biswas A., Das P., Kandar S.K., Agarwala A. Chiral Mn(III) salen catalyzed oxidation of hydrocarbons // *Transition Metal Chemistry*. 2010. Vol. 35. N 5. Pp. 527-530
6. Wong P.K., Dickson M.K., Sterna L. Formation of condensed tetrahydrofurans in the oxidation of norbornene by bis(acetonitrile)chloronitropalladium(II) // *Journal of the Chemical Society. Chemical Communication*. 1985. N 22. Pp. 1565-1566
7. Javaid K.A., Sonoda N., Tsutsumi S. Selenium Dioxide Oxidation of Styrene and Norbornene // *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. 1969. Vol. 42. Pp. 2056-2058
8. Lahsanizadegan M., Shavegan S. Copper(II) complex of (\pm)trans-1,2-cyclohexanediamine azo-linked Schiff base ligand encapsulated in nanocavity of zeolite-Y for the catalytic oxidation of olefins // *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2015. Vol, 81. N 1. Pp. 85-86
9. Beloglazkina E.K., Majouga A.G., Moiseeva A.A., Zyk N.V., Zefirov N.S. Oxidation of triphenylphosphine and norbornene by nitrous oxide in the presence of $\text{Co}^{\text{II}}\text{LCl}_2$ [L = 3-phenyl-5-(2-pyridylmethylidene)-2-thiohydantoin]: the first example of Co^{II} -catalyzed alkene oxidation by N_2O // *Mendeleev Communications*. 2009. Vol. 19. N 2. Pp. 69-71
10. Alimardanov Kh.M., Sadiqov O.A., Babayev N.R., Ismailova Sh.I. Synthesis of epoxides and vicinal aminoalcohols on the basis of norbornene and its derivatives // *PPOR*. 2017. Vol. 17. N 4. Pp. 316-325
11. Temin S., Baum M. Isojeric 1,3-cyclopentanedicarboxylic acids from the oxidative ozonization of norbornene // *Canadian Journal of Chemistry*. 1965. Vol. 43. Pp. 705-707
12. Vueping X., Friend C.M. The effect of rhodium environment on oxidation mechanism: conversion of norbornene to norbornanone on Rh(111)-p(2.times.1)-O // *J. Amer. Chem. Soc.* 1991. Vol. 113. N 22. Pp. 8572-8573
13. Abubakar F. Synthesis of Al-MCM-41/ZSM-5 composite for oxidation of norbornene to norbornene oxide // Thesis for RhD, University of Technology. Malaysia. 2018. 207 p.
14. Jabbar H. Epoxidation of Norbornene in the Presence of Oxidizing Agents // *Chemical Methodologies Part 1*. 2017. N 1. Pp. 74-78
15. Wang Y. Selective oxidation of hydrocarbons catalyzed by iron-containing heterogeneous catalysts // *Research on Chemical Intermediates*. 2006. Vol. 32. N 235-251
16. Beckwith A., Rodgers I.R., Wagner R.D. Hydroxy sulfoxides derived from norbornene: determination of stereochemistry, and synthesis by stereoselective oxidation // *Australian Journal of Chemistry*. 1982. Vol. 35. N 5. Pp. 989-996
17. Monfared H., Ghadimi M. Environmentally Friendly Catalysis Using Supported Reagents: Catalytic Epoxidation with Hydrogen Peroxide Mediated by Iron(II) Ions Immobilised on γ -alumina // *Journal of Chemical Research*. 2003. N 3. Pp. 313-314
18. Tomoshige K., Sayuri K. Swern Oxidation of Bicyclo[2.2.1]hept-5-ene-2,3-diol and Its Pyrazine-fused Derivatives: An Improved Synthesis of Bicyclo[2.2.1]hept-5-ene-2,3-dione and An Unexpected Ring-Opening Reaction // *Molecules*. 2000. Vol. 5. N 9. Pp. 1062-1067

19. Farzaneh F., Haimidipour L. Mn-Metal Organic Framework as Heterogenous Catalyst for Oxidation of Alkanes and Alkenes // Journal of Science of Islamic Republic of Iran. 2016. Vol. 27. N 1. Pp. 31-37
20. Brum B., Budzelaar P., Gal A. Functional Models for Rhodium-Mediated Olefin-Oxygenation Catalysis // Angewandte Chemie International Edition. 2004. Vol. 43. N 32. Pp. 4142-4157
21. Drago R., Zuzich A., Nybero E. Investigations of the mechanism of the rhodium/copper- and rhodium-catalyzed oxidation of terminal olefins with oxygen // J. Amer. Chem. Soc. 1985. Vol. 107. N 10. Pp. 2898-2903
22. McMillan J.W., Fischer H.E., Schwartz J. Partial oxidation of olefins by molecular oxygen catalyzed by (alumina) rhodium dioxygen // J. Amer. Chem. Soc. 1991. Vol. 113. N 10. Pp. 4014-4016
23. Takacs, Jiang X. The Wacker Reaction and Related Alkene Oxidation Reactions // Current Organic Chemistry. 2003. Vol. 7. N 4. Pp. 369-396
24. Chakravarthy R.D., Chand D.K. Synthesis, structure and applications of [cis-dioxomolybdenum(VI)-(ONO)] type complexes // J. Chem. Sci. 2011. Vol. 123. N 2. Pp. 187-199

Информация об авторах

Н.А. Джафарова – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и технология неорганических веществ».

Information about the authors

N.A. Dzhaфарova – Ph.D., Associate Professor of the Department "Technology of inorganic substances".

Нахида Али гызы Джафарова¹, Мехпара Юнус гызы Садыхова², Гюльнара Ибад гызы Авазова³, Алмаз Гурбан гызы Гурбанова⁴
^{1,2,3,4}Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Баку, Азербайджан

Автор, ответственный за переписку: Нахида Али гызы Джафарова, n_dzhafarova@mail.ru

ОБЩИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЦЕТАЛЕЙ И КЕТАЛЕЙ

Аннотация. В представленной работе приведены результаты исследований в области синтеза и изучения областей применения ацеталей и кеталей, а также их предшественников (полуацеталей и полукеталей). Показаны основные направления применения этих соединений, среди которых прежде всего стоит отметить их высокую биологическую активность, а также перспективы их использования в качестве биотопливных компонентов

Ключевые слова: ацетали, кетали, полуацетали, полукетали, ацетилизация. Альдегиды, кетоны, биотоплива

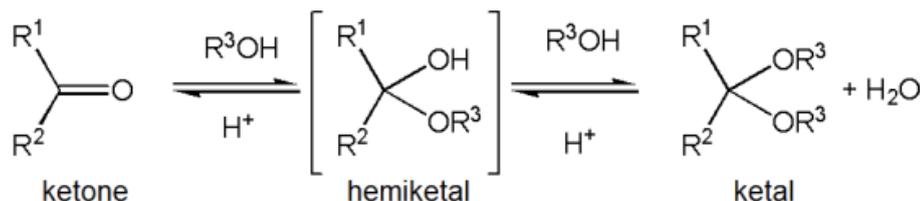
Nakhida A. Jafarova¹, Mekhbara Y. Sadykhova², Gulnar I. Avazova³, Almaz Q. Qurbanova⁴
^{1,2,3,4}Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

GENERAL METHODS OF SYNTHESIS AND APPLICATIONS OF ACETALS AND KETALS

Abstract. The presented work presents the results of research in the field of synthesis and study of the fields of application of acetals and ketals, as well as their precursors (hemiacetals and hemiketals). The main areas of application of these compounds are shown, among which, first of all, it is worth noting their high biological activity, as well as the prospects for their use as biofuel components.

Key words: acetals, ketals, hemiacetals, hemiketals, acetylation. Aldehydes, ketones, biofuels

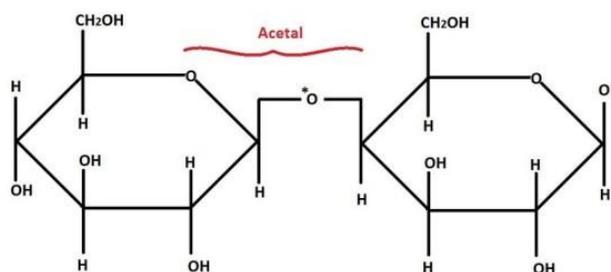
Кетали представляют собой соединения, полученные из кетона путем замены карбоксильной группы двумя алкокси-группами. Как правило, кеталь образуется в результате реакции полукетала со спиртом в кислом растворе. Это вещество имеет две группы: -OR, происходящие от спирта, и две группы -R, происходящие от кетона, который связан с исходным карбонильным углеродом. Эти группы -R представляют собой либо алкильные, либо арильные группы.



При наименовании кетала следует использовать название соответствующего альдегида или кетона, за которым следует O-заместитель, затем следует слово «кеталь» с пробелом между ними.

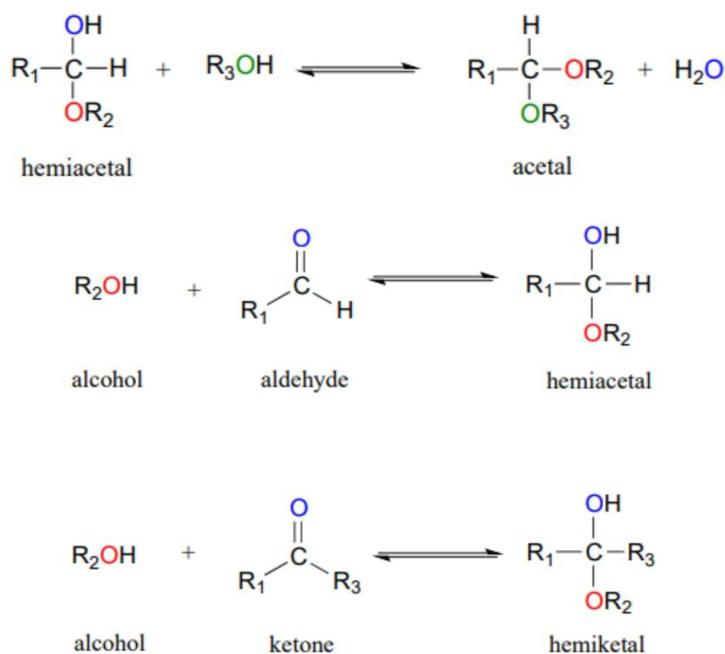
С другой стороны, циклический кеталь представляет собой кетальное соединение, имеющее кетальный углерод вместе с одним или двумя атомами кислорода, которые входят в состав кольца. Обычно эти соединения образуются, когда происходит реакция между кетонами и диолами.

Ацеталь представляет собой соединение, имеющее химическую формулу $R_2C(OR^1)_2$. В этом соединении группы R представляют собой либо органические фрагменты, либо атом водорода, тогда как группы R^1 представляют собой только органические фрагменты, но не водород. Более того, две группы R^1 могут быть эквивалентны друг другу, образуя симметричный ацеталь. Если они не эквивалентны, то получается смешанный ацеталь.



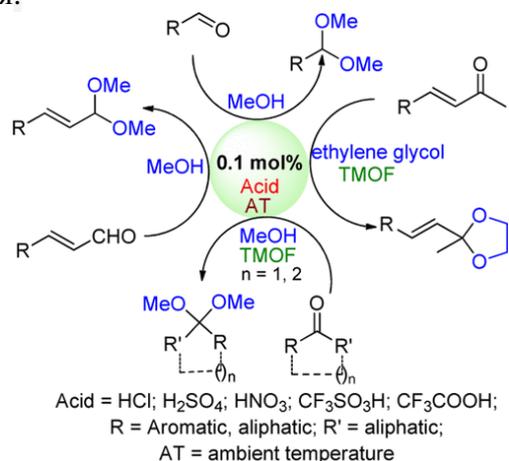
Ацетали находят широкое применение во многих различных областях. Одним из наиболее распространенных применений является производство ацетальных полимеров. Полимеры ацетала доступны в двух основных формах, а именно: гомополимер ацетала (Delrin®) и сополимер ацетала. Полуацеталь, с другой стороны, представляет собой органическую молекулу, которая образуется в результате синтеза ацетала и представляет собой нестабильную молекулу, которая имеет тенденцию благоприятствовать реакции от полуацетала к ацеталу. Однако полуацеталь можно найти в природе, включая глюкозу и некоторые виды грибов.

В общем виде схему получения ацеталей (кеталей) и полуацеталей (полукеталей) можно представить в следующем виде:



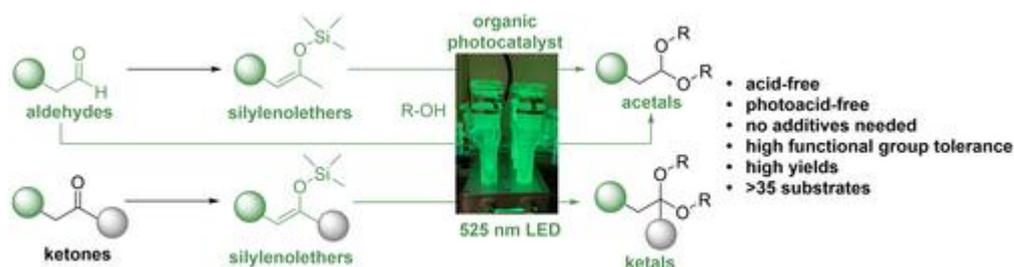
Так, в работе [1], что ацетализация и кетализация альдегидов и кетонов спиртами, соответственно, протекают гладко в присутствии 0,1 мол. % кислоты без удаления воды. Этот процесс имеет много преимуществ, таких как коммерчески доступные катализаторы с низкой стоимостью и низкой нагрузкой (всего 0,03 мол. %), довольно широкий спектр субстратов (включая различные альдегиды, кетоны, кислото-

чувствительные субстраты и диолы), широкий спектр температуры реакции (от -60 до 50°C), высокие выходы, крупномасштабное приготовление, экологичность и простая процедура обработки. Этот новый метод также успешно применяется для защиты важных органических соединений, таких как 1,3-диолы, 1,2-диолы, чувствительные к кислоте субстраты, глюкоза и 1,3-дикарбонильные соединения.



Ацетали и кетали, а также их азот- и серосодержащие производные часто считаются нетрадиционными и потенциально проблематичными ключевыми синтонами или фармакофорами для разработки перорально биодоступных лекарств [2]. Это мнение в значительной степени зависит от восприятия того, что такие фрагменты могут быть химически нестабильными в кислых условиях желудка и верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Однако даже простые ацетали и кетали, включая ациклические молекулы, могут быть достаточно устойчивыми в кислых условиях, чтобы их можно было превратить в перорально биодоступные лекарства, и эти структурные элементы включены во многие эффективные терапевтические агенты. Химическая стабильность молекул, включающих геминальные дигетероатомные фрагменты, может регулироваться физико-химическими принципами дизайна, которые включают разумное размещение проксимальных электроноакцепторных заместителей и конформационное ограничение. В этой перспективе авторы приводят примеры геминальных дигетероатомных фрагментов, которые использовались при открытии перорально биодоступных лекарств или кандидатов в лекарства на фоне понимания их потенциала химической лабильности.

Ацетали и кетали являются одними из наиболее важных защитных групп для карбонильных соединений. В работе [3] разработан новый метод ацетализации и кетализации с помощью фотоокислительно-восстановительного катализа. Бицианолированный периленибисимид используется в качестве фотокатализатора с низким содержанием электронов вместе с зеленым светом (светодиод 525 нм). Силиленозэфиры, полученные из альдегидов, эффективно реагируют с образованием ацеталей с выходами от хороших до превосходных. Широкий диапазон субстратов был показан как для альдегидов, так и для спиртов. Толерантность к функциональным группам высокая; в частности, допускаются защитные группы, неустойчивые к кислоте и водороду. Альдегиды также могут быть непосредственно и селективно превращены в соответствующие ацетали. Только кетоны должны быть преобразованы в их силиленозэфирные эфиры перед кетализацией. Этот фотокаталитический метод работает без использования кислот или фотокислот и не требует каких-либо добавок или реагентов для переноса атома водорода. Следовательно, он расширяет спектр субстратов и репертуар фотоокислительно-восстановительного катализа по отношению к химии карбониллов.



В работе [4] предложен экологически безопасный катализатор $\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}/\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, который готовили методом пропитки. Синтез циклогексанонгликолькетала был пробной реакцией и исследовано различное влияние на каталитическую активность этого катализатора: качество носителя, соотношение $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, нагрузка гетерополикислоты, условия приготовления катализатора, время активации и температура прокаливании и др. Результаты показали, что наилучшими условиями приготовления катализатора являются массовое соотношение TiO_2 и SiO_2 равное 1:5, коэффициент загрузки катализатора 10 %, температура прокаливании 300°C и время обжига 3,0 ч. При условии мольного соотношения альдегидов (кетонов) и гликоля (1,2-пропандиола) 1:1,6, массовой доли катализатора 1,4 % и времени реакции 70 мин выход восьми видов ацеталей (кеталей) составляет 71,6% ~ 90,5%.

В патенте [5] описан способ получения ацеталей и кеталей взаимодействием альдегида или кетона со спиртом в присутствии кислотного катализатора и удалением воды путем первапорации. Также показано производственное оборудование для получения ацеталей и кетонов.

Каталитическая активность вольфрамокремниевой кислоты, нанесенной на активированный уголь, в синтезе 2-метил-2-этоксикарбонилметил-1,3-диоксолана, 2,4-диметил-2-этоксикарбонилметил-1,3-диоксолана, циклогексанона, этиленкетала, циклогексанона 1,2-пропа -недиол кеталь, бутанон-этилен кетала, бутанон-1,2-пропандиолкетала, 2-фенил-1,3-диоксолана, 4-метил-2-фенил-1,3-диоксолана, 2-пропил-1,3-диоксолана, 4-метил-2-пропил-1,3-диоксолана сообщалась в работе [6]. Было продемонстрировано, что вольфрамокремниевая кислота, нанесенная на активированный уголь, является превосходным катализатором. Были исследованы различные факторы, влияющие на выход аддуктов в этих реакциях. Найдены оптимальные условия: мольное соотношение альдегид/кетон к гликолю 1/1,5, массовое соотношение используемого катализатора к реагентам 1,0%, время реакции 1,0 ч.

В еще одном патенте [7] сообщается, что циклические ацетали или кетали получают взаимодействием полиола с соответствующими альдегидами или кетонами, при этом часть альдегида или кетона отгоняется в ходе реакции.

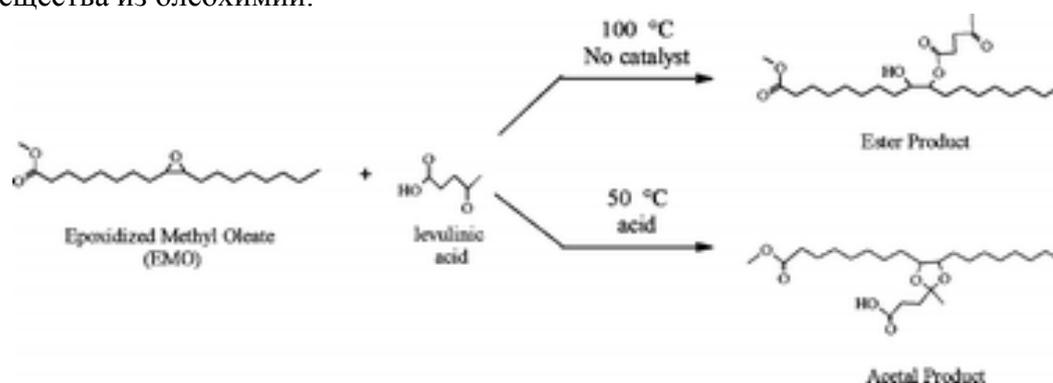
Реакция спиртов с оксокарбоксилатами с образованием ацеталей или кеталей катализируется неожиданно низким уровнем протонных кислот [8]. За счет использования низких концентраций кислотного катализатора по сравнению с обычно используемыми количествами облегчается быстрое образование ацетала или кетала, в то время как образование оксокарбоксилатных эфиров сводится к минимуму. Дальнейшее использование значительного молярного избытка оксокарбоксилата в сочетании с низким содержанием кислотного катализатора приводит к быстрому и чистому образованию ацеталей и кеталей из оксокарбоксилатов и спиртов.

Ацетали/кетали, полученные из альдегидов/кетонов, легко получают в условиях отсутствия растворителя. Процесс гетерогенно катализируют кислотными или основными мезопористыми молекулярными ситами Al-SBA-15 и (Cs)Al-SBA-15. Описанная здесь каталитическая процедура применяется для получения ключевых промежуточных соединений для синтеза {3-[(2R,3R,4R,5R)-(2,3,4,5-тетрагидроксигексан-1,6-диил)]} ди-1H-имидазолас потенциальными биомедицинскими применениями [9].

Изучена ацетализация и кетализация различных альдегидов или кетонов, а именно циклогексанона, бутанона, ацетона, пропиональдегида, бутиральдегида, изобутиральдегида,

валеральдегида, изопентилальдегида, октилальдегида и бензальдегида, с гликолем на цеолитном катализаторе H β [10]. Исследовали влияние условий реакции, а именно времени реакции, молярного отношения альдегидов или кетонов к гликолю и дозировки катализатора, на реакцию. Цеолит H β был эффективным катализатором ацетализации и кетализации с высокой конверсией и селективностью в мягких условиях реакции. Оптимальные условия реакции: молярное соотношение альдегидов или кетонов к гликолю 1:1,2, дозировка катализатора (1 моль альдегидов или кетонов) 2 г, время реакции 2 часа. При оптимальных условиях реакции конверсия альдегидов или кетонов и селективность образования ацеталей или кеталей превышали 90% и 98% соответственно.

Селективность катализируемых кислотой реакций раскрытия цикла эпоксициклопропанового метилолеата (метил-9,10-эпоксистерат; ЭМО) с образованием кетала (ацетала) или разветвленного сложного эфира изучена в работе [11]. Авторы получили метил 9-(2-бутил-2-метил-5-октил-1,3-диоксолан-4-ил)нонаноат (ацеталь гексанонметилстеарата, HMSA) с выходом 83%; из эпоксициклопропанового метилолеат-2-гексанона. Также авторы смогли продемонстрировать относительную селективность в конкурентных экспериментах в случае реакции ЭМО с 2-пентанолом и октановой кислотой. Наконец, контролируя температуру и концентрацию кислоты, авторы смогли контролировать распределение продукта реакции ЭМО с бифункциональной леволиновой кислотой. Это исследование приводит к образованию новых гидрофобных молекул для синтеза новых поверхностно-активных вещества из олеохимии.



Ацетали и кетали являются одними из важных материалов органического синтеза и защищают карбонильную функциональность [12]. Был разработан более мягкий, эффективный и экологичный синтез ацеталей и кеталей с использованием бентонита, модифицированного кремнийвольфрамовой кислотой (STA-Ben), в качестве катализатора. STA-Ben был синтезирован и охарактеризован различными аналитическими методами. Обнаружено, что он является эффективным катализатором многократного использования для синтеза ацетильных производных с отличными выходами. Чтобы выяснить эффективность STA-Ben в качестве катализатора, реакцию также проводили с использованием различных катализаторов. Условия реакции (время и количество катализатора) были оптимизированы с использованием различных катализаторов. Продукты различных реакций охарактеризованы с помощью ИК-Фурье, ЯМР-спектроскопии.

Масштабы зеленого химического синтеза и неудачи традиционных методов синтеза органических соединений обсуждались в работе [13]. Зеленые растворители (такие как ДМСО, ДМФА, вода) и зеленые методы были выбраны в качестве модели для определения подходящих условий реакции. В микроволновом синтезе реакция без растворителя или в присутствии универсального растворителя (воды) продукт 2-метил-2-пропилдиоксолан был получен с высокими выходами 87% и 88% соответственно. Протонная кислота (HCl) был предпочтительным выбором в качестве катализатора и носителя для поддержания реакционной среды в мягких и нейтральных условиях.

Четыре недавно синтезированных циклических ацетала или кетала глицерина оценивались как растворители на биологической основе [14]. Три из них промышленно

доступны и являются результатом конденсации глицерина с формальдегидом, ацетоном и изобутилметилкетонем. Четвертый находится в разработке и готовится по реакции глицерина с бензальдегидом в условиях гетерогенно-кислотного катализа. Их растворяющие свойства оценено с помощью Hansen и COSMO-RS (Модель скрининга, подобная проводнику, для реальных растворителей) подходов по сравнению с традиционными нефтехимическими растворителями. Изомеры диоксоланового и диоксанового типов имеют близкие параметры растворимости; однако природа исходного альдегида/кетона значительно влияет на рентабельность продукта. Стабильность к гидролизу сильно зависит как от альдегида/кетона, частично и от размера кольца. В кислой среде ацетали более устойчивы, чем кетали. Показано, что кетали на основе глицерина более стабильны, чем кетали на основе этиленгликоля. В случае бензальдегида ацетали глицерина показано, что 6-членный кольцевой изомер (диоксанового типа) примерно в 8 раз более стабилен, чем аналог из 5-членного кольца (диоксоланового типа) при низком рН. Стабильность по отношению к автоокислению O₂ является высокой для формальдегида и ацеталей, полученных из ацетона, и снижается для двух других соединений. Ацетали и кетали глицерина являются многообещающими потенциальными альтернативами некоторым вредным растворителям, таким как гликолевые эфиры и анилин.

Лигирование α -кетокислоты с гидроксиламином (КАНА) позволяет осуществлять связывание незащищенных пептидных сегментов [15]. Наиболее широко распространенный вариант использует 5-членный циклический гидроксилламин, который образует сложный эфир гомосерина в качестве основного продукта лигирования. Хотя мономеры, которые дают канонические аминокислотные остатки, очень эффективны, они пользуются большим спросом. Чтобы сохранить стабильность и реакционную способность циклических гидроксилламинов, авторы стремились получить циклические производные серингидроксилламина. Оценка нескольких методов циклизации привела к тому, что кетали циклобутанона являются ведущими структурами. В работе описано получение, стабильность и амидообразующее лигирование этих кеталей – производных серина.

В работе [16] разработана эффективная каталитическая система для ацетализации и кетализации карбонильных групп соединений с многоатомными спиртами в мягких условиях без растворителей. В присутствии 0,1 мол.% CoCl₂ и 0,2 мол.% диметилглиоксима при 70 °С и давлении 5 кПа в течение 1 ч, с конверсией циклогексанона 95,3% и 100% селективностью по соответствующему циклическому кеталю могут быть получены целевые продукты, где TOF достигает 953 ч⁻¹. Предполагается, что *in situ* образовался планарный тетракоординированный кобалооксим, играющий ключевую роль в каталитическом цикле и отвечающий за отличные каталитические характеристики.

С быстрым развитием биодизельной промышленности во всем мире был создан большой избыток глицерина, поэтому экономическое использование глицерина для продуктов с высокой стоимостью имеет решающее значение для устойчивости биодизельной промышленности [17]. Одним из основных направлений использования глицерина в последние годы является его превращение в ацетали и кетали с потенциалом использования в качестве добавок к топливу. Ацетали и кетали глицерина могут быть синтезированы посредством катализируемой кислотой реакции глицерина с альдегидами и кетонами соответственно. В этой статье рассматриваются различные подходы и методы, используемые для получения ацеталей и кеталей глицерина, в отношении конструкции реактора, конструкции катализатора и влияния различных параметров в реакционной системе.

Многочисленные эксперименты по кетализации глицерина/ацетализации альдегидами/кетонами в лабораторных масштабах на заводах периодического действия, чтобы преобразовать глицерин в жизнеспособный биодизельный компонент рассматривались в работе [18]. Для кетализации/ацетализации глицерина 3 альдегида (ацетальдегид, бутиральдегид и фурфуроловый альдегид) и 3 кетона (ацетон, метилизобутилкетон и циклогексанон) использовались в кислотных условиях гетерогенного

катализа. Все процессы кетализации проводят при высокой конверсии глицерина (более 90%). С технико-экономической точки зрения синтез солкетала путем кетализации глицерина ацетоном, по-видимому, подходит для масштабирования до функционализирования глицерина как компонента биодизельного топлива.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dong J-L., Han Y., Xie J-W. A Simple and Versatile Method for the Formation of Acetals/Ketals Using Trace Conventional Acids // ACS Omega, 2018, Vol. 3, N 5, pp. 4974-4985
2. Yong J-W., Meanwell N. Geminal Diheteroatomic Motifs: Some Applications of Acetals, Ketals, and Their Sulfur and Nitrogen Homologues in Medicinal Chemistry and Drug Design // J. Med. Chem., 2021, Vol. 64, N 14, pp. 9786-9874
3. Steuernagel D., Wagenknecht H-A. Photocatalytic Synthesis of Acetals and Ketals from Aldehydes and Silylenolethers without the Use of Acids // Chemistry. A European Journal, 2022, N 1, pp. 3767-3772
4. Peng F., Xu Y-L., Xiang S., Yang S-J. Catalytic Application of $H_4SiW_{12}O_{40}/TiO_2-SiO_2$ in Synthesis of Acetals and Ketals // Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol. 692, pp. 320-325
5. Patent US 20040106832A1. 2004 Process and manufacturing equipment for preparing acetals and ketals / Boesch V., Herguizuela J. /
6. Yang S., Xin D., Lan H., Sun J-T. Synthesis of acetals and ketals catalyzed by tungstosilicic acid supported on active carbon // J. Zhejiang Univ. Sci. B., 2005, Vol. 6, N 5, pp. 373-377
7. Patent US. 5917059A. 1996 Preparation of cyclic acetals or ketals / Bruchmann B., Haberle K., Gruner H., Him M. /
8. Patent US 8604223B2. 2008 Method of making ketals and acetals / Selifonov S., Rothstein S., Mullen B. /
9. Perez-Mayoral E., Martin-Aranda R.M., Loez-Peinado A.J., Ballesteros P. Green Synthesis of Acetals/Ketals: Efficient Solvent-Free Process for the Carbonyl/Hydroxyl Group Protection Catalyzed by SBA-15 Materials // Topics in Catalysis, 2009, Vol. 52, pp. 148-152
10. Liang X., Yu X., Peng H., Gao S. Synthesis of acetals or ketals over zeolite H β catalyst // Topics in Catalysis, 2005, Vol. 48, pp. 34-39
11. Doll K.M., Erhan S.Z. Synthesis of cyclic acetals (ketals) from oleochemicals using a solvent free method // Green chemistry, 2008, Vol. 10, N 6, pp. 712-717
12. Chaudhary R., Datta M. Silicotungstic Acid Modified Bentonite: An Efficient Catalyst for Synthesis of Acetal Derivatives of Aldehydes and Ketones // Journal of Analytical Science. Methods and Instrumentation, 2013, Vol. 3, N 4, pp. 34025-34031
13. Gautam S. A call to (green) arms: Synthesis of Acetals and cyclic Acetals with and without Solvents - A comparison // International Journal of Scientific Development and Research, 2020, Vol. 5, N 2, pp. 416-423
14. Moity L., Benazzouz A., Molinier V. Glycerol Acetals and Ketals as Bio-based Solvents: Positioning in Hansen and COSMO-RS spaces, Volatility and Stability towards Hydrolysis and Autoxidation // Green Chemistry, 2015, Vol. 17 N 3, pp. 1779-1792
15. Baldauf S., Bode J. Synthesis and Evaluation of Cyclic Acetals of Serine Hydroxylamine for Amide-Forming K α HA Ligations // Synthesis, 2019, Vol. 51, pp. 1273-1283
16. Zong Y., Yang L., Tang Sh., Longjia L. Highly Efficient Acetalization and Ketalization Catalyzed by Cobaloxime under Solvent-Free Condition // Catalysts, 2018, Vol. 8, N 48, pp. 1-10
17. Trifoi B., Ancuța R., Agachi P. Glycerol acetals and ketals as possible diesel additives. A review of their synthesis protocols // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, 2016, Vol. 62, pp. 804-814
18. Neamtu C., Plesu V., Stepan E. Synthesis of new acetals and ketals of glycerol as diesel additives // U.P.B. Sci. Bull., Series B, 2019, Vol. 81, N 2, pp. 83-94

Информация об авторах

Н.А. Джафарова – кандидат химических наук, доцент, старший преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ»;

М.Ю. Садыхова – лаборант кафедры «Химия и технология неорганических веществ»;

Г.И. Авазова – лаборант кафедры «Химия и технология неорганических веществ»;

А.Г. Гурбанова – лаборант кафедры «Химия и технология неорганических веществ»;

Information about the authors

N.A. Jafarova – doctor of philosophy of chemical sciences, docent, senior researcher of Department "Chemistry and technology of inorganic compounds";

M.Y. Sadykhova – laborant of Department "Chemistry and technology of inorganic compounds";

G.I. Avazova – laborant of Department "Chemistry and technology of inorganic compounds";

A.Q. Qurbanova – laborant of Department "Chemistry and technology of inorganic compounds".

УДК 547.541.2.

Камаля Муса кызы Эфендиева¹, Нармин Али кызы Мамедова¹

^{1,2}*Института Нефтехимических процессов, Баку, Азербайджан*

¹*ilgar.ayubov@mail.ru*

²*narmishka@mail.ru*

*Автор, ответственный за переписку: Нармин Али кызы Мамедова
narmishka@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Аннотация. В представленной работе показаны результаты исследований в области применения функционально замещенных производных подсолнечного масла. Отмечено, что соединения, полученные на основе жирных кислот подсолнечного масла могут обеспечивать защиту металлических поверхностей от агрессивных химических сред, в частности кислотной, углекислотной и сероводородной коррозии.

Ключевые слова: растительные масла, ингибиторы коррозии, жирные кислоты подсолнечного масла, зеленая химия

Kamala M. Efendiyeva¹, Narmin A. Mammadova¹

^{1,2}*Institute of Petrochemical Processes, Baku, Azerbaijan*

¹*ilgar.ayubov@mail.ru*

²*narmishka@mail.ru*

Corresponding author: Narmin A. Mammadova, narmishka@mail.ru

APPLICATION OF DERIVATIVES OF FATTY ACIDS OF SUNFLOWER OIL AS CORROSION INHIBITORS

Abstract. The presented work shows the results of research in the field of application of functionally substituted derivatives of sunflower oil. It is noted that compounds derived from fatty acids of sunflower oil can protect metal surfaces from aggressive chemical environments, in particular acid, carbon dioxide and hydrogen sulfide corrosion.

Keywords: vegetable oils, corrosion inhibitors, cottonseed oil fatty acids, green chemistry

Коррозия возникает во всех отраслях, включая нефтепроводы, питьевую воду и канализацию, в большинстве случаев связана с коррозией стали [1]. Хорошее управление коррозией включает в себя оптимизацию действий по борьбе с коррозией и минимизацию затрат на коррозию в течение рабочего цикла при соблюдении экологических целей. Токсичность обычно используемых синтетических ингибиторов является предметом недавних законодательных актов, что привело к поиску более экологически безопасных ингибиторов коррозии. Обширные исследования проводятся для оценки степени ингибирования коррозии различными ингибиторами зеленой химии. Тем не менее, он не был должным образом рекомендован для широкого использования, кроме того, представлен на уровне бизнеса. В этой статье критически рассматриваются ингибиторы коррозии из экстрактов зеленых растений с особым акцентом на их эффективность. Кроме того, был составлен исчерпывающий список потенциально эффективных растительных экстрактов. Также было исследовано успешное использование встречающихся в природе веществ для ингибирования коррозии металлов в кислой и щелочной среде. Результаты показали, что скорость коррозии мягкой стали в 1 М HCl и 0,5 М H₂SO₄ уменьшается с увеличением концентрации экстрактов бананов. Таким образом, ингибиторы коррозии на

основе растительных экстрактов представляют собой надежную экономичную экологически чистую альтернативу ингибиторам коррозии благодаря их доступности и эффективности.

В работе [2] представлены результаты исследований по приготовлению ингибиторов коррозии на основе некоторых видов растительных масел с помощью весовых методов потери и линейной поляризации защитной способности синтезированных ингибиторов. Исследована CO₂-содержащая минерализованная среда. Показана сравнительная оценка промышленного ингибитора и синтезированных на основе растительных масел ингибиторов.

Два разных природных растительных масла (масло семян кресс-салата и льняное масло), были химически модифицированы с помощью нового синтеза в одном реакторе для получения амидов, полученных из жирных кислот [3]. Они характеризовались своей способностью предотвращать коррозию углеродистой стали в сильно перемешиваемой аэрированной морской воде, одной из самых агрессивных природных сред. Сообщается об эффективности ингибитора коррозии до 99,6% или коэффициенте снижения скорости коррозии 250 в этой среде. Стратегия одnoreакторного синтеза означает, что ингибиторы коррозии можно производить с очень низкими затратами.

В другой работе [4] представлен новый одnoreакторный синтез амидов жирных кислот, полученных из натуральных растительных масел. Ряд растительных масел (льняное, подсолнечное, арахисовое, кресс-салат, миндальное и масло канолы) были этерифицированы с помощью реакции переэтерификации. Затем следовало добавление аммиака (NH₃) в условиях кипячения с обратным холодильником для получения соответствующего амида жирной кислоты. За ходом реакции качественно следили с использованием метода тонкослойной хроматографии (ТСХ) с этилацетатом в качестве элюента. Инфракрасную спектроскопию с преобразованием Фурье (FTIR) использовали для исследования различных образцов реакционной смеси с целью определения трансформации функциональной группы. Цель работы состоит в том, чтобы попытаться производить эффективные ингибиторы коррозии по очень низкой цене. Исследования коррозии проводились на продукте реакции без очистки или выделения, опять же для снижения коммерческих затрат. Коррозионные исследования углеродистой стали проводились в интенсивно перемешиваемой аэрированной морской воде, одной из самых агрессивных природных сред. Измерения скорости коррозии регистрировали для определения скорости коррозии по потере массы в течение определенного периода времени (одна неделя). LPr регистрировали с помощью потенциостата Gamry, а потерю массы регистрировали с использованием аналитических весов 0,1 мг. Наши результаты показали корреляцию между методами ТСХ и ИК-Фурье, что свидетельствует об успешном протекании реакции и трансформации функциональных групп.

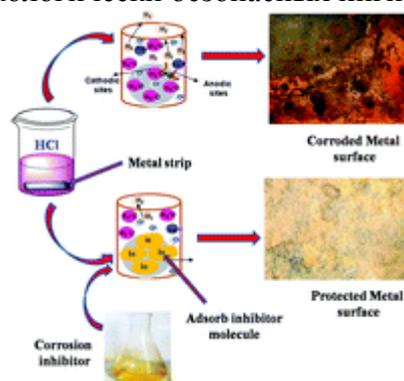
В табл. 1 авторы показали результаты исследований антикоррозионных свойств амидных производных вышеуказанных масел.

Таблица 1.

Образцы	Количество ингибитора (ppm)	Потеря массы, г/см ²	Время, ч.	Скорость коррозии, мм/год	Коррозионный эффект, %
Миндальное	1000	0.023	168	0.152	92
Кресс-салат	1000	0.023	168	0.152	92
Льняное	1000	0.016	168	0.106	95
Арахисовое	1000	0.0408	168	0.269	86
Подсолнечное	1000	0.018	168	0.119	94
Контроль	0	0.291	168	1.92	0.0

Сообщается [5], что в последнее время исследования в области науки и техники направлены на синтез, проектирование, разработку и потребление экологически безопасных химических веществ для замены традиционных токсичных химических веществ. Это связано

с растущими требованиями понимания сохранения и строгих экологических правил. В настоящее время различные экологически чистые альтернативы, полученные из природных ресурсов, таких как биополимеры, растительные экстракты, химические лекарства (лекарства) и др. широко используются для замены токсичных ингибиторов коррозии. Кроме того, различные биополимеры в чистом и модифицированном виде широко используются в качестве экологически чистых ингибиторов коррозии. Соединения, полученные в результате многокомпонентных реакций (МКР), а также микроволнового (МВ) и ультразвукового (УЗ) облучения, также рассматриваются как экологически безопасные альтернативы. Полиэтиленгликоль (ПЭГ) и ионные жидкости (ИЖ) обладают низким давлением паров и считаются дизайнерскими экологически безопасными альтернативами. Химические вещества, синтезированные с использованием зеленых растворителей, таких как вода, ИЖ и сверхкритический CO_2 также могут рассматриваться как экологически чистые химические вещества. Всесторонний обзор литературы показывает, что эти соединения широко используются в качестве ингибиторов коррозии металлов в различных агрессивных электролитах. В целом, в этом обзоре представлено резюме нескольких основных отчетов об экологически безопасных ингибиторах коррозии.

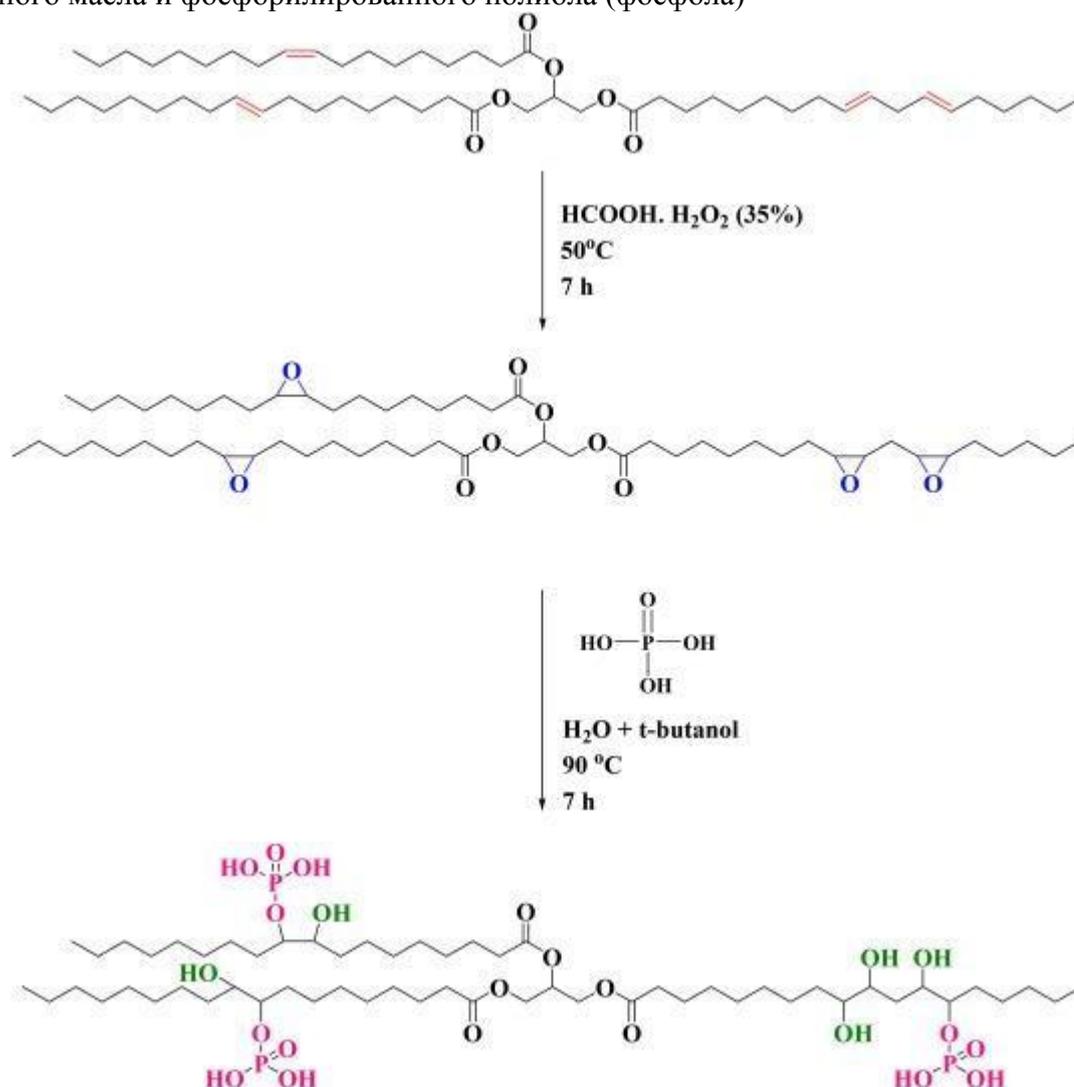


В работе [6] предложено использовать растительное и животное сырье для получения ингибиторов коррозии нефтеперерабатывающего оборудования. Синтезированы ингибиторы коррозии на основе растительного масла и животного жира с ди- и триэтаноламином, получены азотсодержащие ингибиторы коррозии, определены их физико-химические параметры. Весовым методом определено защитное действие полученных ингибиторов на сталь Ст20 в двухфазной агрессивной среде, моделирующей условия предварительной подготовки нефти на установках электрообессаливания и осушки. Показано, что ингибиторы на основе растительного и животного сырья, полученные при определенных условиях синтеза, способны защищать металлическую поверхность нефтеперерабатывающего оборудования.

Таким образом, на сегодняшний день значительно выросла актуальность применения растительных масел в процессе синтеза новых эффективных ингибиторов для различных областей промышленности. В этой работе нами показаны результаты исследований в области применения производных подсолнечного масла в качестве ингибиторов коррозии.

Так, в рамках новой программы [7] ученые Казанского федерального университета показали возможность применять ингибиторы на основе подсолнечного масла в суровых арктических условиях с целью предотвращения газогидратов и коррозии при добыче нефти и газа. Авторы отмечают, что эти уникальные реагенты на биологической основе показали высокую эффективность во время недавних лабораторных испытаний, и считают, что они могут предотвратить замерзание скважин, добывающих углеводородные ресурсы в Арктике. Существует несколько общепринятых стратегий решения проблемы «газогидратных пробок». Исторически самым распространенным и простым методом является их вырезание. Но этот метод часто оказывается неэффективным, небезопасным и устаревшим, поэтому современная технология в значительной степени была заменена ингибиторами.

Однако, большинство существующих в настоящее время ингибиторов имеют различные проблемы, например, они небезопасны для окружающей среды или слишком дороги. Поэтому исследователи начали поиск недорогого и биоразлагаемого продукта с уникальными свойствами. Авторы обнаружили, что подсолнечное масло можно модифицировать несколькими способами, и из него можно синтезировать многие производные. Наличие алкильных цепей в его структуре может улучшить ингибирование гидратов. Они легко разлагаются из-за наличия в их структуре сложноэфирных групп. На морских месторождениях нельзя игнорировать экологические проблемы, а компоненты не должны быть токсичными. Поэтому задачей ученых была не только обеспечить эффективность ингибитора, но и обеспечить экологическую безопасность для водной среды и ее обитателей. На нижеприведенной схеме показан синтез эпоксицированного подсолнечного масла и фосфорилированного полиола (фосфола)



В ходе серии экспериментов по ингибированию гидратов результаты показали, что фосфорилированная полимочевина/уретан на водной основе (Ph-WPUU) может значительно снизить среднюю начальную температуру и отсрочить время индукции зародышеобразования гидрата по сравнению с чистой водой. Было обнаружено, что продукт Ph-WPUU значительно снижает скорость образования и роста газовых гидратов, при этом максимальная эффективность ингибирования коррозии достигает 96% при концентрации 700 ppm. Кроме того, квантово-химическое исследование показало, что присутствие триглицеридной группы подсолнечного масла в структуре Ph-WPUU играет эффективную роль активного центра для взаимодействия с поверхностью углеродистой стали. Эти

результаты показывают, что применение Ph-WPUU обеспечивает биотехнологическую стратегию разработки и конструирования одиночных полимерных молекул, обладающих как ингибированием гидратации, так и ингибированием коррозии.

Разработка гибридного ингибитора коррозии и гидратообразования является основной целью исследования [8]. Подсолнечное масло использовалось как недорогой и экологически чистый ресурс для синтеза ингибитора двойного действия, чтобы преодолеть трудности несовместимости между антигидратными и антикоррозионными реагентами. Результаты экспериментов по ингибированию гидратов показали, что фосфорилированная полимочевина/уретан на водной основе (Ph-WPUU) может значительно задерживать среднюю температуру начала и время индукции зародышеобразования гидратов по сравнению с чистой водой. Кроме того, имело место постоянное значение крутящего момента при обводненности 100 и 60 % с декановой фазой и пенообразным метанопропановым гидратом, образующимся в присутствии (Ph-WPUU). Это может свидетельствовать об уменьшении агломерации частиц гидратов. С другой стороны, Ph-WPUU показал эффективность ингибирования коррозии около 95,9 % при концентрации 700 частей на миллион. Более того, квантово-химическое исследование показало, что наличие триглицеридной группы подсолнечного масла в структуре Ph-WPUU играет эффективную роль активного центра для взаимодействия с поверхностью углеродистой стали. Эти результаты показывают, что применение Ph-WPUU обеспечивает биотехнологическую стратегию гибридного ингибирования газогидратов и коррозии, и эта стратегия относится к терминам зеленой химии.

Технико-экономическое обоснование использования подсолнечного масла в качестве возобновляемого источника биомассы для разработки высокоэффективных ингибиторов коррозии низкоуглеродистой стали (МС) в среде 15% HCl было проведено методами снижения массы, потенциодинамической поляризации (ПДП), спектроскопии динамического электрохимического импеданса (ДЭИС) и электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS), подкрепленная методами энергодисперсионного рентгеновского излучения (EDX), атомно-силовой микроскопии (AFM) и сканирующего электронного микроскопа с полевой эмиссией (FESEM) [9]. Кроме того, было проведено дополнительное теоретическое исследование для выяснения механизма ингибирования ингибиторов с помощью теории функционала плотности (DFT), методов моделирования сильной связи на основе функционала плотности (DFTB) и молекулярной динамики (MD). Полученные результаты подтверждают, что ингибитор коррозии на основе подсолнечного масла (ИПОКМ) обладает выраженным антикоррозионным свойством в отношении растворения стали МС в 15 % растворе HCl в интервале температур 20–80 °С. Кроме того, результаты показывают, что этот ингибитор может обеспечить эффективность ингибирования 98 и 93% при 60 и 80°C соответственно. Механизм ингибирования ИПОКМ был смешанным, а их адсорбция на поверхности МС преимущественно хемосорбционная. Исследования FESEM и EDX подтвердили наличие молекул SFOCI на поверхности MS. Кроме того, энергия адсорбции SFOCI указывала на интенсивное взаимодействие ингибитора с поверхностью Fe.

В работе [10] нитрованное подсолнечное масло и алкиламины смешивали в молярном соотношении 1:2, 1:3, 1:9 при комнатной температуре. Приготовленные композиции испытаны в качестве ингибитора сероводородной коррозии в двухфазной среде керосин :1% водный раствор NaCl, содержащий 500 мг/л H₂S в соотношении 1:9 на электроде Ст-3. Подсолнечное масло нитровали NO₂ в токе азота. Выявлен синергизм действия алкиламинов и нитратного подсолнечного масла при защите стали от коррозии H₂S.

Сообщается [11], что агропромышленные отходы являются одним из основных загрязнителей окружающей среды, в дополнение к коррозии стали, которая также является проблемой экономического истощения для сталелитейной промышленности. Эта работа была направлена в основном на получение грибковых гликолипидов (ГЛ), полученных в результате микробной конверсии смеси подсолнечного жмыха и отходов ананаса, в качестве

экономических субстратов и на оценку их эффективности в качестве ингибиторов сырой коррозии. Производство осуществляли с помощью *Rhizopus oryzae* и *Fusarium oxysporum* методом твердофазной ферментации (SSF), в то время как экстракция GL, достигнутая с использованием метанола, с последующей повторной экстракцией смесью хлороформа, метанола и воды, приводила к экстрактам четырех гликолипидов (GL). экстракты. Структура полученных ЗЛ была доказана с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) и спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Экстракты гликолипидов оценивали как ингибиторы сырой коррозии против коррозии стали при трех различных температурах с использованием метода потери веса. Четыре экстракта показали хорошую эффективность ингибирования, особенно при повышении температуры, что свидетельствует о химической адсорбции. Повторно экстрагированный GL из *R. oryzae* показал самый высокий уровень ингибирования коррозии при всех исследованных температурах. Эффективность ингибирования была подтверждена электрически с использованием двух дополнительных методов; поляризационная и импедансная спектроскопия. Четыре экстракта GL продемонстрировали хорошую противомикробную эффективность в отношении протестированных штаммов бактерий, вызывающих биокоррозию. Авторами сделан вывод о том, что полученные экстракты обладают способностью предотвращать коррозию в кислых средах и ингибировать рост исследуемых бактерий, ответственных за биокоррозию, что открывает новые потенциальные возможности их применения в пищевой, нефтяной и сталелитейной промышленности.

В работе [12] предпринята попытка изучить действие экстракта шелухи семян подсолнечника в качестве экологически чистого ингибитора коррозии простой углеродистой стали в 1М растворе HCl. Результаты анализов FTIR и GC показали, что экстракт шелухи семян подсолнечника содержит соединения, содержащие гетероатомы кислорода и азота, а также ароматические ядра, которые можно использовать в качестве полезного органического ингибитора коррозии в кислых средах. Эффективность ингибирования рассчитывали с использованием спектроскопии электрохимического импеданса и динамической поляризации. Было показано, что эта характеристика составляет около 98% в присутствии 400 ppm ингибитора. Механизм ингибирования заключался в адсорбции на поверхности металла, а за его адсорбцией следовала изотерма адсорбции Ленгмюра. Для более точного анализа были также рассчитаны и проанализированы термодинамические параметры. УФ-видимый анализ подтвердил образование на поверхности комплекса между функциональными группами используемого ингибитора и ионами металла. Комплекс, образующийся на поверхности металла, занимает большую площадь. Следовательно, блокируя поверхность металла от коррозионных агентов, перенос заряда и ионов на поверхность металла снижается. Таким образом, повышается коррозионная стойкость.

Новые поверхностно-активные вещества на основе подсолнечного масла и моноэтаноламина были испытаны в качестве ингибиторов коррозии стали в насыщенном CO₂ 1%-ном растворе NaCl методом потенциодинамической поляризации измерения сопротивления линейной поляризации и скорости коррозии (пузырьковый тест LPR) при 50°C. Эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации исследуемых соединений. Показано, что адсорбция ингибиторов на поверхности стали подчиняются модели Ленгмюра и физической адсорбции [13].

При строгом регулировании загрязнения окружающей среды жирные кислоты подсолнечника были использованы для получения высокомолекулярных аддуктов ароматических аминов путем реакции их эпоксициклической формы [эпоксициклическая свободная жирная кислота подсолнечника (ЭСЖК)] с пятью ароматическими аминами [*o*-толуидин (*o*-T), *m*-толуидин (*m*-T), *n*-толуидин (*n*-T), *n*-анизидин (*n*-A) и *n*-хлоранилин (*n*-ClA)] в жестких условиях инертной атмосферы и высокой температуры [14]. Полученные аддукты охарактеризованы физически, химически и с помощью ИК-спектроскопии. Определены кислотные числа и содержание оксиданов в полученных

аддуктах, что подтверждает участие карбоксильных групп и эпоксидных групп соответственно в реакции ЭЖК с ароматическими аминами. Также во избежание летучих органических соединений приготовленные аддукты ЭНЖК (*o*-Т-ЭНЖК, *m*-Т-ЭНЖК, *n*-Т-ЭНЖК, *n*-А-ЭНЖК и *n*-С1А-ESFA) были оценены как ингибиторы коррозии мягкой стали в составах эпоксидно-акрилатных олигомеров, отверждаемых электронным лучом. Были проведены физические и механические измерения в дополнение к испытаниям на коррозионную стойкость и измерениям потери веса стальных панелей с покрытием. Для приготовленных составов определяли оптимальную концентрацию каждого аддукта. Определена антикоррозионная эффективность аддуктов в составе лаков. Было обнаружено, что составы лаков, содержащие приготовленные аддукты ароматических аминов, способны защитить сталь от коррозии. Эффективность ингибирования коррозии полученных ароматических аминов в эпоксиакрилатных олигомерных лаках располагалась следующим образом: *p*-А-ЭСЖК > *p*-Т-ЭСФА > *m*-Т-ЭСФА > *o*-Т-ESFA > *p*-С1А-ESFA. Превосходная эффективность ингибирования коррозии была получена в рецептуре лака, содержащей 0,6 % аддукта *n*-А-ЭСЖК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Badawi A.K., Fahim I.S. A critical review on green corrosion inhibitors based on plant extracts: Advances and potential presence in the market // International Journal of Corrosion Scale Inhib., 2021, Vol. 10, No 4, pp. 1385-1406
2. Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Hany A. New type of inhibitors of carbon dioxide corrosion on the basis of vegetable oils // PPOR, 2014, Vol. 15, No 3, pp. 179-192
3. Rostron P., Kasshanua S. Novel Synthesis of Vegetable Oil Derived Corrosion Inhibitors // International Journal of Corrosion, 2015, Vol. 8, No 2, pp. 131-137
4. Kasshanna S., Rostron P. Novel Synthesis and Characterization of Vegetable Oil Derived Corrosion Inhibitors // Journal of Materials and Environmental Science, 2017, Vol. 8, No 12, pp. 4292-4300
5. Verma C., Ebenso E., Quraishi M.A., Mustansar C. Recent developments in sustainable corrosion inhibitors: design, performance and industrial scale applications // Material Advances, 2021, Vol. 12, No 2, pp. 3806-3850
6. Topilnytsky P., Romanchuk V., Yarmola T. Production of Corrosion Inhibitors for Oil Refining Equipment Using Natural Components // Chemistry and Chemical Technology, 2018, Vol. 12, No 3, pp. 400-404
7. Dubose B. Sunflower Oil Shows Unexpected Efficiency in Corrosion Prevention // Kazan University News, 2020, Vol. 8, pp. 1-4
8. Fahradian R., Semenov A.P., Varfolomeyev M.A., Stoporev A.S. Toward a bio-based hybrid inhibition of gas hydrate and corrosion for flow assurance // Energy, 2020, Vol. 210, No 3, pp. 141-149
9. Fahradian A., Rahimi A., Safaei N., Shaabani A. Exploration of Sunflower Oil As a Renewable Biomass Source to Develop Scalable and Highly Effective Corrosion Inhibitors in a 15% HCl Medium at High Temperatures // ACS Appl. Mater. Interfaces, 2021, Vol. 13, N 2, pp. 3119-3138
10. Abbasov V.M., Rzayeva N.Sh., Talybov A.H., Aliyeva L.I. Inhibitors of hydrogen sulfide corrosion of metals on the basis of alkylamines and nitrated sunflower oil // PPOR, 2017, Vol. 18, No 3, pp. 229-238
11. Kashed A., Shaban S., Nooman M., Rashad M. Effect of fungal glycolipids produced by mixture of sunflower oil cake and pineapple waste as green corrosion inhibitor // Journal of Environmental Science and Technology, 2018, Vol. 11, No 3, pp. 119-121
12. Hassannejad H., Nouri A. Sunflower seed hull extract as a novel green corrosion inhibitor for mild steel in HCl solution // Journal of Molecular Liquids, 2018, Vol. 254, No 3, pp. 377-382

13. Ismayilov I.T., Abbasov V.M., Hany A., Mamedkhanova S.A., Yolchuyeva U.C., Salmanova Ch.K. Carbon Dioxide Corrosion Inhibition of Carbon Steel by using some surfactants based on sunflower oil and monoethanlamine // Corrosion, 2013, Vol. 65, pp. 19830-19835

14. Meryat H.N., Nadia I., Hossam K., Mohammed S. Aromatic amine-epoxidized sunflower free-fatty-acid adducts as corrosion inhibitors in epoxy-curable varnishes // Journal of Applied Polymer Science, 2012, No 9, pp. 345-352

Информация об авторах

К.М. Эфендиева – старший научный сотрудник лаборатории «Исследование антимикробных свойств и биоповреждений»;

Н.М. Мамедова – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Исследование антимикробных свойств и биоповреждений».

Information about the authors

K.M. Efendiyeva – leading researcher laboratory "Study of antimicrobial properties and biodamage";

N.M. Mammadova – Candidate of Chemical Sciences, main researcher of laboratory laboratory "Study of antimicrobial properties and biodamage".

УДК 547.541.2.

Минаввар Дж. гызы Ибрагимова¹, Айсель Вагиф гызы Алиева², Зиарат Нагиевна Пашаева³

*^{1,2,3}Институт нефтехимических процессов Национальной академии наук
Азербайджана, Баку, Азербайджан*

¹i.minavvar@mail.ru

²ilgar.ayyubov@mail.ru

³ziyarat.80@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку: Минаввар Дж. гызы Ибрагимова,
i.minavvar@mail.ru*

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРФУРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. В рассмотренной статье представлен обзор научных результатов в области изучения процесса растворения целлюлозы в присутствии различных ионных жидкостей и превращения последней в производные фурфурола. Показаны наиболее оптимальные условия проведения процесса, преимущества некоторых ионных жидкостей в этом процессе, а также показан механизм превращения целлюлозы в производные фурфурола в присутствии ионных жидкостей. Отмечены перспективы совершенствования этого процесса на промышленном уровне.

Ключевые слова: ионные жидкости, целлюлоза, растворение, фурфурол и его производные, биотопливо, степень полимеризации целлюлозы

Minavvar J. Ibrahimova, Aysel V. Aliyeva, Ziarat N. Pashayeva

*^{1,2,3}Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan*

¹i.minavvar@mail.ru

²ilgar.ayyubov@mail.ru

³ziyarat.80@gmail.com

Corresponding author: Minavvar J. Ibrahimova, i.minavvar@mail.ru

TRANSFORMATION OF CELLULOSE INTO FURFURAL DERIVATIVES IN THE PRESENCE OF IONIC LIQUIDS

Abstract. The reviewed article provides an overview of scientific results in the field of studying the process of dissolving cellulose in the presence of various ionic liquids and the transformation of the latter into derivatives of furfural. in the presence of ionic liquids. Prospects for improving this process at the industrial level are noted.

Keywords: ionic liquids, cellulose, dissolution, furfural and its derivatives, biofuel, degree of polymerization of cellulose

Целлюлоза является крупнейшим компонентом лигноцеллюлозной биомассы и привлекательным сырьем для широкого спектра возобновляемых химикатов и биотоплива, обеспечивая альтернативу к нефтехимии и нефтетопливу [1]. Этот потенциал в настоящее время ограничен существующими методами превращения этого плохо растворимого полимера в полезные химические строительные блоки, такие как 5-гидроксиметилфурфурол (ГМФ). Ионные жидкости успешно используются для разделения целлюлозы от других компонентов лигноцеллюлозной биомассы и поэтому использование той же среды для сложной трансформации целлюлозы в ГМФ была бы очень привлекательной для развития

концепции биоперерабатывающего завода. В данном сообщении ионные жидкости на основе 1-бутил-3-метилимидазолия катионы $[C_4Clim]^+$ с основанием Льюиса ($X = Cl^-$) и кислотой Бренстеда ($X = HSO_4^-$) использовались анионы исследованы для прямого каталитического превращения целлюлозы в ГМФ. Исследуемые факторы включали состав среды ионной жидкости, металлический катализатор и условия реакции (температура, концентрация субстрата). Снижение содержания целлюлозы и оптимизация достигнутой температуры привели к выходу ГМФ 58% уже через один час при $150^\circ C$ с использованием 7% мол. загрузки катализатора $CrCl_3$. Это выгодно отличается от существующих в литературе методов, требующих гораздо более длительного времени реакции. или подходы, которые трудно масштабировать, такие как микроволновое облучение.

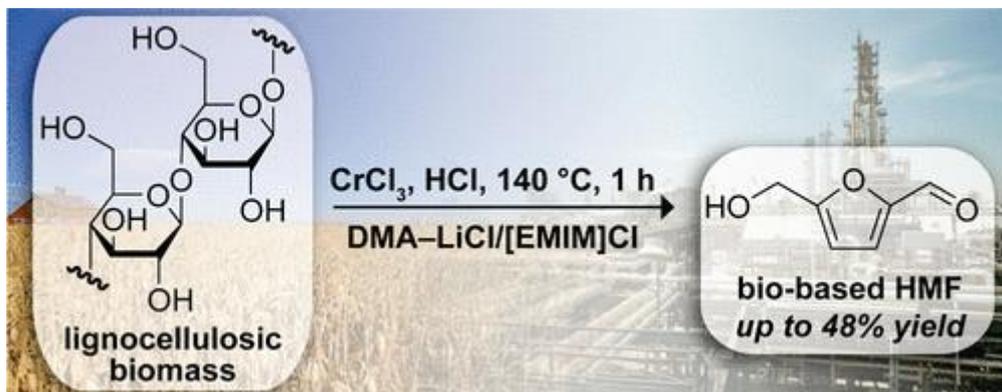
Разработан простой и эффективный способ производства 5-гидроксиметилфурфурола (ГМФ) и фурфурола из микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) [2,3]. $CoSO_4$ в ионной жидкости гидросульфат 1-(4-сульфоновой кислоты) бутил-3-метилимидазолия (ИЖ-1) оказался эффективным катализатором гидролиза целлюлозы при $150^\circ C$, что привело к 84% превращению МКЦ после 300 минут реакции. В присутствии каталитического количества $CoSO_4$ выходы ГМФ и фурфурола составляют до 24 и 17% соответственно; также образовывалось небольшое количество левулиновой кислоты (ЛК) и редуцирующих сахаров (8% и 4% соответственно). Димеры фурановых соединений были обнаружены в качестве основных побочных продуктов с помощью ВЭЖХ-МС, а с помощью масс-спектрометрического анализа компонентами газообразных продуктов были метан, этан, CO , CO_2 и H_2 . Предложен механизм системы гидролиза $CoSO_4$ -ИЖ-1, и впервые рециклирован ИЖ-1, проявивший положительную каталитическую активность в пяти повторных опытах. Эта каталитическая система может быть полезной для облегчения энергоэффективного и экономичного преобразования биомассы в биотопливо и химические вещества биоплатформы.

Однореакторный гидролиз/дегидратация моно/ди/полисахаридов до фурфурола (FUR) или 5-гидроксиметил-2-фуральдегида (HMF) в присутствии кислой ионной жидкости, гидросульфата 1-этил-3-метилимидазолия ($[EMIM][HSO_4]$) при $100^\circ C$, и результаты сравнивали с результатами, полученными при использовании хлорида 1-бутил-3-метилимидазолия ($[BMIM][Cl]$) с $CrCl_3$ или H_2SO_4 или без них [4]. Ионная жидкость $[EMIM][HSO_4]$ эффективна для превращения ксилозы и фруктозы или родственных полисахаридов в FUR (например, из ксилозы: выход 84% за 6 ч) или HMF (например, из фруктозы: выход 88% за 30 мин), но не глюкоза и полимеры, содержащие эти звенья, что отличается от наблюдаемого для системы $[BMIM][Cl]/CrCl_3$. Последний достаточно эффективно превращает глюкозу и родственные дисахариды в ГМФ, но не в полисахариды целлюлозы и крахмала. Для последних исходных материалов добавление H_2SO_4 или $[EMIM][HSO_4]$ к целлюлозе/ $[BMIM][Cl]/CrCl_3$ повышает выходы HMF, предположительно за счет ускорения стадии гидролиза, хотя селективность дегидратации мономеров глюкозы кажется довольно низкой. (выход ГМФ < 13 мас.%). В случае конверсии ксилозы в ФУР в $[EMIM][HSO_4]$ были исследованы две системы, включающие реакцию и одновременное выделение целевого продукта, а именно системы реакция/экстракция растворителем и реакция/испарение, причем для обеих ионная жидкость могла извлекаться и повторно использоваться без значительного снижения выхода продукта.

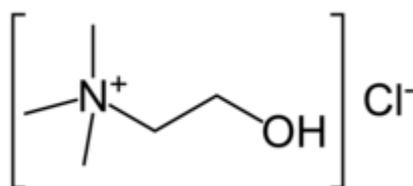
Сообщается [5], что фурфурол представляет собой молекулу универсальной платформы для синтеза различных химикатов и топлива, и он может быть получен путем катализируемой кислотой дегидратации ксилозы, полученной из возобновляемых ресурсов биомассы. Был исследован ряд солей металлов и ионных жидкостей для получения наилучшего сочетания катализатора и растворителя для превращения ксилозы в фурфурол. Выход фурфурола 71,1% был получен при высокой загрузке ксилозы (20 мас.%) в однофазной реакционной системе, в которой $SnCl_4$ использовался в качестве катализатора, а ионная жидкость бромид 1-этил-3-метилимидазолия ($EMIMBr$) использовалась в качестве

реакционной среды. . Причем комбинированный катализатор, состоящий из 5 мольных % SnCl_4 и 5 мольных % MgCl_2 также давал высокий выход фурфурола (68,8%), который был сравним с выходом фурфурола, полученным с 10 мол.% SnCl_4 . Двухфазные системы вода-органический растворитель могут улучшить выход фурфурола по сравнению с одной водной фазой. Хотя эти органические растворители могли образовывать двухфазные системы с ионной жидкостью EMIMBr, выход фурфурола заметно снижался по сравнению с одной фазой EMIMBr. Кроме того, система EMIMBr/ SnCl_4 с соответствующей водой также была эффективна для преобразования ксилана и лигноцеллюлозной биомассы стеблей кукурузы в фурфурол с выходом фурфурола до 57,3% и 54,5% соответственно.

Лигноцеллюлозная биомасса является обильным и возобновляемым ресурсом для топлива и химикатов [6]. Несмотря на этот потенциал, почти все возобновляемые виды топлива и химикаты в настоящее время производятся из пищевых ресурсов, таких как крахмал, сахар и масла; Проблемы, вызванные заведомо неподатливым и гетерогенным лигноцеллюлозным сырьем, сделали его производство из непищевой биомассы неэффективным и неэкономичным. В этой работе авторы сообщают, что *N,N*-диметилацетамид (DMA), содержащий хлорид лития (LiCl), является привилегированным растворителем, который позволяет синтезировать возобновляемый химикат платформы 5-гидроксиметилфурфурол (ГМФ) в одну стадию и с беспрецедентным выходом из необработанной лигноцеллюлозной биомассы, а также из очищенной целлюлозы, глюкозы, и фруктозы. Преобразование целлюлозы в HMF не ослабевает благодаря присутствию других компонентов биомассы, таких как лигнин и белок. Механистический анализ показывает, что галогенид-ионы со слабой парой ионов в DMA- LiCl имеют решающее значение для замечательной скорости (1–5 ч) и выхода (до 92%) этого низкотемпературного ($\leq 140^\circ\text{C}$) процесса.



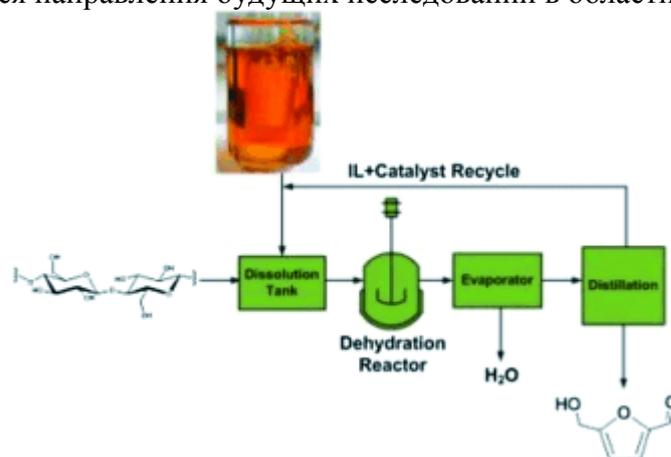
Синтез фурановых производных (5-гидроксиметилфурфурол (ГМФ), фурфурол и др.) из углеводов представляет большой интерес для широкого круга приложений. Эти реакции осуществляются в присутствии различных растворителей, среди которых может быть использован хлорид холина [7]. Это соль, которая может образовывать легкоплавкую смесь с углеводом (фруктоза, глюкоза...) или глубокую эвтектическую смесь с карбоновой кислотой. Обзор исследований, проведенных при превращении углеводов в фурановые производные в присутствии хлорида холина представлены в этой работе с преимуществами и недостатками этого растворителя. Хлорид холина может повысить селективность по отношению к HMF за счет стабилизирующего эффекта и позволяет повысить конверсия высококонцентрированного корма. Однако извлечение продуктов из этих растворителей все еще нуждается в улучшении.



хлорид холина

Лигноцеллюлоза признана идеальным сырьем для биопереработки, поскольку она может быть преобразована в биотопливо и продукты с добавленной стоимостью с помощью ряда химических способов [8,9]. Фурфурол, химическое вещество на биологической основе, получаемое из лигноцеллюлозной биомассы, было признано очень универсальной альтернативой ископаемому топливу. Глубокие эвтектические растворители (DES) — это новые «зеленые» растворители, которые используются в качестве экологически чистых и дешевых альтернатив традиционным органическим растворителям и ионным жидкостям ИЖ с такими преимуществами, как низкая стоимость, низкая токсичность и способность к биологическому разложению зарекомендовали себя как эффективная среда для синтеза химических веществ, полученных из биомассы. В этом обзоре обобщены последние достижения в области превращения углеводов в фурфурол в системах растворителей ДЭС, которые в основном сосредоточены на влиянии добавления различных катализаторов в систему ДЭС, включая галогениды металлов, воду, твердый кислотный катализатор и некоторые оксиды, на производство фурфуrolа. Кроме того, в этом обзоре также обсуждаются проблемы и перспективы синтеза фурфуrolа с помощью DES в системах биопереработки.

Синтез 5-(гидроксиметил)фурфуrolа (ГМФ) в ионных жидкостях является областью, которая быстро развивается в последние годы [10]. Уникальные растворяющие свойства сырой биомассы в сочетании с высокой селективностью образования ГМФ из гексозных сахаров делают ионные жидкости привлекательными реакционными средами для производства химикатов из возобновляемых ресурсов. Обнаружен широкий спектр новых каталитических систем, уникальных для превращения глюкозы и фруктозы в ГМФ в ионных жидкостях. Однако литературных примеров масштабирования и разработки процессов по-прежнему мало, и будущие исследования должны дополнить новую химию исследованиями в более крупных масштабах, чтобы найти экономически и экологически целесообразные процессы производства ГМФ в ионных жидкостях. В этом мини-обзоре рассматривается важный прогресс, достигнутый в разработке катализаторов для синтеза ГМФ в ионных жидкостях, и предлагаются направления будущих исследований в области технологии.



Работа [11] была направлена на повышение эффективности этапа предварительной обработки при прямом производстве фурфуrolа и интегрированию в концепцию завода по переработке лигноцеллюлозной биомассы. Каталитические эффекты различных фосфорсодержащих солей (AlPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 , H_3PO_4 , NaH_2PO_4) были проанализированы при гидролизе на их способность превращать углеводы С-5 древесины березы в фурфуrol. Процесс гидролиза проводили с тремя различными количествами катализатора (2, 3 и 4 мас.%) при постоянной температуре (175°C) и времени обработки (90 мин). Было обнаружено, что наибольшее количество фурфуrolа (63–72%, рассчитано на основе теоретически возможного выхода (% т.г.)) получается при использовании H_3PO_4 в качестве катализатора. Наилучший выход фурфуrolа среди используемых фосфорсодержащих солей получен с NaH_2PO_4 и составил : $40 \pm 2\%$. Наибольшее влияние на

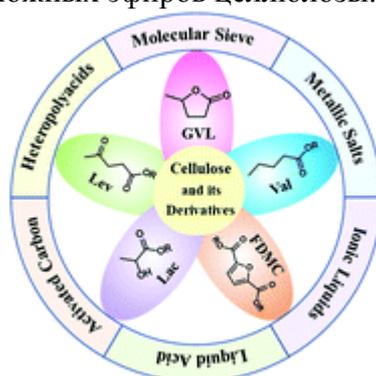
деградацию целлюлозы в процессе гидролиза наблюдали при использовании H_3PO_4 в количестве 12–20% от исходного количества, в то время как наименьшая деградация наблюдалась при использовании NaH_2PO_4 в качестве катализатора. Выход фурфурола 60,5–62,7% тонн в год при объединении H_3PO_4 и NaH_2PO_4 (1:2, 1:1 или 2:1 при количестве катализатора 3 мас. %); однако количество разложившейся целлюлозы не превышало 5,2–0,3% исходного количества. Ферментативный гидролиз показал, что такая предварительно обработанная биомасса может быть непосредственно использована в качестве субстрата для выработки глюкозы. Наивысший коэффициент конверсии целлюлозы в глюкозу (83,1%) получен при ферментной нагрузке 1000 и времени обработки 48 часов.

Производство фурфурола на биологической основе известно уже несколько десятилетий. Тем не менее концепции биоэкономики и экономики замкнутого цикла появились гораздо позже и вызвали возобновление интереса к специальным исследованиям, направленным на совершенствование способов производства и расширение потенциальных применений. Соответственно, этот обзорный документ направлен главным образом на описание последних достижений в области производства фурфурола из сахаров и полисахаридов [12]. В обзоре обсуждаются достижения, достигнутые в основных производственных путях, недавно изученных, разделенных на следующие категории: (i) некаталитические способы, такие как использование критических растворителей или предварительная обработка горячей водой, (ii) использование различных гомогенных катализаторов, таких как минеральные или органические кислоты, соли металлов или ионные жидкости, (iii) обезвоживание сырья с использованием различных твердокислотных катализаторов; (iv) обезвоживание сырья с использованием нанесенных катализаторов, (v) другие гетерогенные каталитические способы. В документе также содержится краткий обзор современного понимания химического синтеза фурфурола и его механизма, а также вопросов безопасности, связанных с этим веществом.

Отмечается [13], что в последние годы все большее внимание уделяется целлюлозе как потенциальному материалу для производства биотоплива и химических веществ на биологической основе. В этом исследовании новый процесс эффективного преобразования целлюлозы в 5-гидроксиметилфурфурол (ГМФ) получен с использованием AlCl_3 в качестве катализатора в смеси ДМСО–ионная жидкость ($[\text{BMIM}]\text{Cl}$). Различные параметры реакции, такие как время реакции, температура реакции, растворитель и дозировка катализатора были подробно исследованы. Высокий выход ГМФ 54,9% был получен из целлюлозы при 150°C через 9 ч в смешанном растворителе ДМСО– $[\text{BMIM}]\text{Cl}$ (10 мас.%). Что еще более важно, каталитическую систему можно было использовать повторно несколько раз, несмотря на небольшую потерю ее каталитической активности.

Биомасса является уникальным возобновляемым органическим углеродным ресурсом с большими запасами в природе. Благодаря реакционным процессам в присутствии катализатора его можно превратить в химические вещества и топливо на основе углерода с высокой добавленной стоимостью. Биомасса считается идеальной заменой традиционным ископаемым ресурсам. Разработка каталитического материала играет ключевую роль в использовании ресурсов биомассы. Ионные жидкости (ИЖ), известные как конструируемые материалы, нашли широкое применение в этой области. Ввиду каталитических свойств ионов металлов и возможности конструирования ИЖ введение металлических центров в структуру ИЖ для получения катализаторов ИЖ на основе металлов привлекло широкое внимание в области утилизации биомассы. В работе [14], на основе вышеизложенного, показан обзор недавнего прогресса в каталитической конверсии биомассы под действием катализаторов ИЖ на основе металлов, сосредоточив внимание на каталитической конверсии углеводов и лигнина на основе биомассы в химические вещества платформы и каталитические (транс-) этерификация олеиновой кислоты или масла для получения биодизеля в присутствии хлоридов металлов-ИЖ и полиоксометаллатов-ИЖ соответственно.

Сообщается [15], что целлюлоза является наиболее распространенным возобновляемым углеводным ресурсом в природе, обеспечивающим человеческое общество широким спектром материалов для производства и жизни. По сравнению со зрелой текстильной и бумажной промышленностью технологии использования целлюлозы для производства энергии и химикатов все еще находятся в стадии разработки. В частности, деполимеризация целлюлозы в глюкозу и дальнейшее преобразование в различные топливные соединения или химические вещества привлекли значительное внимание как устойчивый подход к решению энергетического кризиса и экологических проблем, вызванных массовым потреблением ископаемых. Среди различных типов молекул, полученных из целлюлозы, сложный эфир является одним из наиболее привлекательных благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, реакционной способности и функциям. В данном обзоре обобщены последние достижения в области химического синтеза сложных эфиров из целлюлозы и ее производных. Различные сложные эфиры, в том числе алкиллевулинаты, γ -валеролактон, валераты, пентеноаты, лактаты и т.д., были эффективно получены из исходного сырья целлюлозы или ее последующих соединений платформы. Были выделены каталитические системы с рациональной интеграцией активных центров для тандемных реакций, участвующих в превращениях. Также подробно обсуждались кинетика, интеграция процесса, контроль селективности и механизм катализа. Наконец, были также проиллюстрированы перспективы будущего направления, а также проблемы производства сложных эфиров целлюлозы.



Биомасса является единственным реальным крупным альтернативным источником углеводородных субстратов для коммерческого синтеза различных химикатов. В биомассе наземные источники являются наиболее доступными, и в них наиболее распространены лигноцеллюлозные материалы. Хотя лигнин перспективен для доставки определенных типов органических молекул, целлюлоза представляет собой биополимер со значительным потенциалом для преобразования в большие объемы и ценные химические вещества [16]. Этот обзор охватывает катализируемую кислотой конверсию низкоценных (поли)углеводов в ценные органические химические элементы (молекулы платформы). Основное внимание уделяется тем преобразованиям, которые выполняются в водной среде или ионных жидкостях.

В работе [17] показано, что ионные жидкости – это соли с температурой плавления около температуры окружающей среды и уникальными характеристиками, такими как высокая растворимость, чрезвычайно низкая летучесть, негорючесть и низкая вязкость. Применение ионных жидкостей в технологии обработки древесины привлекло внимание и, как ожидается, будет способствовать дальнейшему использованию древесины. Они эффективны в качестве консервантов для древесины, повышают сопротивляемость гниению, а также улучшают огнестойкость древесины. Ионные жидкости использовались в качестве реакционных растворителей для получения различных производных целлюлозы или композитов с другими материалами. Были предприняты попытки использовать ионные жидкости в предварительной обработке для ферментативного гидролиза при производстве биоэтанола из целлюлозы или древесины. Также было показано,

что ионные жидкости эффективны для растворения целлюлозы или древесины, что составляет основу для исследований по разделению целлюлозы, гемицеллюлоза и лигнина из древесины. Эффективное разделение этих компонентов имеет важное значение для химического использования древесины, и, таким образом, обработка ионными жидкостями имеет потенциал в качестве вспомогательного метода на биоперерабатывающих заводах. Кроме того, ионные жидкости вызывают деполимеризацию солубилизованных древесных полимеров, что может быть применимо для производства полезных химических веществ из древесных полимеров, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин.

В еще одной работе [18] сообщается, что использование ископаемого топлива в настоящее время вызывает две основные проблемы. Во-первых, сжигание ископаемого топлива увеличивает концентрацию углекислого газа (CO_2) в атмосфере и, в свою очередь, вызывает глобальное потепление. Во-вторых, ресурсы ископаемого топлива ограничены, и поэтому в долгосрочной перспективе они будут сокращаться. В качестве потенциального решения необходимы экологические производственные процессы, которые превращают растительное сырье в химические продукты. Например, растительное сырье можно напрямую преобразовать в гидроксиметилфурфурол, который является универсальным промежуточным продуктом для синтеза ценных видов биотоплива, таких как диметилфуран и 5-этоксиметил-2-фурфурол. Эта технология имеет два преимущества для химической устойчивости. Во-первых, этап предварительной обработки исключается, что способствует снижению выбросов CO_2 выбросы. Во-вторых, растения — это устойчивый ресурс, а не ископаемое топливо, которое ограничено. Здесь мы рассмотрим современные устойчивые технологии производства продуктов на биологической основе и гидроксиметилфурфурола из растений с использованием, в частности, ионных жидкостей. Источники растений включают тополь, просо, мискантус, сорные растения и виды агавы.

Таким образом, делая заключение вышеуказанным сообщениям, можно отметить, что на сегодняшний день одной из центральных проблем органического и нефтехимического синтеза является получение производных фурфурола на основе целлюлозы и другой целлюлозосодержащей биомассы. Поиск оптимальных катализаторов — ионных жидкостей для решения этой задачи остается в центре внимания исследователей мировых лабораторий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Eminov S., Filippousi P., Brandt A., Wilton J. Direct Catalytic Conversion of Cellulose to 5-Hydroxymethylfurfural Using Ionic Liquids // *Inorganics*. 2016. Vol. 4. N 2. Pp. 32-43
2. Furong T., Song H., Chou L.J. Catalytic conversion of cellulose to chemicals in ionic liquid // *Carbohydrate Research*. 2011. Vol. 346. N 1. Pp. 58-63
3. Zhou L., Liang R., Zhanwei M., Tinghua W. Conversion of cellulose to HMF in ionic liquid catalyzed by bifunctional ionic liquids // *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 43. Pp. 450-455
4. Lima S., Neves P., Antunes M., Pillinger M. Conversion of mono/di/polysaccharides into furan compounds using 1-alkyl-3-methylimidazolium ionic liquids // *Applied Catalysis A, General*. 2009. Vol. 363. N 1-2. pp. 93-99
5. Yifan N., Qidong H., Weizun L., Bai C. Efficient Synthesis of Furfural from Biomass Using SnCl_4 as Catalyst in Ionic Liquid // *Molecules*. 2019. Vol. 24. N 3. Pp. 594-601
6. Binder J., Raines R. Simple Chemical Transformation of Lignocellulosic Biomass into Furans for Fuels and Chemicals // *J. Amer. Chem. Soc.* 2009. Vol. 131. N 5. Pp. 1979-1985
7. Jerome F., Vigier K.O. Catalytic Conversion of Carbohydrates to Furanic Derivatives in the Presence of Choline Chloride // *Catalysts*. 2017. N 7. Pp. 218-224
8. Zhang X., Peng Z., Qinfang L., Haiyan X. Recent Advances in the Catalytic Conversion of Biomass to Furfural in Deep Eutectic Solvents // *Frontiers in Chemistry*. 2022. Vol. 10. Pp. 324-332

9. Mukherjee A., Dumont M-J., Raghavan V. Review: Sustainable production of hydroxymethylfurfural and levulinic acid: Challenges and opportunities // Science Direct. 2015. Vol. 72. Pp. 143-183
10. Stahiberg T., Wenjing F., Woodley J., Rusager A. Synthesis of 5-(Hydroxymethyl)furfural in Ionic Liquids: Paving the Way to Renewable Chemicals // ChemSusChem. 2011. Vol. 4. N 4. Pp. 451-458
11. Brazdausks P., Godina D., Puke M. Direct Furfural Production from Deciduous Wood Pentosans Using Different Phosphorus-Containing Catalysts in the Context of Biorefining // Molecules. 2022. Vol. 27. Pp. 7353-7358
12. Delbecq F., Wang Y., Muralidhara A., Quardi K. Hydrolysis of Hemicellulose and Derivatives—A Review of Recent Advances in the Production of Furfural // Frontiers in Chem. 2018. Vol. 6. Pp. 146-172
13. Shaohua X., Bing L., Wang Y., Fang Z. Efficient conversion of cellulose into biofuel precursor 5-hydroxymethylfurfural in dimethyl sulfoxide–ionic liquid mixtures // Bioresource Technology. 2014. Vol. 151. Pp. 351-356
14. Hao M., Cai T., Zhenqyu H., Chen L. Catalytic conversion of biomass by metal-based ionic liquids // Chemical Industry and Engineering Progress. 2021. Vol. 40. N 2. Pp. 800-812
15. Zhong M.X., Luo J-Y., Huang Y-B. Recent advances in the chemical valorization of cellulose and its derivatives into ester compounds // Green Chemistry. 2022. Vol. 22. N 10. Pp. 3895-3921
16. Bodachivskyi J., Kushiumparambil U., Williams B. Acid-Catalyzed Conversion of Carbohydrates into Value-Added Small Molecules in Aqueous Media and Ionic Liquids // ChemSusChem. 2018. Vol. 11. N 4. Pp. 642-660
17. Miyafuji H. Application of ionic liquids for effective use of woody biomass // Journal of Wood Science. 2015. Vol. 61. Pp. 343-350
18. Young-Byung Y., Jin-Woo L., Chung-Han C. Conversion of plant materials into hydroxymethylfurfural using ionic liquids // Environmental Chemistry Letters. 2015. Vol. 13. Pp. 173-190

Информация об авторах

М.Дж. Ибрагимова – доктор химических наук, профессор, заведующая лабораторией «Функциональные мономеры и олигомеры»;

А.В. Алиева – магистр ИНХП имени акад. Ю.Г. Мамедалиева;

З.Н. Пашаева – кандидат химических наук, доцент лаборатории «Функциональные олигомеры».

Information about the authors

M.D. Ibrahimova – Doctor of Chemical Science, Professor, Chief of Laboratory "Functional oligomers";

A.V. Aliyeva – master of IPCP named after academician Y.H. Mammadaliyev;

Z.N. Pashaeva – Candidate of Chemical Sciences, Ph.D., Associate Professor of the Laboratory "Functional oligomers".

УДК 547.541.2.

Самира Вагиф гызы Исмаилова

*Института Нефтехимических процессов Национальной академии наук
Азербайджана, Баку, Азербайджан, ismayilova_s_ch@mail.ru*

ПРОИЗВОДНЫЕ МЕНТОЛА В КАЧЕСТВЕ ХИРАЛЬНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Аннотация. В представленной статье показаны результаты исследований в области применения производных ментола в качестве хиральных вспомогательных агентов в реакциях органического синтеза. Показаны перспективы применения ментола и его производных в этих реакциях.

Ключевые слова: ментол, хиральные вспомогательные агенты, асимметрическая индукция

Samira V. Ismayilova

*Institute of Petrochemical Processes of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku,
Azerbaijan, ismayilova_s_ch@mail.ru*

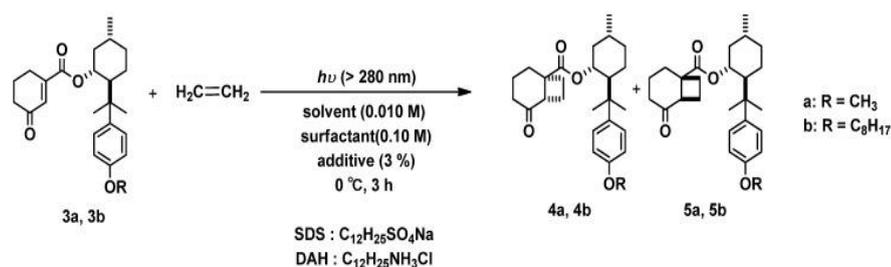
MENTHOL DERIVATIVES AS CHIRAL AUXILIARY AGENTS

Abstract. The presented article shows the results of research in the field of application of menthol derivatives as chiral auxiliary agents in organic synthesis reactions. The prospects for the use of menthol and its derivatives in these reactions are shown.

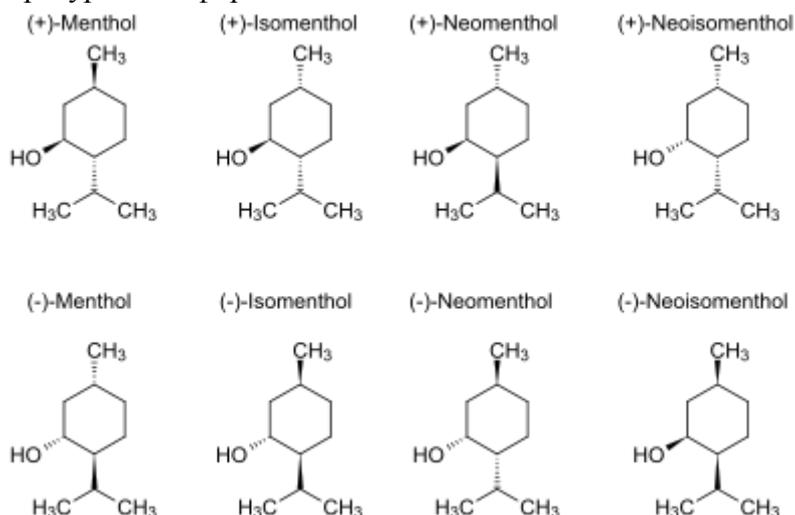
Keywords: menthol, chiral auxiliary agents, asymmetric induction

Производные ментола находят широкое применение в качестве хиральных вспомогательных агентов в органическом синтезе. В этой работе показаны результаты исследований в области применения производных ментола в качестве хиральных вспомогательных агентов в различных химических реакциях и в тонком органическом синтезе. Так, в работе [1] показано использование 1-ментилового эфира в качестве хирального вспомогательного вещества в синтезе полезных хиральных синтонов. Был разработан простой метод получения ценных хиральных синтонов, включающий алкилирование и присоединение по Михаэлю к 1-ментиловым эфирам циклоалканонкарбоновых кислот.

Авторами работы [2] проведено диастереодифференцирующее [2+2]-фотоциклоприсоединение циклогексенонов, модифицированных хиральным 8-(*n*-метоксифенил)ментиловым вспомогательным веществом, с олефинами в воде. Хотя фотореакция вообще не протекает в чистой воде из-за очень низкой растворимости, использование поверхностно-активных веществ [додецилсульфат натрия (SDS) или гидрохлорид додециламина (ДАН)] и добавки (органический растворитель) позволяло реакциям протекать при умеренных и средних температурах с достижением высокой конверсии и выхода. Кроме того, авторы синтезировали новый субстрат, производный ментола, содержащий (*n*-октилокси)фенильную группу для повышения гидрофобности, и выяснили, что этот новый субстрат оказался подходящим хиральным вспомогательным веществом в этой асимметричной фотореакции в водной среде.

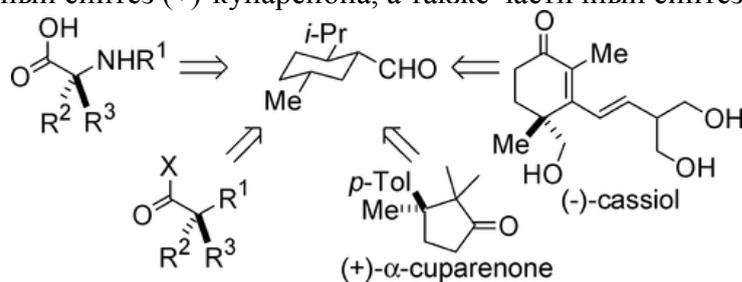


Полный ряд изомеров ментола и их соответствующих аминопроизводных (основные и протонированные/HCl формы) исследовали с использованием экспериментальных и теоретических данных [3]. Это исследование было сосредоточено на конформационном и конфигурационном анализе и показало, что экспериментальные данные следует использовать в сочетании с расчетными данными. Кроме того, даже в случае хорошо изученного ментола, были обнаружены расхождения между ранее опубликованными литературными значениями. Показано, что правильное определение состава соединения необходимо для правильного предсказания абсолютной конфигурации (АС) неоизоментола. Неоизоформы представляют особый интерес, так как в литературе можно найти ряд структурных несоответствий. Сообщено строгое доказательство АС неоизоментола, основанное на литературной информации.



В работе [4] синтез хиральных ацеталей фенола и бромфенола проводили с использованием (-)-ментола в качестве чистого хирального вспомогательного вещества. Металлирование этих хиральных ацеталей с последующей нуклеофильной атакой на различные ароматические и алифатические альдегиды давало хиральные продукты посредством направленного орто-металлирования. Хиральный ментоксиметил разработан как новая группа хирального направленного металлирования на основе кислорода для бензола и замещенного бензола.

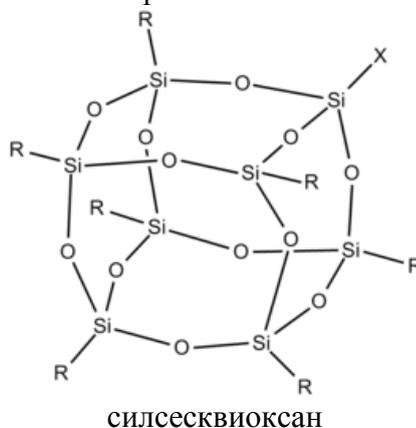
(+)- или (-)-*n*-ментан-3-карбоксальдегид получают в два простых этапа из (+)- или (-)-ментона соответственно [5]. Это вспомогательное вещество позволяет синтезировать карбонильные соединения, содержащие α -хиральный четвертичный углерод. Гибкость, эффективность и простота использования метода продемонстрированы на ряде примеров, которые включают полный синтез (+)-купаренона, а также частичный синтез (-)-кассиола



C(1)-замещенные (-)-ментоновые производные получали стереоселективным добавлением алкениллитиевых реагентов к ментону и последующим катализируемым кислотой гидролизом диоксолановых защитных групп [6]. Конъюгированное добавление купратных реагентов к енонам с последующим гашением метанолом непосредственно давало β -алкилциклоалканоны посредством ретроальдольных реакций при энантиоселективности 80-91% e.e.

В работе [7] сообщается о практическом методе асимметричного синтеза аналогов ГАМК, слитых с циклопропаном. Исходя из 2-фуральдегида, *cis*-изомер (ГАМК) был синтезирован за 10 стадий; (-)- и (+)-ГАМК·HCl синтезировали с использованием *d*- и *l*-ментола в качестве хирального вспомогательного вещества с общими выходами 2,5% и 1,3% соответственно. С другой стороны, *trans*-изомер (ГАМК) был получен посредством двойной асимметричной индукции, т.е. органокаталитического асимметричного циклопропанирования на хиральном субстрате. Таким образом, начиная с *l*- и *d*-ментилакрилат в сочетании с органическими катализаторами на основе хинидина и хинина, (-)- и (+)-ГАМК·HCl были синтезированы с общим выходом 6,6% и 3,7%, соответственно, за 8 стадий каждая. Также сообщается о конфигурационном анализе синтетических промежуточных соединений на основе ^{13}C ЯМР. Предварительные онкологические анализы показали слабую, но специфическую активность цАМФ как молекулярной основы аналогов ГАМК, которые до сих пор остаются неизученными.

Новое хиральное производное ментола, нанесенное на силсесквиоксан, было легко синтезировано путем гидросилилирования соответствующего арилментилолефина коммерчески доступным гидросиланом силсесквиоксанового типа [8]. Авторы оценили применимость соединения на основе силсесквиоксана к реакции диастереоселективного [2+2]-фотоциклоприсоединения. Недавно синтезированное хиральное производное ментола на основе силсесквиоксана показало диастереоселективность, аналогичную соответствующему производному *n*-метоксифенилментола.

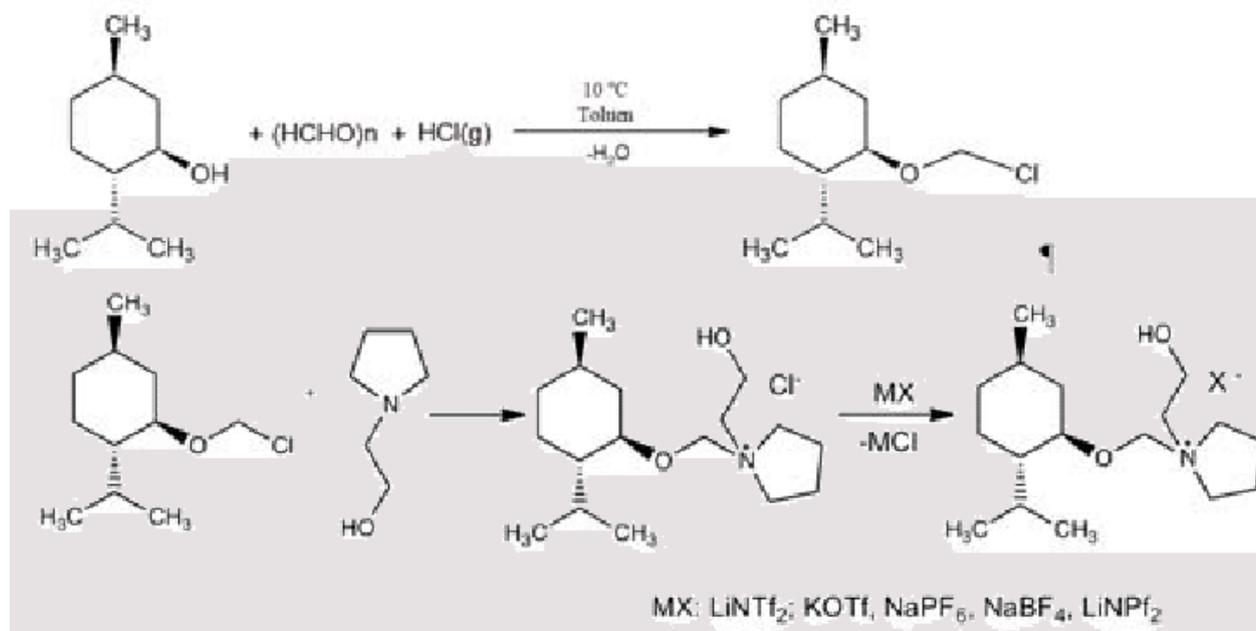


Сообщается [9], что неестественные α -аминокислоты являются бесценными строительными блоками в синтетической органической химии и могут улучшить функцию пептидов. Авторы разработали новый способ каталитической активации аминокислотных оснований Шиффа, служащий платформой для сильно перегруженного синтеза неестественных α -аминокислот. Медный катализатор с окислительно-восстановительной активностью обеспечивает эффективную перекрестную связь с образованием смежных четырехзамещенных углеродных центров. Широкая совместимость функциональных групп подчеркивает мягкость настоящего катализа. Примечательно, что авторы достигли последовательной β -функционализации и окисления аминокислотных оснований Шиффа с получением производных дегидроаланина, содержащих тетразамещенный углерод. Трехкомпонентная реакция перекрестного сочетания аминокислотного основания Шиффа, алкилбромидов и производных стирола продемонстрировала высокую полезность настоящего метода. Диастереоселективная реакция также была достигнута с использованием

производных ментола в качестве хирального вспомогательного вещества с получением энантимерно обогащенной α -аминокислоты, содержащей α,β -непрерывный тетразамещенный углерод. Синтезированная высоко перегруженная неприродная α -аминокислота может быть дериватизирована и включена в синтез пептидов.

Для получения нового класса структурно упорядоченных поли- β -пролинов, был разработан новый метод синтеза хиральных молекулярных каркасов β -пептида, основанный на химии 1,3-диполярного циклоприсоединения азометинилидов [10]. Функционализированные короткие β -пептиды, содержащие до шести мономерных остатков, были эффективно синтезированы в гомахиральных формах с использованием подхода циклоаддитивной олигомеризации. Рентгеновские лучи, ЯМР и КД-структурный анализ новых β -пептидов выявили особенности вторичной структуры, которые были созданы главным образом за счет изомерии связи Z/E - β -пептида. Наблюдалась противораковая активность новых β -пептидов в отношении клеток гормонорезистентного рака предстательной железы, которая зависела от абсолютной конфигурации стереогенных центров и длины цепи олигомеров β -пролина. В качестве хирального вспомогательного вещества авторы использовали производные ментола.

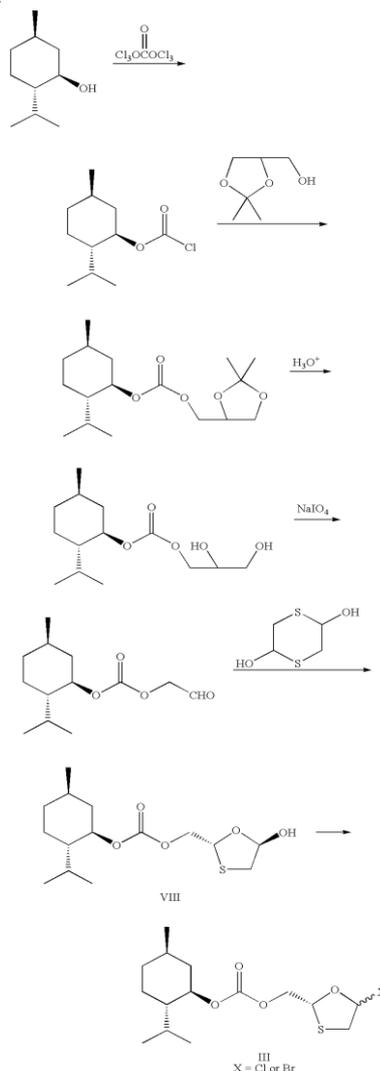
Шесть новых хиральных солей пирролидиния с хиральным заместителем при четвертичном атоме азота были синтезированы с высокими общими выходами из (-)-ментола в качестве дешевого хирального предшественника и идентифицированы с помощью спектроскопии ЯМР и HRMS [11]. Показано, что тип аниона оказывает влияние на химический сдвиг протонов, прилегающих к четвертичному атому азота, и физические свойства этих солей. Соли с NTf_2 или NPF_2 находились в жидком состоянии при комнатной температуре и характеризовались наибольшей термической стабильностью среди прочих. Кроме того, хиральная ионная жидкость с анионом NTf_2 использовалась в качестве растворителя в реакции Дильса-Альдера и давала более высокий выход и стереоселективность, чем ионные жидкости с ахиральными катионами. Синтезированные хиральные соли потенциально могут использоваться в качестве хиральных растворителей в синтезе и вспомогательных средств в аналитических методах для улучшения распознавания хиральности.



Описан синтез хиральных эфиров и амидов с участием асимметричной индукции с использованием чистых хиральных вспомогательных веществ, таких как (1S,2R,5R) ментол и L-(+)-1-фенилэтиламин. С хорошими выходами синтезированы хиральные моно-, диментоловые эфиры и моноамиды янтарной кислоты. Затем эти сложные эфиры и амиды подвергали металлированию и гасили различными алкилгалогенидами для получения α -замещения с образованием нового хирального центра [12].

В работе [13] сообщается об энантиоспецифическом синтезе двух искусственных аналогов глутамата, разработанных на основе ИКМ-159, антагониста, селективного к ионотропному рецептору глутамата АМРА-типа. Синтез включает хиральное разделение промежуточного соединения карбоновой кислоты путем этерификации с β -ментолом с последующим конфигурационным анализом с помощью ЯМР, конформационным расчетом и рентгеновской кристаллографией. Анализ на мышах *in vivo* показал, что (2R)-МС-27 с шестичленным оксациклом является нейроактивным, тогда как (2S)-аналог неактивен. Также было обнаружено, что ТКМ-38 с восьмичленным азациклом неактивен в отношении нейронов, что свидетельствует о том, что активность контролируется кольцом С.

В работе [14] ментол был использован в качестве хирального вспомогательного соединения для синтеза ламивудина



Представлен обзор потенциальных применений, возможностей и успешного использования (-)- и (+)-ментола и его наиболее распространенных производных в препаративном органическом синтезе. Представлены девять наиболее часто используемых производных ментола, а именно ментилокси-2-[5H]-фуранон, диментилфумарат, диментилсукцинат, ментилглиоксилат, ментил-*p*-толуолсульфинат, метилхлорид, ментилакрилат, ментилдизоацетат и ментилхлорформиат. Описано применение каждой производной в асимметричном синтезе [15].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ranu B.C., Sarkar A., Saha M. Use of 1-menthyl ester as chiral auxiliary in the synthesis of useful chiral synthons // Pure and Applied Chem. 1996. Vol. 68, N 3. Pp. 775-777

2. Nishiyama Y., Shibata M., Ishii T. Diastereoselective [2+2] photocycloaddition of chiral cyclic enones with olefins in aqueous media using surfactants // *Molecules*. 2013. Vol. 18, N 2. Pp. 1626-1637
3. Reinscheid U.M., Reinscheid F. Stereochemical analysis of menthol and menthylamine isomers using calculated and experimental optical rotation data // *Journal of Molecular Structure*. 2016. Vol. 1103, N 1. Pp. 166-176
4. Mumtaz S., Khan S., Zaidi J. Synthesis of Chiral Menthoxyethyl Ether of Phenol and Substituted Phenol and their Use in Directed Ortho Metalation // *Letters in Organic Chemistry*. 2012. Vol. 9, N 8. Pp. 578-583
5. Spino C., Godbout C., Harter M. *p*-Menthane-3-carboxaldehyde: A Useful Chiral Auxiliary for the Synthesis of Chiral Quaternary Carbons of High Enantiomeric Purity // *J. Amer. Chem. Soc.* 2004. Vol. 126, N 41. Pp. 13312-13319
6. Funk R., Yang G. C(1)-substituted menthol derivatives: Self-removing chiral auxiliaries for asymmetric conjugate additions to cycloalkenones // *Cheminform*. 2010. Vol. 33, N 3. Pp. 1-6
7. Oikawa M., Sugeno Y., Tukada H. Four Stereoisomers of 2-Aminomethyl-1-cyclopropanecarboxylic Acid: Synthesis and Biological Evaluation // *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. 2019. Vol. 92, N 11. Pp. 1816-1823
8. Yanaqisawa Y., Yamaguchi H., Nishiyama Y. Synthesis and evaluation of a chiral menthol functionalized silsesquioxane: application to diastereoselective [2+2] photocycloaddition // *Research on Chemical Intermediates*. 2013. Vol. 39. Pp. 101-110
9. Matsumoto Y., Sawamura J., Murata Y. Amino Acid Schiff Base Bearing Benzophenone Imine As a Platform for Highly Congested Unnatural α -Amino Acid Synthesis // *J. Amer. Chem. Soc.* 2020. Vol. 142, N 18. Pp. 8498-8505
10. Kudryavtsev K.V., Ivantcova P.M., Muhle-Goll C. Menthols as Chiral Auxiliaries for Asymmetric Cycloadditive Oligomerization: Syntheses and Studies of β -Proline Hexamers // *Org. Lett.* 2015. Vol. 17, N 24. Pp. 6178-6181
11. Janus E., Gano M. Chiral pyrrolidinium salts derived from menthol as precursor - Synthesis and properties // *Polish Journal of Chemical Technology*. 2017. Vol. 19, N 3. Pp. 92-98
12. Sana A., Khan W., Ambreen N. Asymmetric Induction via Metalation of Succinic Esters and Amide Using S(+) Menthol and R(+) 1-Phenylethylamine as Chiral Auxiliaries // *Letters in Organic Chemistry*. 2012. Vol. 9, N 9. Pp. 632-638
13. Morokuma K., Tsukamoto S., Mori K. Menthyl esterification allows chiral resolution for the synthesis of artificial glutamate analogs // *Beilstein J. Org. Chem.* 2021, Vol. 17, N 28. Pp. 540-550
14. Pat. 20100063283A1. 2010. Process for stereoselective synthesis of lamivudine / Jinliang L., Feng L.V. /
15. Oertling H., Reckziegel A., Surburg H. Applications of Menthol in Synthetic Chemistry // *Chemical Reviews*. 2007. Vol. 107, N 5. Pp. 2136-2164

Информация об авторах

С.В. Исмаилова - научный сотрудник лаборатории «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений».

Information about the authors

S.V. Ismailova – researcher laboratory "Research of antimicrobial properties and biodamages".

УДК 547.541.2.

Латафат Муса кызы Маггермова

*Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
Баку, Азербайджан, latafat62@mail.ru*

АМПЕРОМЕТРИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ

Аннотация. Представлены результаты исследований в области определения органических соединений методом амперометрии. Показаны основные закономерности этого метода, виды амперометрии, а также возможность использования этого метода в биомедицинских исследованиях.

Ключевые слова: амперометрия, титрование, импульсная амперометрия, биомедицина, лекарственные препараты

Latafat M. Maharramova

Azerbaijan State University of Oil and Construction, Baku, latafat62@mail.ru

AMPEROMETRY, ITS MAIN TYPES AND APPLICATION IN BIOMEDICINE

Abstract. The results of research in the field of determination of organic compounds by amperometry are presented. The main regularities of this method, types of amperometry, as well as the possibility of using this method in biomedical research are shown.

Keywords: amperometry, titration, pulsed amperometry, biomedicine, drugs

Вольтамперометрия представляет собой метод анализа, основанный на исследовании зависимости тока поляризации от напряжения, прикладываемого к электрохимической ячейке, когда электрический потенциал рабочего электрода значительно отличается от равновесного значения. По разнообразию методов вольтамперометрия является самой многочисленной группой из всех электрохимических методов анализа, широко используемая для определения веществ в растворах и расплавах.

Амперометрия представляет собой метод определения ионов в растворе на основе электрического тока или изменений электрического тока. Амперометрия используется в электрофизиологии для изучения событий высвобождения везикул с использованием электрода из углеродного волокна. В этом методе электрод не вставляется и не прикрепляется к ячейке, но проводится в непосредственной близости от ячейки. Измерения с электрода происходят в результате окислительной реакции груза везикул, выпущенного в средний. Существует два основных варианта амперометрии:

а) Однопотенциальная амперометрия

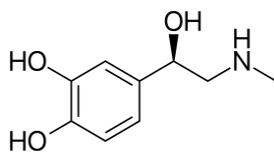
Любой аналит, которое может быть окислен или восстановлен, является кандидатом для амперометрического обнаружения. Простейшей формой амперометрического обнаружения является амперометрия с одним потенциалом или постоянным током (DC). Напряжение (потенциал) прикладывают между двумя электродами, расположенными в выходящем потоке колонки. Измеренный ток изменяется по мере того, как электроактивный аналит окисляется на аноде или уменьшается на катоде. Однопотенциальная амперометрия использовалась для обнаружения анионов слабых кислот, таких как цианид и сульфид, которые проблематичны для кондуктометрических методов.

б) Импульсная амперометрия

Этот вариант, чаще всего используется для аналитов, которые загрязняют электроды. Аналиты, загрязняющие электроды, уменьшают сигнал при каждом анализе и требуют очистки электрода. При импульсном амперометрическом обнаружении рабочий потенциал

прикладывается в течение короткого времени (обычно несколько сотен миллисекунд), за которым следуют более высокие или более низкие потенциалы, которые используются для очистки электрода. Ток измеряется только при приложении рабочего потенциала, затем последовательные измерения тока обрабатываются детектором для получения плавного выходного сигнала. Метод чаще всего используется для обнаружения углеводов после анионообменного разделения.

Метод амперометрии также используется для определения биологических объектов, в частности фармацевтических и лекарственных препаратов. Так, в обзоре [1] основное внимание уделяется вольтамперометрическим и амперометрическим методам определения адреналина (эпинефрина), применявшимся в последние годы. Впервые рассмотрены возникновение, роль и биологическое значение адреналина, а также неэлектрохимические методы его оценки. Также авторы показывают описание вольтамперометрических и амперометрических методов определения содержания адреналина в различных средах. Рассмотрены различные методы создания электрохимических сенсоров, начиная от немодифицированных электродов и заканчивая различными композитами, включающими углеродные нанотрубки, ионные жидкости или различные медиаторы. С этой точки зрения обсуждается взаимодействие между функциональными группами материала сенсора и молекулой анализируемого вещества, поскольку оно необходимо для получения аналитических характеристик. Особо выделяются аналитические характеристики вольтамперометрических или амперометрических химических и биохимических сенсоров (линейный диапазон аналитического отклика, чувствительность, точность, стабильность, время отклика и т. д.). Также представлены многочисленные применения электрохимических датчиков эпинефрина в таких областях, как фармацевтика или клинический анализ, где EP представляет собой ключевой аналит.



адреналин (эпинефрин)

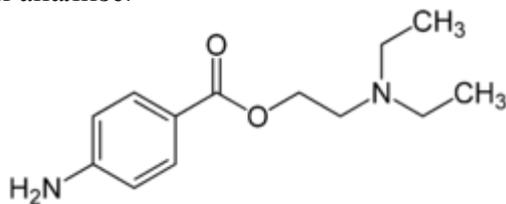
В работе [2] сообщается быстрый, точный и надежный метод ионной хроматографии с импульсным амперометрическим детектированием для оценки различных параметров, влияющих на определение общего йода в сыворотке и моче 81 субъекта, в том числе 56 детей с ожирением и 25 здоровых польских детей. Методы предварительной обработки образцов проводились в закрытой системе и с помощью микроволн. Процедуры как щелочного, так и кислотного разложения были разработаны и оптимизированы, чтобы найти самую простую комбинацию реагентов и подходящих параметров для разложения, которые позволили бы провести самый быстрый, наименее затратный по времени и наиболее экономичный способ анализа. Была достигнута хорошая корреляция между аттестованной и измеренной концентрациями. Наилучшее восстановление (96,8% для мочи и 98,8% для образцов сыворотки) было достигнуто при использовании 1 мл 25% раствора гидроксида тетраметиламмония в течение 6 мин для 0,1 мл образцов сыворотки/мочи. При использовании 0,5 мл 65% раствора азотной кислоты наилучшее извлечение (95,3%) было получено при использовании 7 минут эффективного времени разложения. Проверяли морозостойкость и долговременную стабильность. Через 24 недели произошла потеря 14,7% йода с мочой и 10,9% с образцами сыворотки. Для образцов мочи лучшая корреляция ($R^2 = 0,9891$) различных процедур пробоподготовки. Значительно меньшее содержание йодидов обнаружено в образцах, взятых у детей с ожирением. Содержание йода в сыворотке у детей с ожирением заметно варьировало по сравнению со здоровой группой, тогда как при анализе образцов мочи разница была менее очевидной. Среднее содержание в сыворотке составило $59,12 \pm 8,86$ мкг/л, а в моче $98,26 \pm 25,93$ мкг/л у детей с ожирением при подготовке образцов с использованием оптимизированного щелочного пищеварения,

усиленного микроволнами. У здоровых детей среднее содержание в сыворотке крови составило $82,58 \pm 6,01$ мкг/л, в моче $145,76 \pm 31,44$ мкг/л.

В обзоре [3] представлены результаты возможностей амперометрического обнаружения, связанных с анализом нагнетания потока (FIA). Обсуждаются фундаментальные аспекты, разработки, приложения и преимущества сочетания вольтамперометрии с FIA для фармацевтических анализов. В избранных источниках представлено несколько примеров этой связи с различными классами лекарств и подтверждены их преимущества. Примеры показывают, что амперометрические методы в сочетании с проточной системой обычно можно использовать в рутинном анализе наркотиков без предварительной обработки образца. Амперометрия/FIA зарекомендовала себя как отличная альтернатива хроматографическим методам и используется в анализах от самых простых аналитов до более сложных соединений для решения даже особых случаев, таких как энантиомерный анализ фармацевтических соединений с хиральной частью, который требует длительной пробоподготовки или дорогостоящего оборудования. Этот обзор также направлен на сокращение разрыва между огромными возможностями электроаналитических методов и их эффективным использованием для фармацевтического анализа.

Работа [4] посвящена использованию различных электрохимических систем детектирования в проточных методах анализа наркотиков (таких как методы ФИА и СИА). Определенные лекарственные средства располагаются по функциональным группам, претерпевающим электрохимическое превращение; для всех аналитов включены данные об условиях обнаружения, пределах обнаружения и диапазонах количественного определения. Обсуждаются преимущества и недостатки амперометрического обнаружения наркотиков в проточных системах.

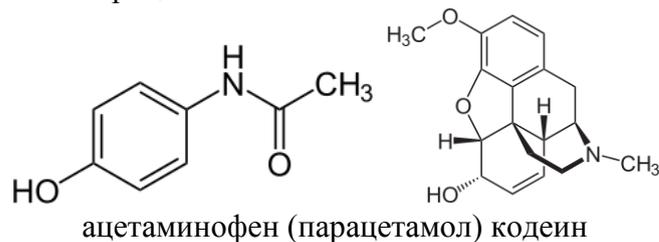
В работе [5] был разработан быстрый и простой метод определения прокаина с помощью проточно-инъекционного анализа (FIA) с использованием угольного электрода с трафаретной печатью (SPCE) в качестве амперометрического детектора. Настоящий метод основан на окислении амина/гидроксиламина из прокаина, контролируемом при 0,80 В на ТФХЭ в растворе ацетата натрия, рН 6,0. Используя наилучшие экспериментальные условия, заданные как: рН 6,0, скорость потока 3,8 мл/мин, объем пробы 100 мкл и аналитический путь 30 см, можно построить линейную калибровочную кривую от $9,0 \times 10^{-6}$ до $1,0 \times 10^{-4}$ моль/л. Относительное стандартное отклонение для $5,0 \times 10^{-5}$ моль/л прокаина (15 повторений с использованием одного и того же электрода) составляет 3,2%, а рассчитанный предел обнаружения составляет $6,0 \times 10^{-6}$ моль/л. Восстановление, полученное для прокаина, дало средние значения от 94,8 до 102,3% и была достигнута аналитическая частота 36 инъекций в час. Метод был успешно применен для определения прокаина в фармацевтических препаратах без какой-либо предварительной обработки, что хорошо соответствует заявленным значениям производителя и официальному методу, основанному на спектрофотометрическом анализе.



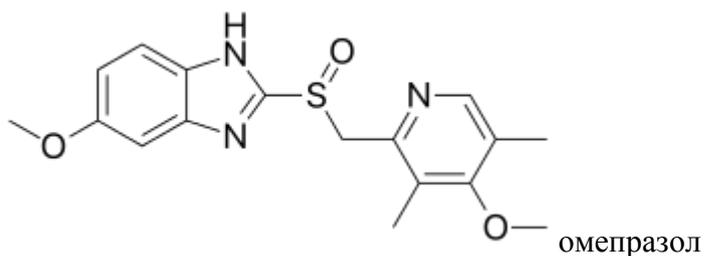
прокаин

Предлагается простой, быстрый и недорогой электроаналитический метод определения ацетаминофена (АСР) и кодеина (СОД) на наномолярных уровнях в фармацевтических и биологических образцах [6]. Аналитическая процедура основана на системе анализа с нагнетанием потока в сочетании с электрохимическим обнаружением, которое представляло собой многоимпульсную амперометрию (FIA-MPA). Алмаз, легированный бором, использовался в качестве рабочего электрода для электрохимического

обнаружения. Электрод был подвергнут предварительной катодной обработке и был выбран для данной работы из-за его хороших электрохимических характеристик. Применяя метод FIA-MPA, после ряда анализов оптимизации анальгетики были одновременно определены в превосходных диапазонах линейных концентраций. Аналитические кривые находились в диапазоне от 80 нмоль/л до 100 мкмоль/л для АСР и от 50 нмоль/л до 10 мкмоль/л для ХПК, а полученные пределы обнаружения составили 30 нмоль/л и 35 нмоль/л для АСР и COD соответственно. Практическая применимость электроаналитического метода оценивалась по определению АКП и ХПК в двух матрицах образцов: коммерческих фармацевтических образцах и биологических жидкостях. В случае образцов фармацевтических составов полученные результаты были статистически аналогичны результатам, полученным с использованием эталонного хроматографического метода. Кроме того, эти препараты были одновременно количественно определены в образцах биологических жидкостей мочи и сыворотки человека с отличным процентом восстановления.

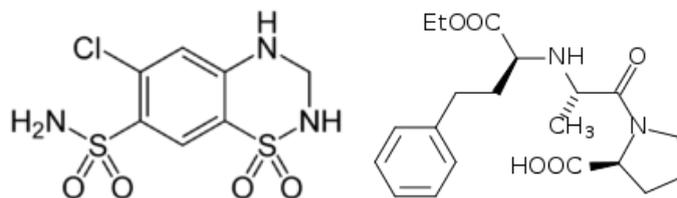


Предложено чувствительное амперометрическое определение омепразола на электродах с трафаретной печатью (ТФЭ) с использованием анализа с периодической инъекцией (БИА). ТФЭ, содержащий многослойный модифицированный электрод из углеродных нанотрубок, соединенный с системой ВИА, обеспечил аналитический метод с низким пределом обнаружения (9 нмоль/л), высокой точностью (1,3%) и производительностью образца (120 ч⁻¹) с использованием микролитрового образца. объемы, вводимые электронной микропипеткой. Полная аналитическая система имеет портативные характеристики, которые позволяют применять ее для анализа на месте. Результаты анализов фармацевтических образцов, проанализированных предлагаемым методом, согласуются с результатами, полученными спектрофотометрически. Более того, метод ВИА имел преимущества перед проточно-инжекционным анализом с амперометрическим детектированием, такие как предел обнаружения, чувствительность и пропускная способность образца.



Для одновременного определения антигипертензивных препаратов гидрохлортиазида (НТЗ) и эналаприла (ЕНП) использовали проточно-инжекционный анализ (FIA) и множественную импульсную амперометрическую детекцию (МРА) с использованием катодно предварительно обработанного легированного бором алмазного электрода (СРТ-BDD) [8]. Использовалась предварительно оптимизированная двухпотенциальная форма сигнала в зависимости от времени: $E_{дет.1} = +1,50 \text{ В}/150 \text{ мс}$ (импульсный потенциал, при котором происходило окисление ХТЗ) и $E_{дет.2} = +1,80 \text{ В}/150 \text{ мс}$ (импульсный потенциал при котором происходит окисление обоих аналитов – ХТЗ и ЭНП). Аналитические кривые показали хорошую линейность от 0,40 до 8,00 мкмоль/л для НТЗ и от 0,03 до 1,00 мкмоль/л для ЭНП, а пределы обнаружения составляли 0,20 мкмоль/л для НТЗ и

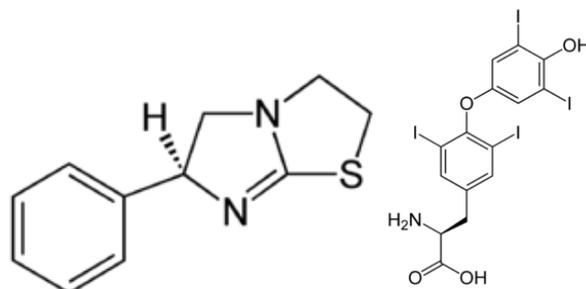
0,01 мкмоль/л для ENP. Предложенный проточный метод имел аналитическую частоту 89 определений в час, хорошую прецизионность и правильность, был успешно применен для одновременного определения HTZ и ENP в фармацевтических образцах, а результаты, полученные с использованием метода ФИА-МПА, согласовывались с результатами, полученными с использованием сравнительный метод (ВЭЖХ) с доверительной вероятностью 95%.



гидрохлоротиази эналаприл

В обзоре [9] вольтамперометрические и амперометрические методы скрининга соединений, представляющих фармакологический интерес, рассматриваются на основе типов электродов и аналитических стратегий. Показано, что область применения традиционных вольтамперометрических и амперометрических методов значительно расширилась за последние годы в связи с разработкой множества модифицированных электродов, в частности, с использованием нанокompозитов. Также рассмотрено применение методов твердотельной вольтамперометрии для фармакологического скрининга.

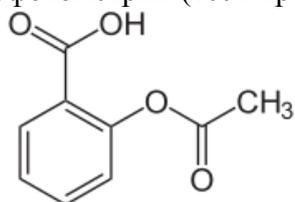
В работе [10] представлена единая аналитическая система, способная выполнять высокопроизводительные определения различных фармацевтических молекул на электродах с трафаретной печатью (ТФЭ), собранных в ячейке для периодического анализа (BIA). Для определения левамизола (LVM) в водной среде и левотиноксина натрия (NaLVT) в водно-этанольной среде были выбраны два типа ТФЭ, содержащие угольные токопроводящие чернила в качестве рабочего электрода. Основными аналитическими характеристиками предлагаемой системы для обоих примеров являются высокая точность ($RSD < 3,8\%$, $n = 10$), низкие пределы обнаружения (субмикромольный диапазон) и высокая производительность по пробе ($> 150 \text{ ч}^{-1}$) с использованием одной ТФЭ. демонстрируя увеличенный срок службы таких датчиков, которые подходят для рутинного фармацевтического анализа. Предлагаемая аналитическая система требует портативных устройств с батарейным питанием, включая потенциостат и ридер, электронную микропипетку, ячейку BIA и ТФЭ, и может применяться для широкого спектра фармацевтических молекул. В случае адсорбции аналита на поверхности электрода быстрая очистка электрода может быть обеспечена внешним перемешиванием, легко адаптированным к ячейке, что продемонстрировано в данной работе для определения NaLVT.



левамизол леватиноксин натрия

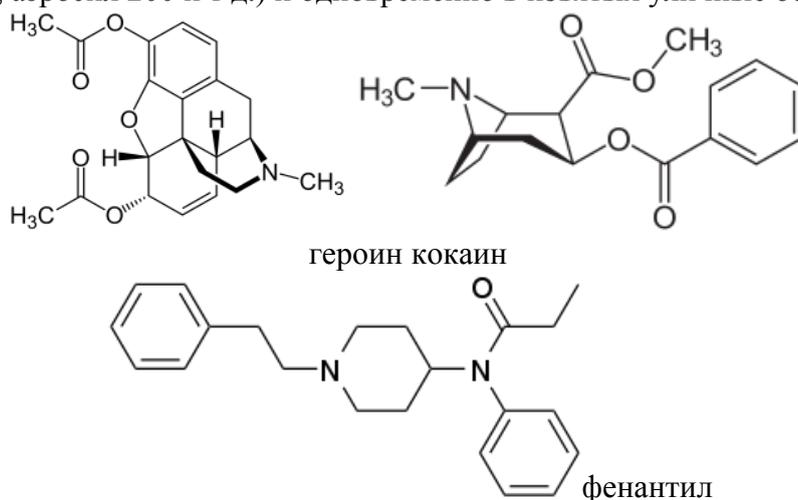
В статье [11] описано определение ацетилсалициловой кислоты (АСК) в виде салицилата (СК) в фармацевтических препаратах с использованием амперометрического детектирования с медными электродами в 0,10 моль/л раствора NaOH. Анализ периодического впрыска (BIA) был изучен для этого приложения. Система

продемонстрировала резкие пики отклика по току, быстрое вымывание и отличную воспроизводимость. Большой линейный динамический диапазон от 1 до 1000 мкмоль/л был получен при использовании вводимого объема 100 мкл с пределом обнаружения 0,48 мкмоль/л. ОСО 0,37% для 30 повторных (1×10^{-4} моль/л) вводов и частоты отбора проб 60 ч^{-1} были достигнуты. Результаты, полученные с помощью этой системы для определения АСК в семи различных образцах наркотиков, хорошо сравнимы с результатами, полученными с помощью спектрофотометрии (тест Триндера).



ацетилсалициловая кислота (аспирин)

Сообщается [12], что в последние годы наблюдается прогрессивный рост фальсификации распространенных запрещенных уличных наркотиков, таких как героин и кокаин, причем фентанил и его производные (фенталоги) являются причиной передозировки, заканчивающейся смертельным исходом. Следовательно, существует потребность в разработке чувствительных, селективных и надежных аналитических протоколов для их разделения и количественного определения. В этой работе авторы впервые сообщают о сочетании высокоэффективной жидкостной хроматографии с двухдиодной матрицей и электрохимического (амперометрического) детектора для одновременного обнаружения и количественного определения героина (HRN), фентанила и десяти фенталогов; амперометрическое обнаружение достигается с помощью имеющейся в продаже проточной ячейки с ударной струей, которая включает в себя собственные трафаретные графитовые макроэлектроды (ТФЭ). Оба метода аналитически сравниваются и сопоставляются с точки зрения их экспериментальных параметров и хроматографических условий с оптимизацией разделения и количественного определения, при этом эти методы демонстрируют высокую чувствительность и воспроизводимость. Предложенные методы были успешно применены для анализа исследуемых наркотических средств в присутствии обычных примесей (например, кофеин, парацетамол и бензокаин), вспомогательных веществ (крахмал, лактоза, аэросил 200 и т.д.) и одновременно в изъятых уличные образцы.

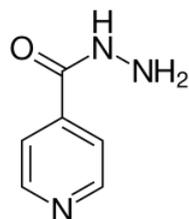


героин кокаин

фентанил

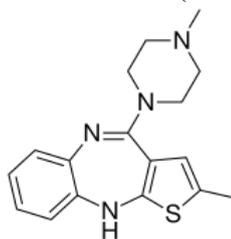
Представлен проточно-инъекционный метод определения изониазида, основанный на электрохимическом окислении на стеклоуглеродном электроде [13]. Амперометрический метод является высокоспецифичным и может использоваться для определения изониазида в присутствии большинства других лекарственных средств и/или консервантов, обычно встречающихся в его фармацевтических лекарственных формах или вводимых одновременно

в терапевтических ситуациях. При электродном потенциале +825 мВ калибровочная кривая является линейной ($r = 0,9999$) в диапазоне концентраций 0,05–6 мкг/мл с минимальной определяемостью при 0,5 нг ($S/N = 2$). Метод, применяемый для анализа изониазида в лекарственной форме, показывает хорошую точность и прецизионность. Хотя в этом исследовании автоматизация не использовалась, этот метод можно было легко включить в автоматизированные системы, поскольку он использует технику непрерывного анализа в проточном потоке.



изониазид

Новый чувствительный высокоэффективный жидкостный хроматографический метод был разработан для анализа нового антипсихотического препарата оланзапина в плазме крови человека [14]. Хроматографию проводили на колонке с обращенной фазой (C8, 150×4,6 мм, внутренний диаметр, 5 мкм) с ацетонитрил-фосфатным буфером (pH=2,5) в качестве подвижной фазы. Напряжение детектирования составляло +900 мВ, а температура ячейки и колонки составляла 50°C. Скорость потока составляла 1 мл/мин. Метод обеспечивает линейный ответ в диапазоне концентраций оланзапина от 2 до 100 нг/мл. Выделение оланзапина из плазмы осуществляли методом твердофазной экстракции с использованием картриджа C8, что давало высокие результаты экстракции и требовало небольшого количества человеческой плазмы (всего 0,25 мл).

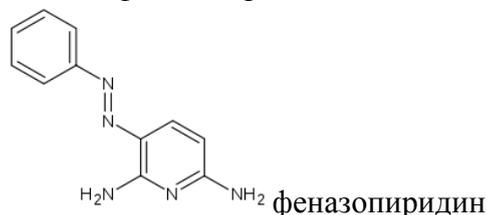


оланзапин

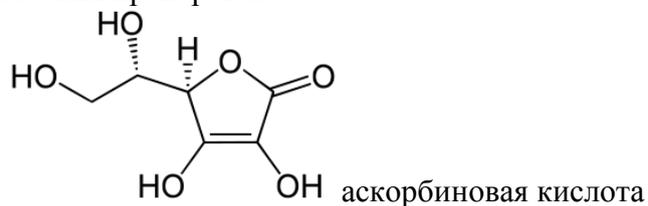
Метод непрямой газодиффузионной проточной инъекции (FI) был модифицирован, оптимизирован и успешно применен для определения бромидов в различных пробах, таких как активные вещества, лекарственные препараты, органические вещества и пробы воды [15]. Метод основан на окислении брома в кислой среде, который диффундирует через фторопластовую мембрану в акцепторный поток, несущий бром в амперометрическую ячейку. Проточное амперометрическое определение проводили при потенциале +0,65 В (относительно Ag/AgCl), когда объем вводимой пробы составлял 100 мкл. Результаты, полученные с помощью FIA, были подтверждены циклической вольтамперометрией (CV). Линейный градуировочный график получен в диапазоне концентраций $0,1-10 \times 10^{-3}$ моль/л и $2,5-100 \times 10^{-6}$ моль/л растворов бромидов. Относительное стандартное отклонение составило 1,23% для раствора бромидов с концентрацией 5×10^{-6} моль/л и 0,11% для раствора бромидов с концентрацией $0,25 \times 10^{-3}$ моль/л ($n=6$, для обоих случаев). Предел обнаружения составил 5×10^{-8} моль/л. Описанный метод требует небольшого количества образцов и не требует предварительной экстракции аналитов. Метод позволяет проводить 60 анализов в час.

Описан проточно-инъекционный метод определения феназопиридина гидрохлорида, основанный на электрохимическом окислении на стеклоуглеродном электроде [16]. Предложенный метод обладает высокой специфичностью и может быть использован для определения феназопиридина гидрохлорида в присутствии большинства лекарственных

средств, обычно входящих в состав лекарственных форм или применяемых терапевтически. При применении постоянного потенциала +950 мВ относительно электрода сравнения Ag/AgCl/3,5М KCl калибровочная кривая была линейной в диапазоне 1–30 мкг/мл с минимальной обнаруживаемой способностью 0,2 нг (отношение сигнал/шум 2). Хорошая точность и прецизионность были получены при применении метода к некоторым лекарственным формам, содержащим феназопиридин.



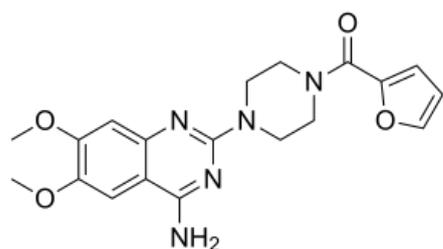
Отмечается [17], что исследование окислительно-восстановительных свойств лекарств и их определение проводят электрохимическими методами. Данные, полученные с помощью электрохимических методов, часто коррелируют с молекулярной структурой и фармакологической активностью лекарств. В связи с этим в качестве сенсоров для количественного определения различных лекарственных средств применялись различные модифицированные электроды. Нанокompозит восстановленного оксида графена-гексацианоферрата кобальта был синтезирован простым методом осаждения. Сканирующая электронная микроскопия показала, что нанокompозит состоит из наночастиц гексацианоферрата кобальта, прикрепленных к наночастицам восстановленного оксида графена. Затем был изготовлен электрод из модифицированной нанокompозитом углеродной пасты. Он показал заметную активность в отношении электрокаталитического окисления аскорбиновой кислоты, оценена кинетика процесса электроокисления. Наконец, был разработан амперометрический метод количественного определения аскорбиновой кислоты в различных фармацевтических препаратах.



В работе [18] представлен новый электрохимический метод определения эналаприла в фармацевтических таблетках с использованием немодифицированного электрода, напечатанного методом трафаретной печати (ТФЭ). Исследования проводились с использованием амперометрического детектирования. Эналаприл дает хорошо выраженный пик окисления овальной формы при +1,05 В (относительно Ag/AgCl, 3,0 М KCl) в буферном растворе Бриттона-Робинсона (BRBS) при pH 5,0. После оптимизации условий эксперимента было проверено влияние наиболее распространенных мешающих соединений. В оптимизированных экспериментальных условиях сигналы были линейно пропорциональны концентрации эналаприла в диапазоне от 2,5 до 90 мкМ с пределом обнаружения 0,9 мкМ. Повторяемость десяти повторных измерений 5 мкМ эналаприла составила 1,5%. Предложенный метод успешно применен для определения общего содержания эналаприла в фармацевтических препаратах. Тем не менее, предлагаемый метод может быть полезен для быстрого количественного определения эналаприла в лекарствах с использованием немодифицированного электрода для ТФЭ без какой-либо дополнительной обработки.

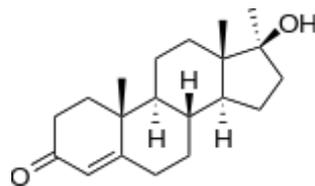
В работе [19] описывается разработка простого, быстрого и недорогого метода определения празозина (PRA) в фармацевтических образцах методом проточного инъекторного анализа с многоимпульсным амперометрическим (FIA-MPA) детектированием с использованием легированного бором алмазного пленочного электрода.

Электрохимическое обнаружение PRA было оптимизировано в фосфатном буфере с pH 4,0 с помощью циклической вольтамперометрии, в которой PRA представлял два процесса окисления примерно при 0,97 и 1,40 В по сравнению с Ag/AgCl (3,0 моль/л KCl). В этих условиях PRA также показал один процесс восстановления при -0,75 В, который зависит от процессов окисления. Таким образом, определение PRA с помощью обнаружения FIA-MPA состояло в применении двухпотенциальной формы волны, E 1 (потенциал генератора) = 1,6 В/400 мс и E 2 (потенциал коллектора) = -1,0 В/30 мс, с петля образца 150 мкл и скорость потока 3,0 мл/мин. Метод показал хорошую воспроизводимость (RSD < 3,0 %) и высокую аналитическую частоту (70 инъекций в час). Рабочий линейный диапазон был получен от 2 до 200 мкмоль/л с пределом обнаружения 0,5 мкмоль/л. Тесты восстановления во всех образцах были приблизительно 100 %, и результаты сравнивались с хроматографическими методами.



празозин

В работе [20] показано определение метилтестостерона методом амперометрического титрования



метилтестостерон

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Beitollahi H., Safaei M., Somayeh T. Voltammetric and amperometric sensors for determination of epinephrine: A short review (2013-2017) // Journal of Electrochemical Science and Engineering. 2018. Vol. 9. N 1. Pp. 1-17
2. Blazewicz A., Klatka M., Dolliver W., Kocjan R. Determination of total iodine in serum and urine samples by ion chromatography with pulsed amperometric detection – Studies on analyte loss, optimization of sample preparation procedures, and validation of analytical method // Journal of Chromatography B. 2014. Vol. 962. Pp. 141-146
3. Felix F., Angnes L. Fast and accurate analysis of drugs using amperometry associated with flow injection analysis // J. Pharm. Sci. 2010. Vol. 99. N 12. Pp. 4784-4804
4. Papugova P., Polasek M. Amperometric detection in the determination of drugs by non-separating flow methods--flow injection analysis and sequential injection analysis // Ceska Slov. Farm. 2001. Vol. 50. N 3. Pp. 107-112
5. Bergamini M., Ramos S., Zamoni M. Flow injection amperometric determination of procaine in pharmaceutical formulation using a screen-printed carbon electrode // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2007. Vol. 43. N 1. Pp. 315-319
6. Santos A., Silva T.A., Campanha F., Orland V. Flow injection analysis system with electrochemical detection for the simultaneous determination of nanomolar levels of acetaminophen and codeine // Arabian Journal of Chemistry. 2020. Vol. 13. N 1. Pp. 33-345
7. Thiago J.S., Tormin F., Silva J., Richtet F. Amperometric determination of omeprazole on screen-printed electrodes using batch injection analysis // Microchemical Journal. 2017. Vol. 133. Pp. 398-403

8. Lourencao B., Medeiros R.A., Fatibello-Filho O. Simultaneous determination of antihypertensive drugs by flow injection analysis using multiple pulse amperometric detection with a cathodically pretreated boron-doped diamond electrode // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2015. Vol. 754. N 1. Pp. 154-159
9. Domenech A., Carvalho L.M., Martini M., Cerbian-Torrejón G. Voltammetric/amperometric screening of compounds of pharmacological interest // *Reviews in Analytical Chemistry*. 2014. Vol. 33. N 3. Pp. 173-199
10. Stefano J., Dias A., Arantes J., Costa B. Batch-Injection Amperometric Analysis on Screen-Printed Electrodes: Analytical System for High-Throughput Determination of Pharmaceutical Molecules // *Electroanalysis*. 2018. Vol. 31. N 3. Pp. 518-526
11. Socorro M., Quintino M., Corbo D., Bertottit M. Amperometric determination of acetylsalicylic acid in drugs by batch injection analysis at a copper electrode in alkaline solutions // *Talanta*. 2002. Vol. 58. N 5. Pp. 943-949
12. Elbardisy H., Foster C., Cumba L., Antonides L. Analytical determination of heroin, fentanyl and fentanyl analogues using high-performance liquid chromatography with diode array and amperometric detection // *Analytical Methods*. 2019. Vol. 11. N 8. Pp. 1053-1063
13. Shah M., Stewart J. Amperometric Determination of Isoniazid in a flowing Stream at the Glassy Carbon Electrode // *Analytical Letters*. 1983. Vol. 16. N 12. Pp. 913-923
14. Raggi M.A., Casamenti G., Mandrioli R., Fanali S. Determination of the novel antipsychotic drug olanzapine in human plasma using HPLC with amperometric detection // *Chromatographia*. 2012. Vol. 51. N 9. Pp. 562-566
15. Lolic A., Mandic S., Mutic J., Manojlovic D. Bromide determination in pharmaceutical preparations using indirect gas-diffusion flow injection method with amperometric detector // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2007. Vol. 16. N 5. Pp. 751-758
16. Belal F. Amperometric determination of phenazopyridine hydrochloride in a flowing stream at the glassy carbon electrode // *Journal of Assoc. Off Anal. Chem.* 1985. Vol 68. N 6. Pp. 1207-1209
17. Heli H. Amperometric Determination of Ascorbic Acid in Pharmaceutical Formulations by a Reduced Graphene Oxide-cobalt Hexacyanoferrate Nanocomposite // *Iran Journal of Pharm. Res.* 2015. Vol. 14. N 2. Pp. 453-463
18. Mehmeti E., Stankovic D., Kaicher K., Graz K-F. Determination of Enalapril in Pharmaceuticals using Electrochemical Sensing with Amperometric Detection // *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 2017. Vol. 9. N 8. Pp. 1000-1007
19. Guedes T., Alecrim M. Determination of prazosin in pharmaceutical samples by flow injection analysis with multiple-pulse amperometric detection using boron-doped diamond electrode // *Journal of Solid State Electrochemistry*. 2016. Vol. 20. N 9. Pp. 2445-245
20. Tsukanov Y.V., Brutko L.I., Gallai Z.A., Sheina N.M. Quantitative determination of methyltestosterone in drug forms by amperometric titration // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 1984. Vol. 18. Pp. 790-792

Информация об авторах

Л.М. Маггеррамова – кандидат химических наук, доцент.

Information about the authors

L.M. Magerramova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

УДК 547.541.2.

Эльдар Гусейн углу оглу Мамедбейли¹, Нармин Али гызы Мамедова²

¹Институт нефтехимических процессов Национальной академии наук
Азербайджана, Баку, Азербайджан

¹elder_memmedbeyli@mail.ru

²narmishka@mail.ru

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ КУКУРУЗНОГО МАСЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Аннотация. В представленной работе показаны результаты исследований в области применения функционально замещенных производных кукурузного масла в качестве ингибиторов коррозии. Отмечено, что соединения, полученные на основе жирных кислот кукурузного масла могут обеспечивать защиту металлических поверхностей от агрессивных химических сред, в частности кислотной, углекислотной и сероводородной коррозии.

Ключевые слова: растительные масла, ингибиторы коррозии, жирные кислоты кукурузного масла, зеленая химия

Eldar H. Mammadbayli¹, Narmin A. Mammadova²

^{1,2}Institute of Petrochemical Processes, Baku, Azerbaijan

¹elder_memmedbeyli@mail.ru

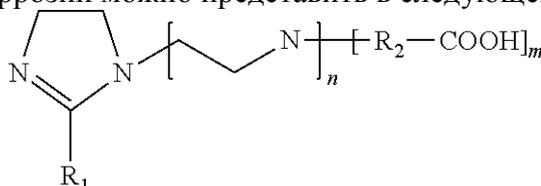
²narmishka@mail.ru

FATTY ACIDS OF CORN OIL AS CORROSION INHIBITORS

Abstract. The presented work shows the results of research in the field of application of functionally substituted derivatives of corn oil. It is noted that compounds derived from fatty acids of scorn oil can protect metal surfaces from aggressive chemical environments, in particular acid, carbon dioxide and hydrogen sulfide corrosion.

Keywords: vegetable oils, corrosion inhibitors, corn oil fatty acids, green chemistry

Жирные кислоты растительных масел находят весьма широкое применение в различных областях промышленности и сельского хозяйства. Одной из ведущих областей их применение является использование жирных растительных кислот в качестве ингибиторов коррозии. Так, изобретение [1] направлено на создание новых ингибиторов коррозии для контроля коррозии трубопроводов из низкоуглеродистой стали, по которым транспортируются различные топливные продукты, полученные на нефтеперерабатывающих заводах или в нефтехимических процессах. Композиция содержит активные ингибиторы имидазолина, полученные из растительного масла, выбранного из группы, состоящей из подсолнечного, рапсового, соевого, сафлорового, кукурузного и их смесей, которые реагируют с полиалкилированными полиаминами, такими как диэтилентриамины (ДЭТА), триэтилтетрамин (ТЭТА) и тетраэтиленпентамин (ТЭПА). Имидазолин реагирует с 1-3 молями карбоновой кислоты, содержащей 2-6 атомов углерода. Полученный продукт готовят с 50-60 вес.% ароматического растворителя и от 10 до 20 вес.% спирта. Композиции оценивали в кислых средах по методам NACE TM0172 и ASTM G 185. В общем случае предложенные ингибиторы коррозии можно представить в следующем виде:



где R_1 представляет собой радикал из функциональных групп растительных масел, имеющих C_8-C_{22} атомов углерода, который может быть насыщенным, мононенасыщенным или полиненасыщенным; R_2 представляет собой алкильный радикал карбоновой кислоты с 2-6 атомами углерода, n имеет значение от 1 до 3; m имеет диапазон от 1 до 3.

Молекулы жирных кислот 9,12,15-октадекатриеновой кислоты ($C_{18:3}$), 9,12-октадекадиеновой кислоты ($C_{18:2}$) и гексадекановой кислоты ($C_{16:0}$), обладающие активными функциональными группами со способностью к быстрому переносу электронов предложены для эффективного ингибирования коррозии мягкой стали [2]. В связи с этим микроводоросль *Scenedesmus* выделена, и ее жирные кислоты были изучены, чтобы подтвердить адсорбционное поведение, объясняя антикоррозионную эффективность мягкой стали в 1 М растворе HCl за счет образования каркаса металл-ингибитор. Электрохимический анализ был использован для подтверждения превосходной эффективности ингибирования коррозии при оптимальной концентрации 36 частей на миллион с максимальной эффективностью ингибирования 95,1%. Результаты металлографии с молекулами ингибитора или без него показали значительные изменения в морфологии поверхности образца из мягкой стали с постепенным увеличением времени погружения (72 часа). Было подчеркнуто, что в реакции выделения водорода наблюдается тенденция значительного уменьшения образования пузырьков в присутствии ингибитора по сравнению только с 1 М раствором HCl. Квантово-химические расчеты, выполненные с помощью теории функционала плотности, определили значительную эффективность адсорбции, основанную на донорно-акцепторной способности между металлической поверхностью и молекулами ингибитора.

Ингибирующее действие производных жирных кислот, а именно гидразида пальмитата (PH), гидразида N-этилиденпальмитата (EPH) и гидразида N-фенилметиленпальмитата (PPH) на мягкую сталь в 1 М соляной кислоте, исследовали с использованием потенциала разомкнутой цепи, линейной поляризации и электрохимического анализа [3] методом импедансной спектроскопии. Было замечено, что процент эффективности ингибирования (?%) увеличивался с увеличением концентрации ингибитора и температуры тестируемой среды. Максимальный % приближается к 85% в присутствии 200 мг/л ингибиторов EPH и PPH при 308 ± 1 К. Установлено, что эффективность ингибиторов находится в следующем порядке: PPH > EPH > PH. Адсорбция этих ингибиторов на поверхности мягкой стали подчиняется изотерме адсорбции Ленгмюра. Они действуют как ингибиторы смешанного типа.

С использованием биолюминесцентного метода определения внутриклеточной концентрации АТФ исследована биоцидная активность углекислотных ингибиторов коррозии (КИ) на основе жирных кислот различных растительных масел в отношении клеток бактерий, катализирующих процессы биокоррозии [4]. Показано, что все полученные КИ проявляли биоцидную активность, при этом наиболее эффективными были амидные комплексы жирных кислот. Их активность в 4,6 раза превышала активность неамидных комплексов. Установлено, что минимальная ингибирующая концентрация, вызывающая гибель всех групп бактерий, для большинства КИ находится в пределах 100–170 мг/мл, а наилучшие биоцидные свойства в отношении нефтеокисляющих бактерий рода *Pseudomonas* отмечены для КИ, приготовленный из кукурузного масла (27 мг/мл).

Сообщается [5], что сталь является самым важным инженерным и строительным материалом в мире. Проблемы коррозии стали привлекли значительное внимание из-за их воздействия на материалы. Коррозия имеет не только экономические последствия, но и социальные, и они связаны с безопасностью и здоровьем людей, работающих на предприятиях или проживающих в близлежащих городах. Использование ингибиторов является одним из наиболее практических методов защиты от коррозии. Органические соединения исследуются как ингибиторы коррозии, но, к сожалению, большинство из этих соединений не только дороги, но и токсичны для живых существ. Жирные кислоты,

извлеченные из растений, стали экологически приемлемым, легкодоступным и возобновляемым источником ингибиторов. Многие молекулы ингибиторов коррозии были синтезированы путем дериватизации жирных кислот, экстрагированных из растительных масел. Обзор литературы показал, что производные жирных кислот, такие как этиловый эфир, этоксилат, сульфат, имидазолин, сульфатно-аминная соль, гидразиды, тиосемикарбазиды, фенилгидразиды, триазолы, оксадиазолы, фенилтиосемикарбазид и т. д., были эффективными ингибиторами коррозии мягкой стали в агрессивных средах.

В представленной работе показаны результаты исследований в области применения производных жирных кислот кукурузного масла в качестве ингибиторов коррозии.

В работе [6] авторы синтезировали поверхностно-активные вещества на основе кукурузного масла и исследовали их ингибирующие свойства в насыщенных CO_2 растворах при повышенных температурах. Структуры синтезированных ПАВ подтверждены физико-химическими спектроскопическими методами. Результаты показали, что все синтезированные поверхностно-активные вещества являются хорошими ингибиторами, и их эффективность ингибирования увеличивается с увеличением концентрации ингибитора. Увеличение эффективности ингибирования с увеличением концентрации можно интерпретировать на основании количества адсорбции и охвата молекулами поверхностно-активных веществ, которые увеличиваются с увеличением концентрации. Максимальная эффективность ингибирования находилась в диапазоне от 98,55% до 99,90% при концентрации 100 частей на миллион. Наблюдения сканирующей электронной за поверхность электрода подтвердили существование такой адсорбированной пленки.

В другой работе [7] синтезирована новая группа поверхностно-активных веществ на основе кукурузного масла и моноэтаноламина и исследовано их ингибирующее действие на коррозию низкоуглеродистой стали в растворе, насыщенном CO_2 , методами потенциодинамической поляризации и линейной поляризации сопротивления коррозии. Результаты показали, что исследуемые поверхностно-активные вещества являются отличными ингибиторами, хорошо согласовывались эффективность ингибирования, полученная при потенциодинамической поляризации и скорости коррозионной стойкости к линейной поляризации. Потенциодинамические поляризационные исследования ясно показали, что поверхностно-активные вещества действуют в основном как ингибиторы смешанного типа. Термодинамические и кинетические параметры были получены из потенциодинамической поляризации, что позволило предположить, что при 323 К адсорбция ингибиторов на поверхности металла подчиняется модели изотермы адсорбции Ленгмюра. В этой же работе электрохимическими методами изучено ингибирование коррозии малоуглеродистой стали марки Н80 2-ундецил-1-1-этиламино-1-этилкарбокситетривальентным имидазолином (ЧКИ) в насыщенных CO_2 растворах 3% NaCl и 3% Na_2SO_4 . Эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации ЧКИ и синергетически увеличивалась в присутствии ионов галогенидов. ЧКИ ингибирует коррозионную реакцию за счет химической адсорбции на границе раздела металл/раствор в растворах, не содержащих галогенидов, и за счет сочетания химического и кулоновского притяжения в присутствии ионов галогенидов. Адсорбционные характеристики ингибитора были аппроксимированы изотермой Фрумкина, а El-Awady et al. кинетико-термодинамическая модель.

Синтезированы новые поверхностно-активные вещества на основе кукурузного масла и диэтаноламина и их ингибирующее действие на коррозию мягкой стали в CO_2 -насыщенных растворах NaCl исследовали с помощью линейной поляризационной методов определения коррозионной стойкости и скорости коррозии [8]. Результаты показали, что исследованные поверхностно-активные вещества являются отличными ингибиторами. Максимальная эффективность ингибирования отмечена для ингибитора II и составила (99,5 при 50 ч/млн). Поляризационные исследования ясно показали, что поверхностно-активные вещества действуют в основном как ингибиторы смешанного типа.

В работе [9] производные имидазолина были синтезированы из жирных кислот кукурузного масла и триэтилентетрамина. Исследования эффективности ингибирования коррозии этими имидазолинами проводились в растворах H_2S гравиметрическим методом. Адсорбционное поведение соединений подчиняется изотерме Ленгмюра, а взаимодействие молекулы ингибитора с поверхностью металла представляет собой сильную химическую реакцию с высокой свободной энергией адсорбции Гиббса.

В работах [10,11] предложена композиция ингибитора коррозии на биологической основе, включающая продукт кукурузной барды и может представлять собой практически нерастворимую в воде фракцию кукурузной барды. Композиция ингибитора коррозии полезна для защиты металлических изделий от коррозии.

Эффективность водного экстракта кукурузных рылец (CSWE) в качестве ингибитора коррозии мягкой стали в 0,5M HCl растворе при 303K, 313K и 323K исследовалась в данной работе [12]. Различные концентрации CSWE (5% об./об., 10% об./об. и 15% и 20% об./об.) получали из высушенных кукурузных рылец. Исследование проводилось с использованием анализа потерь веса и ААС. Результаты ААС-анализа совместно с измерениями потери веса на эффективность CSWE в качестве ингибитора коррозии. показали эффективность ингибирования 77,7% и 72,0% соответственно при использовании обоих методов. Эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации CSWE (5% об./об. <10% об./об. <15% < 20% v/v), в то время как скорость коррозии уменьшалась по мере увеличения концентрации. Повышение температуры снижает эффективность ингибирования и CSWE оказались наиболее эффективными при 303K, чем при 313K и 323K. Кинетическое исследование процесса выявило тип реакции первого порядка. По термодинамическим параметрам ингибирование связывали с наличием защитной пленки на поверхности металла за счет взаимодействия молекул ингибитора с ионами металла в растворе. Рассчитанные значения константы скорости реакции составили 0,0234, 0,0818 и 0,104 для холостого раствора и 0,0049, 0,0328, 0,0416 для самой высокой концентрации ингибитора 20% по объему соответственно при различных температуры. Полученные данные подвергались изотермам Ленгмюра, Темкина и Френдлиха. Модель Ленгмюра оказалась наиболее подходящей из трех моделей.

Исследовано влияние концентрации новых поверхностно-активных веществ на основе кукурузного масла на коррозионное поведение углеродистой стали в растворе, насыщенном CO_2 , при различных температурах. [13] Исследовались потеря веса, скорость коррозии LPR и метод экстраполяции катодной и анодной линий Тафеля. Полученные результаты показывают, что изученные поверхностно-активные вещества являются эффективными ингибиторами коррозии углеродистой стали в насыщенном углекислым газом соляном растворе. Эффективность ингибирования (ИЭ, %) увеличивается с увеличением концентрации исследуемого ПАВ. Процесс ингибирования связывают с образованием на поверхности металла адсорбционной пленки, защищающей поверхность от воздействия агрессивного агента. Данные показали, что эффективность ингибирования несколько увеличивается с повышением температуры. Поверхностную активность синтезированных растворов ПАВ определяли с помощью измерений поверхностного натяжения при 25 °C. Установлено, что адсорбция ингибиторов подчиняется изотерме Ленгмюра. Оценивали изменение стандартной энтальпии ΔH_{ads}° , энтропии ΔS_{ads}° и свободной энергии адсорбции; расчетные значения ΔH_{ads}° и ΔG_{ads}° были отрицательными, а значения ΔS_{ads}° — положительными. В основном все приведенные выше результаты свидетельствуют о хемосорбции молекул ПАВ на поверхности металла. Наблюдения за поверхностью электрода с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионной рентгеновской флуоресценции (EDRF) подтвердили существование такой адсорбированной пленки. $^\circ$ и оценены изменения свободной энергии адсорбции; расчетные значения ΔH_{ads}° и ΔG_{ads}° были отрицательными, а значения ΔS_{ads}° — положительными.

В наших работах были приготовлены композиции на основе турбинного масла Т-30 и металлических солей (Co, Zn, Cu, Fe, Mn, Cr, Ni, Ca) жирных кислот кукурузного масла в различных мольных соотношениях и при различных концентрациях. Защитный эффект этих композиций представлен в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты испытаний антикоррозионных свойств приготовленных композиций

Код композиции	Защитный коррозионный эффект, сутки		
	В гидрокамере "Г-4"	В морской воде	В 0.001%-ном растворе H ₂ SO ₄
Турбинное масло Т-30	37	19	14
Х-49	237	99	93
Х-50	241	108	95
Х-51	247	113	97
Х-52	130	78	70
Х-53	147	80	73
Х-54	171	88	82
Х-58	102	62	50
Х-59	109	69	56
Х-60	113	70	65
Х-55	67	33	27
Х-56	71	37	28
Х-57	77	39	30
Х-64	172	84	75
Х-65	177	87	76
Х-66	181	90	79
Х-61	92	51	36
Х-62	100	69	53
Х-63	113	73	59
Х-67	114	77	63
Х-68	122	81	75
Х-69	139	89	78
Х-70	104	68	53
Х-71	117	74	56
Х-72	122	81	71

Установлено, что композиции, приготовленные на основе солей жирных кислот кукурузного масла имеют более низкий коррозионный эффект на металлические пластинки марки «сталь 3», чем аналогичные композиции, приготовленные на основе имидазолинов тех же кислот. Так, при добавлении 5 % имидазолинового производного жирных кислот в состав турбинного масла Т-30 имеет защитный эффект в гидрокамере Г-4 - 140 дней, в морской воде 90 дней, а в 0,001 %-ном растворе мерной кислоты 88 дней. Тогда как композиция Х-49 (турбинное масло Т-30 + Zn соль кислот кукурузного масла при концентрации 95%+5%) имеет защитный эффект 237 дней. Как видно из таблицы эта композиция имеет защитный эффект в морской воде 99 дней, а в 0,001 %-ном растворе серной кислоты соответственно 93 дня.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Patent 20170029960A1. US. 2017. Corrosion inhibitor derived from vegetable oils and it's process of obtaining / Benitez J.L., Cervantes A.T., Martinez A.E., Ordonez N.N. /
2. Khanra A., Srivastava M., Prakash Rai M., Prakash R. Application of Unsaturated Fatty Acid Molecules Derived from Microalgae toward Mild Steel Corrosion Inhibition in HCl Solution: A Novel Approach for Metal-Inhibitor Association // ACS Omega, 2018, Vol. 3, No 10, pp. 12369-12382
3. Mobil N.K., Ghazali M.J., Yeong S.K., Azowa I. Corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid solution using fatty acid derivatives // Journal of Oil Palm Research, 2017, Vol. 29, No 1, pp. 97-109
4. Ismayilov I.T., Stepanov N.A., Efremenko E.N., Abbasov V.M. Evaluation of biocidal properties of vegetable oil-based corrosion inhibitors using bioluminescent enzymatic method // Moscow University Chemistry Bulletin, 2015, Vol. 70, pp. 197-201
5. Swathi P., Kedila R., Seranthimata S., Vijava A, Fatty acids and its Derivatives as Corrosion Inhibitors for Mild Steel - An Overview // Novel Heterocyclic compounds as corrosion inhibitors for steel in concrete, 2017, No 2, pp. 308-345
6. Hany A., Aliyeva L.I., Abbasov V.M., Ismayilov I.T. Application of Some Surfactants Based On Corn Oil as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in CO₂ Environments // NACE - International Corrosion Conference Series, 2013, Orlando, Florida, pp. 2129 -2131
7. Ismayilov I.T., Hany A., Aliyeva L.I., Salmanova Ch.K. Anti-Corrosion Ability of Some Surfactants Based on Corn Oil and Monoethanolamine // American Journal of Applied Chemistry, 2013, N 3, pp. 452-461
8. Ismayilov I.T., Hany A., Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Qasymov E.E. Inhibition Effects Of Some Novel Surfactants Based On Corn Oil And Diethanolamine On Mild Steel Corrosion In Chloride Solutions Saturated With CO₂ // International Journal of Thin Films Science and Technology, 2013, Vol. 2, No 2, pp. 91-105
9. Shefiyev V.M., Abbasov V.M., Mursalov N.I., Azizov R.I. Synthesis of corrosion inhibitors from corn oil fatty acids and study of their adsorption properties // Doklady Akademii Nauk Azerbayjana, 2008, Vol. 64, No 5, pp. 59-62
10. Pat. 8790457 B1 US. 2012. Bio-based corrosion inhibitors / Kharshan M., Furman A., Gillette K., Kean R. /
11. Ayah E., Okorosave-Orubite K., James A.O. Methanolic and Aqueous Extracts of Corn Silk as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid at Different Temperatures // Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 2018, Vol. 22, No 3, pp. 439-451
12. Okorosave-Orubite K., Ngobiri N.C. Corn Silk as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 0.1M HCl Medium // Journal of Applied Chemistry, 2017, Vol. 10, N 3, pp. 51-60
13. Abbasov V.M., Hany A., Aliyeva L.I., Qasymov E.E. A study of the corrosion inhibition of mild steel C1018 in CO₂-saturated brine using some novel surfactants based on corn oil // Egyptian Journal of Petroleum, 2013, Vol. 22, No 4, pp. 213-219

Информация об авторах

Э.Г. Мамедбейли – доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории «Исследование антимикробных свойств и биоповреждений»;

Н.М. Мамедова – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Исследование антимикробных свойств и биоповреждений».

Information about the authors

E.H. Mammadbayli – Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory;

N.M. Mammadova – leading researcher laboratory "Study of antimicrobial properties and biodamage".

УДК 547.541.2.

Нармин Али кызы Мамедова

Институт нефтехимических процессов, Баку, Азербайджан, narmishka@mail.ru

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА

Аннотация. В представленной работе показаны результаты исследований в области применения функционально замещенных производных пальмового масла. Отмечено, что соединения, полученные на основе жирных кислот пальмового масла могут обеспечивать защиту металлических поверхностей от агрессивных химических сред, в частности кислотной, углекислотной и сероводородной коррозии.

Ключевые слова: растительные масла, ингибиторы коррозии, жирные кислоты пальмового масла, зеленая химия

Narmin Ali gizi Mamedova

Institute of Petrochemical Processes, Baku, Azerbaijan, narmishka@mail.ru

CORROSION INHIBITORS BASED ON PALM OIL

Abstract. The presented work shows the results of research in the field of application of functionally substituted derivatives of palm oil. It is noted that compounds derived from fatty acids of sunflower oil can protect metal surfaces from aggressive chemical environments, in particular acid, carbon dioxide and hydrogen sulfide corrosion.

Keywords: vegetable oils, corrosion inhibitors, palm oil fatty acids, green chemistry

Пальмовое масло является одним из самых часто используемых масел в синтезе зеленых ингибиторов коррозии, причем применение находят не только само масло, но и плоды, листья и стебли пальмового дерева. В этой работе нами показаны результаты применения составляющих пальмового масла в производстве зеленых ингибиторов коррозии.

Известно, что органические соединения являются эффективными ингибиторами коррозии благодаря адсорбции молекул и ионов на поверхности металла [1]. Установлено, что степень адсорбции ингибитора зависит от многих факторов, таких как природа поверхностного заряда металла, способ адсорбции ингибитора, химическая структура ингибитора и тип агрессивного раствора. Наличие в химической структуре ингибитора крупных молекул с функциональными группами, содержащими гетероатомы (такие как кислород, азот, сера, фосфор), тройные связи или ароматические кольца, усиливает процесс адсорбции. Наблюдается растущая тенденция к использованию природных ресурсов в качестве ингибиторов коррозии, которые являются экологически чистыми, дешевыми и легкодоступными. В этой работе показано применение пальмового масла в качестве зеленого ингибитора для алюминиевых машинных радиаторов.

Ингибирующее действие гидроксипропилимидазолина, модифицированного пальмовым маслом, на коррозию меди в 1,0 М серной кислоте было изучено с использованием потенциодинамических поляризационных кривых, сопротивления линейной поляризации (LPR) и электрохимической импедансной спектроскопии (EIS) [2]. Модифицированный имидазолин оказался хорошим ингибитором коррозии Cu в кислой среде, при этом его эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением его концентрации, достигая максимального значения при добавлении 10 частей на миллион, но снижалась при дальнейшем увеличении его концентрации. Кроме того, эффективность ингибитора увеличивалась с увеличением времени погружения. Поляризационные кривые показали, что модифицированный имидазолин в большей степени подавляет катодную реакцию

восстановления кислорода, чем анодное растворение, действуя, таким образом, как ингибитор смешанного типа.

Изучено поведение углеродистой стали SAE 1045 в 1 М растворе NaOH, содержащем различные концентрации пальмоядрового масла (ПКО), по потере массы и поляризационным методом. Результаты показали, что коррозия из углеродистой стали в растворе NaOH значительно снижалась в присутствии таких ингибиторов. Эффективность ингибирования возрастает с увеличением концентрации ингибитора. Максимальная эффективность ингибирования ($\approx 96,67\%$) достигается при концентрации ПКО 8 об.%. Этот результат показал, что пальмоядровое масло может действовать как ингибитор коррозии в щелочной среде. Коррозия углеродистой стали уменьшается по мере увеличения концентрации ингибитора [3].

В работе [4] авторы сообщают о применении продуктов реакции жирных кислот на основе сырого пальмового масла и моноэтаноламина в качестве устойчивых ингибиторов коррозии в кислых средах для углеродистых сталей. Продукты реакции идентифицировали на основе анализа FTIR как смесь 2-аминоэтиловых эфиров жирных кислот и N-(2-гидроксиэтил)амидов жирных кислот. Ингибирующее действие этих соединений на коррозию оценивали методами потенциодинамической поляризации в 0,5 М HCl. Смесь эфиров жирных кислот и амидов жирных кислот показала многообещающий потенциал в качестве альтернативного ингибитора коррозии. Было обнаружено, что эффективность ингибирования составляет 80% при концентрации 80 частей на миллион. Термодинамические и кинетические параметры, полученные из графика Тафеля, показали увеличение энергии активации с более высокой концентрацией ингибитора, что привело к снижению скорости коррозии.

Производство пальмового масла является одним из самых высоких в мире, и оно в основном используется в пищевой промышленности и других товарах [5]. В настоящее время большая часть производства пальмового масла предназначена для синтеза биодизельного топлива; однако его использование в приложениях, отличных от пищевой промышленности, ставится под сомнение. Таким образом, для устойчивого развития в данной работе предлагается использование пальмового масла низкого качества для синтеза ингибиторов коррозии. Эффективность синтезированных ингибиторов оценивали с использованием электрохимических методов, таких как измерение потенциала разомкнутой цепи, сопротивление линейной поляризации и спектроскопия электрохимического импеданса. Результаты показывают, что жирные амиды пальмового масла являются превосходными ингибиторами коррозии с эффективностью защиты более 98%. Молекулы жирных амидов действуют как катодные ингибиторы, уменьшая анодное растворение железа. При добавлении жирных амидов происходит быстрое снижение скорости коррозии из-за быстрого образования молекулярной пленки на поверхности углеродистой стали. В процессе адсорбции ингибитора происходит самоорганизация углеводородных цепей с образованием плотной гидрофобной пленки. Эти результаты показывают, что использование пальмового масла для производства ингибиторов зелени обещает стать отличной альтернативой устойчивому использованию производства пальмового масла.

Гидроксиэтилимидазолин, модифицированный пальмовым маслом, использовался в качестве ингибитора коррозии для Cu в 3,5% растворе NaCl с использованием кривых потенциодинамической поляризации, измерения сопротивления линейной поляризации (LPR) и спектроскопии электрохимического импеданса (EIS) [6]. Результаты показали, что модифицированный имидазолин действует как хороший ингибитор Cu, и его эффективность увеличивается с увеличением его концентрации и времени воздействия. Было обнаружено, что модифицированный имидазолин содержит соединения с гетероатомами в их молекулярной структуре, которые действуют как центры для химической адсорбции на поверхности Cu, следуя изотерме типа Ленгмюра, с образованием защитных продуктов коррозии.

В работе [7] синтезированы новые ПАВ типа производных жирных кислот на основе пальмового масла и исследовано их ингибирующее действие против коррозии углеродистой стали в насыщенном CO_2 1% растворе NaCl при 50°C . Дано подробное исследование ПАВ как ингибиторов коррозии. с использованием поляризационных кривых и методов спектроскопии электрохимического импеданса. Эффективность ингибирования, полученная с помощью двух используемых способов, почти одинакова. Результаты показывают, что исследованные поверхностно-активные вещества являются хорошими ингибиторами, а их эффективность ингибирования достигает 98,95% при 100 ч/млн для ингибитора V. Высокая эффективность ингибирования объясняется простым блокирующим эффектом за счет адсорбции молекул ингибитора на поверхности стали. Поверхностную активность синтезированных растворов ПАВ определяли по измерениям поверхностного натяжения при 25°C . Установлено, что адсорбция ингибиторов на поверхности углеродистой стали подчиняется изотерме адсорбции Ленгмюра и хемосорбции. С помощью квантово-химических расчетов исследована корреляция между эффективностью ингибирования исследуемых поверхностно-активных веществ и их молекулярной структурой. Полученные теоретические результаты были подтверждены нашими экспериментальными данными.

Сообщается [8], что для изучения ингибирования коррозии низкоуглеродистой стали в 1% NaCl , насыщенном CO_2 , некоторыми новыми поверхностно-активными веществами типа производных жирных кислот, синтезированных на основе пальмового масла и моноэтаноламина, были проведены измерения скорости потенциодинамической поляризации и сопротивления линейной поляризации. Было измерено поверхностное натяжение при 298 К; рассчитана критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) и некоторые поверхностно-активные параметры. Было обнаружено, что эффективность ингибирования возрастает с увеличением концентрации. Полученные результаты показывают, что приготовленные ПАВ действуют как ингибиторы смешанного типа. Ингибирующее действие этих соединений объясняли адсорбцией на поверхности металла. Процесс адсорбции следует изотерме адсорбции Ленгмюра. Были рассчитаны и обсуждены некоторые активированные термодинамические параметры.

В работе [9] сообщается о сравнительных структурных характеристиках автогидролизованного этанолорганосольвентного лигнина (АН EOL) листьев масличной пальмы (OPF) и модифицированного этанолосольвентного лигнина путем включения органического поглотителя: п-гидроксиацетофенона (АНР EOL). Кроме того, антиоксидантные свойства модифицированного лигнина проявляют лучшую восстановительную активность по сравнению с немодифицированным лигнином. Ингибирующее действие на коррозию низкоуглеродистой стали в 0,5 М растворе HCl с добавлением обоих типов лигнина и без него изучали с использованием методов измерения коррозии. Выявлено, что скорость коррозии низкоуглеродистой стали снижается в присутствии ингибиторов лигнина с наибольшей эффективностью ингибирования, IE достигается при концентрации 500 ppm для обоих образцов лигнина (IEАНР EOL: 82,83 % > IEАН EOL: 71,90 %). Адсорбционные и термодинамические данные показали, что ингибиторы физически адсорбировались (физисорбция) на поверхности мягкой стали. Анализ СЭМ показал, что морфология поверхности мягкой стали в присутствии модифицированного лигнина улучшилась.

Показано [10], что листья масличной пальмы (*Elaeis guineensis Jacq.*) образуются как отходы при сборе плодов масличной пальмы. Он в основном состоит из целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы. Лигнины, как и другие полифенолы, являются мощными поглотителями свободных радикалов и считаются ценным источником антиоксидантных фенольных соединений. Цель состояла в том, чтобы количественно оценить антиоксидантные свойства лигнинов, извлеченных из биомассы масличной пальмы с использованием крафт-, содовой и органосольвентной варки. Также был оценен потенциал экстрагированных лигнинов в качестве ингибиторов коррозии мягкой стали. Измельченные и высушенные листья

масличной пальмы размером 1–3 мм подвергали крафт-, содовой и органосольвентной варке в роторных варочных котлах. Экстрагированный лигнин был охарактеризован и измерено поглощение кислорода. Антикоррозионные свойства экстрагированных лигнинов контролировали с помощью электрохимических измерений и анализа поверхности. Установлено, что лигнины, экстрагированные содой, проявляли самую высокую антиоксидантную активность по сравнению с крафт- и этанолорганосольвентными лигнинами. Наибольшее торможение коррозии низкоуглеродистой стали было достигнуто в присутствии содово-экстрактных лигнинов. Таким образом, листья масличной пальмы являются потенциальными источниками лигнинов, которые можно использовать в качестве зеленого антиоксиданта для замедления коррозии мягкой стали.

Исследование [11] было направлено на разработку таблетки ингибитора гемицеллюлозы из пустых плодов пальмового масла (EFB-H) с контролируемым высвобождением для мягкой стали в 1 М HCl. Поскольку растительные экстракты имеют тенденцию портиться при более длительном времени погружения, что ограничивает их промышленное применение, мы попытались увеличить время ингибирования, сформировав таблетку ингибитора с контролируемым высвобождением. Электрохимические методы (потенциодинамическая поляризация (PDP) и спектроскопия электрохимического импеданса (EIS)) были использованы для исследования эффективности и механизма ингибирования. Оптимальную дозировку и время погружения определяли с помощью метода поверхности отклика (RSM). Таблетка EFB-H была составлена с использованием D-оптимальной смеси, и ее антикоррозионное действие при продолжительном погружении сравнивали с порошком EFB-H. Измерение PDP показало, что EFB-H является ингибитором смешанного типа. Оптимизация RSM показала, что оптимальная точка максимальной эффективности ингибирования (87,11%) приходится на 0,33 г EFB-H и время погружения 120 часов. Таблетка T3 с соотношением EFB-H к гуммиарабику и гидроксипропилметилцеллюлозе 66:0:34 продемонстрировала наилучшие показатели прочности на разрыв (0,243 МПа), времени дезинтеграции (152 мин) и поведения при растворении. Таблетка EFB-H проявляла более продолжительный ингибирующий эффект, чем порошок, который составлял 360 часов по сравнению со 120 часами для порошка. В целом, таблетка EFB-H была успешно разработана, и экспериментально доказано ее увеличенное эффективное время ингибирования. время дезинтеграции (152 мин) и поведение при растворении.

Ингибирующее действие ультрафильтрованных лигнинов листьев масличной пальмы (OPF) на коррозию низкоуглеродистой стали в 0,5 М растворе HCl было исследовано с помощью спектроскопии электрохимического импеданса (EIS), потенциодинамической поляризации (PP) и измерения потери веса [12]. Присутствие более мелких фракций лигнина заметно снижает скорость коррозии мягкой стали. Наивысшая эффективность ингибирования коррозии для всех ультрафильтрованных лигнинов была достигнута при максимальной концентрации 500 частей на миллион (ИЭП.Сода: 87 % > ИЭП.Органосольв: 83 % > ИЭП.Крафт: 81 %). Результаты этого испытания на коррозию ясно показывают, что все ультрафильтрованные лигнины вели себя как ингибиторы смешанного типа с преимущественной анодной (органосольвентный лигнин) или катодной (щелочной лигнин) эффективностью.

В работе [13] с помощью гравиметрического и потенциодинамического поляризационных методов было исследовано ингибирование коррозии пальмоядровым маслом (РКО) в 1М HCl и 1М NaOH на мягкой стали. Катодная и анодная константы Тафеля изменялись в присутствии РКО; предполагая, что подавление необходимой для коррозии окислительно-восстановительной реакции связано с эффектом адсорбции ингибитора на поверхности металла. Плотность тока снижается с увеличением количества РКО в обоих средах, что приводит к снижению скорости коррозии. Скорость коррозии испытанных образцов из мягкой стали снижалась с увеличением количества РКО в обеих испытательных

средах. Как было замечено, максимальная эффективность ингибитора 97,8% наблюдалась при концентрации ингибитора РКО 0,5% в 1М HCl; эффективность ингибитора 98,8 % достигалась при концентрации РКО 0,6 % в 1 М растворе NaOH.

Большинство ингибиторов коррозии, используемых в промышленности, вредны для окружающей среды и здоровья. Поэтому необходимо развивать спрос на нетоксичные экологически безопасные ингибиторы коррозии. Олеохимические вещества представляют собой экологически безопасный класс органических соединений из-за их нетоксичной природы. Эти соединения могут легко заменить коммерческие ингибиторы в качестве экологически безопасных ингибиторов коррозии благодаря своей нетоксичности. Кроме того, они могут служить потенциальными ингибиторами коррозии благодаря наличию гетероатомов. В настоящей главе книги дается обзор олеохимических веществ и их промышленного использования в качестве эффективных ингибиторов коррозии. В настоящей работе продемонстрированы синтез, методы оценки и структурное влияние на тормозное поведение [14].

Показано [15], что недавние экологические проблемы вызвали потребность в экологически чистой жидкости для кислотной обработки, которая способна заменить дизельное топливо в качестве масляной фазы в жидкостях для кислотной обработки на основе эмульсии. Для этого он должен обеспечивать не только замедление кислотной реакции на поверхности горной породы, но также обеспечивать подходящие характеристики ингибирования, которые могут снизить степень коррозии, возникающей из-за кислотной обработки. В этой статье эмульгированные кислоты получают из триглицеридных масел, а именно; масло *Jatropha curcas* и пальмовое масло были протестированы на ингибирование коррозии по сравнению с дизельным топливом на основе эмульгированной кислоты и 15 мас.% HCl. Эмульсия, приготовленная с маслом *Jatropha curcas* и пальмового масла, показала способность заменить дизельное топливо в качестве жизнеспособного и экологически безопасного заменителя масляной фазы в эмульгированных кислотах.

В наших работах были приготовлены композиции на основе жирных кислот, выделенных из пальмового масла методом щелочного гидролиза. На основе полученных жирных кислот пальмового масла были получены различные металлические соли и подготовлены композиции на основе синтезированных солей кислот пальмового масла и турбинного масла Т-30. Изучен их антикоррозионный эффект в отношении стальной пластинки в трех различных агрессивных средах, в частности в гидрокамере Г-4, в морской воде и в 0,011 %-ном растворе серной кислоты. Были получены обнадеживающие результаты, которые позволяют рекомендовать полученные композиции в качестве ингибиторов коррозии стали

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Junaidah J. Palm oil as Corrosion Inhibitor for Aluminium Car Radiator // Developments in Corrosion Protection, 2014, 273 p.
2. Gonsalez-Rodriguez J.G., Porsayo-Calderon J., Velez E., Escalera M. Palm Oil-Based Imidazoline as Corrosion Inhibitor for Copper in 1.0 M H₂SO₄ // Journal of Advanced Electrochemistry, 2016, Vol. 2, No 3, pp. 97-102
3. Zulkafli M.Y., Othman N.K., Lazim A.M. Inhibitive effects of palm kernel oil on carbon steel corrosion by alkaline solution // AIP Conference Proceedings, 2013, Vol. 42, pp.1571-1576
4. Makrus M.A., Irawadi T., Darmawan N., Khotib M. Reaction Products of Crude Palm Oil-based Fatty Acids and Monoethanolamine as Corrosion Inhibitors of Carbon Steel // Makara Journal of Science, 2019, Vol. 23, No 3, pp. 155-161
5. Porcayo-Calderon J., Rivera-Minoz E.M., Peza-Ledesma C., Csales-Diaz M. Sustainable Development of Palm Oil: Synthesis and Electrochemical Performance of Corrosion Inhibitors //Journal of Electrochemical Science and Technology, 2017, Vol. 8, No 2, pp. 133-145

6. Gonsalez-Rodriquez J.G., Porcayo-Calderon J., Vazquez-Velez E., Escalera M. Use of a Palm Oil-Based Imidazoline as Corrosion Inhibitor for Copper in 3.5% NaCl Solution // International Journal of Electrochemical Science, 2016, Vol. 11, N 9, pp. 8132-8144
7. Hany A., Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Qasymov E.E. Inhibition of carbon steel corrosion in CO₂-saturated brine using some newly surfactants based on palm oil: Experimental and theoretical investigations // Materials Chemistry and Physics, 2013, Vol. 142, N 2-3, pp. 502-512
8. Ismayilov I.T., Hany A., Abbasov V.M., Efremenko E.N., Aliyeva L.I. Novel Synthesized Surfactants Based on Palm Oil and Monoethanolamine as Corrosion Inhibitors for Mild Steel in CO₂ Environments // American Journal of Chemistry 2014, Vol. 4, No 5, pp. 155-165
9. Hazwan M., Hussin B., Hanis N., Latif A. Corrosion Inhibition Of Mild Steel By Chemically Modified Lignin: Green corrosion inhibitor from oil palm biomass waste // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018, 104 p.
10. Hazwan H., Affaizza Sh., Afidah R., Mohamad M. Antioxidant and anticorrosive properties of oil palm frond lignins extracted with different techniques // Annals of FOREST Science, 2015, Vol. 72, pp. 17-26
11. Nabilah N., Sobri Sh., Yusof Y.A., Kassim N.K. Innovative Method for Longer Effective Corrosion Inhibition Time: Controlled Release Oil Palm Empty Fruit Bunch Hemicellulose Inhibitor Tablet // Materials, 2021, Vol. 14, No 19, pp. 5657-5672
12. Hussin M.H., Rahim A., Brosse N., Ibrahim M. The capability of ultrafiltrated alkaline and organosolv oil palm (*Elaeis guineensis*) fronds lignin as green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M HCl solution // Measurement, 2016, Vol. 78, No 2, pp. 90-103
13. Bodude M.A., Adigun O.D., Nnaji R.N., Avoola W.A. Evaluation of palm kernel oil as eco-friendly inhibitor against corrosion of mild steel in acidic and alkaline media // Journal of Trends in Science and Technology, 2022, Vol. 7, No 2, pp. 679-682
14. Ansari F., Chauban D., Mumtaz Q. Oleochemicals as Corrosion Inhibitors // Organic Corrosion Inhibitors, 2021, pp. 343-369
15. Yonsufi M., Mohyaldin M., Moniruzzaman M. Comparative Analysis of Corrosion Inhibition: Between Jatropha curcas, Palm and Diesel Oil based Emulsified Acids for Acid Stimulation Operations // IOP Conference Series EARTH AND Environmental Science, 2018, Vol. 164, No 1, pp. 12006-120010

Информация об авторах

Н.М. Мамедова – кандидат химических наук, ведущий научный специалист лаборатории «Исследование антимикробных свойств и биоповреждений».

Information about the authors

N.M. Mamedova – leading researcher "Study of antimicrobial properties and biodamage".

УДК 547.541.2.

Афаг Ярдым гызы Меликова

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку,
Азербайджан, a_melikova@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТУРБИДИМЕТРИИ И НЕФЕЛОМЕТРИИ В БИОМЕДИЦИНЕ

Аннотация. Представлены результаты исследований в области применения методов турбидиметрии и нефелометрии в биомедицине. Показано, что эти методы могут использоваться для определения белков, иммуноглобулинов, фибриногенов и других медицинских препаратов.

Ключевые слова: турбидиметрия, нефелометрия, биомедицинские исследования, белки, иммуноглобулины, нефелометр

Afaq Yardym Malikova

*Azerbaijan State University of Oil and Construction, Baku, Azerbaijan,
a_melikova@mail.ru*

APPLICATION OF TURBIDIMETRY AND NEPHELOMETRY IN BIOMEDICINE

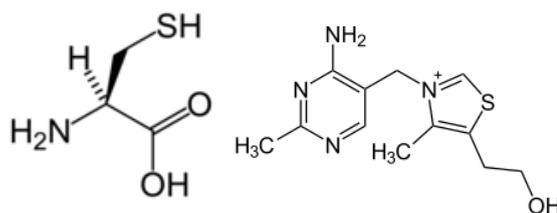
Abstract. The results of research in the field of application of turbidimetry and nephelometry methods in biomedicine are presented. It has been shown that these methods can be used to determine proteins, immunoglobulins, fibrinogens, and other medical preparations.

Key words: turbidimetry, nephelometry, biomedical research, proteins, immunoglobulins, nephelometer

Турбидиметрия представляет собой метод количественного анализа состава и свойств веществ, основанный на измерении количества света, поглощаемого подкрашенной суспензией. Принцип этого метода основан на измерении интенсивности света определённой длины волны, прошедшего через кювету содержащую коллоидный раствор, чаще всего через суспензию, образованную частицами определяемого вещества.

Нефелометрия (от др.-греч. νεφέλη — «облако» и μετρέω — «измеряю») представляет собой метод исследования и анализа вещества по интенсивности светового потока, рассеиваемого взвешенными частицами данного вещества. Интенсивность рассеянного светового потока зависит от множества факторов, в частности от концентрации частиц в анализируемой пробе. Большое значение при нефелометрии имеет объём частиц, рассеивающих свет. Важное требование к реакциям, применяемым при нефелометрии, заключается в том, что продукт реакции должен быть практически нерастворим и представлять собой суспензию (взвесь). Для удержания твёрдых частиц во взвешенном состоянии применяются различные стабилизаторы (например, желатин), предотвращающие коагуляцию частиц. Оба этих методов находят широкое применение в биомедицине. Так, в работе [1] сообщается, что нефелометрия и турбидиметрия — это аналитические методы, в которых используются приборы, определяющие количество взвешенных частиц в жидкости или газе путем измерения величины рассеяния светового луча под разными углами. Количественное определение концентрации аналитов, таких как иммуноглобулины (IgG, IgA и IgM) и другие белки (амилоиды) в сыворотке крови человека, обычно выполняется в лаборатории клинической иммунологии с помощью нефелометрии или турбидиметрии

Предлагается последовательный турбидиметрический и нефелометрический анализ (STN) для двух различных аналитических приложений с использованием портативного микроуправляемого турбидиметра и нефелометра, основанного на светоизлучающих диодах, фотодиодах и микроконтроллере в качестве центрального процессора с ЖК-дисплеем (жидкокристаллическим дисплеем) в качестве устройства отображения. Для определения N-ацетилцистеина применяли методы STN и две аналитические кривые в диапазонах концентраций от $8,0 \times 10^{-5}$ до $5,0 \times 10^{-3}$ моль/л и от $5,0 \times 10^{-5}$ до $1,2 \times 10^{-3}$ моль/л были получены на нефелометрию и турбидиметрию соответственно. Для этих процедур были получены пределы обнаружения (LOD) $2,6 \times 10^{-6}$ и $7,5 \times 10^{-6}$ моль/л. Также были выполнены STN-анализы для определения тиамин и две аналитические кривые в диапазонах концентраций от $5,0 \times 10^{-6}$ до $2,5 \times 10^{-4}$ моль/л и от $5,0 \times 10^{-6}$ до $1,0 \times 10^{-4}$ моль/л. с LOD $5,91 \times 10^{-8}$ и $3,11 \times 10^{-8}$ моль/л были получены для нефелометрии и турбидиметрии соответственно.



цистеин тиамин

В работе [3] рассмотрена модель оптического прибора для измерения концентрации угольной пыли в шахтах на основе турбидиметрического и нефелометрического методов. Приведены расчетные данные интенсивности прошедших и рассеянных волн в зависимости от концентрации угольной пыли и размера частиц угольной пыли.

Показано [4], что микроальбуминурия является индикатором поражения почек и фактором риска прогрессирования заболевания почек, сердечно-сосудистых заболеваний и т.д. Таким образом, точное измерение альбумина в моче имеет решающее значение. Однако не существует эталонных процедур измерения и эталонных материалов для определения альбумина в моче. Нефелометрия, турбидиметрия, метод коллоидного золота, радиоиммуноанализ и иммунохемилюминесцентный анализ были выполнены для методологической оценки, основанной на тесте на неточность, скорости извлечения, линейности, частоте интерференции гемоглобина и подтвержденном референтном интервале. Затем авторы проверили 40 образцов мочи больных диабетом каждым методом и сравнили результаты между анализами. Результаты показывают, что нефелометрия является методом с лучшими аналитическими характеристиками среди пяти методов, со средним внутрианалитическим коэффициентом вариации (CV) 2,6 %, средним межаналитическим CV 1,7 %, средним извлечением 99,6%, линейностью $R = 1,00$ от 2 до 250 мг/л и уровень интерференции <10% при концентрации гемоглобина <1,82 г/л. Корреляция (r) между анализами составляла от 0,701 до 0,982, а графики Бланда-Альтмана указывали, что каждый анализ дает значительно отличающиеся друг от друга результаты. Таким образом, нефелометрия является клиническим методом определения альбумина в моче с лучшими аналитическими характеристиками в этом исследовании.

В работе [5] продемонстрирован недорогой многоцелевой прибор для измерения мутности, колориметра и нефелометра (TCN), применимый для студентов, аспирантов и исследовательских лабораторий. В инструменте используется простая и надежная электроника, а звуковая карта ПК используется в качестве аналого-цифрового преобразователя. Работоспособность прибора оценивали путем измерения содержания сульфатов в воде. Анализы сравнивали с УФ/видимым спектрофотометром исследовательского класса. Несмотря на свою простоту, прибор оказался интересным и жизнеспособным средством для практического обучения в студенческих лабораториях.

Сообщается [6], что определение мутности очень распространено при контроле питьевой воды. Кроме того, измерения мутности применяются в химической (например, при мониторинге процессов), фармацевтической (например, при разработке лекарств) и пищевой промышленности (например, при фильтрации вина и пива). Наиболее распространенным методом измерения является нефелометрическая турбидиметрия. Нефелометр — это прибор для измерения количества света, рассеянного взвешенными частицами в жидкости, с помощью источника света и светоприемника, ориентированных под углом 90° друг к другу. Имеющиеся в продаже нефелометры обычно стоят — в зависимости от измеряемого диапазона, надежности и точности — тысячи евро. Напротив, новый разработанный авторами работы нефелометр на основе линз GRIN, названный GRINephy, сочетает в себе низкую стоимость с превосходной воспроизводимостью и точностью даже при очень низких уровнях мутности, что достигается за счет его способности вращать образец. Таким образом, можно измерить множество положений кюветы, что приводит к более точному среднему значению мутности, рассчитанному с помощью алгоритма, который также устраняет ошибки, вызванные царапинами и загрязнениями на кюветах. С новым компактным и дешевым датчиком на базе Arduino можно измерять в диапазоне 0,1–1000 NTU и подтверждать соответствие ISO 7027-1:2016 низким значениям мутности.

Авторы работы [7] демонстрируют разработку и применение недорогой системы мутномера для смартфонов, которая будет использоваться для проб воды, взятых из природных ресурсов. Предлагаемая система зависит от спектроскопических измерений как прямого, так и бокового рассеяния света. С помощью 3D-печати была изготовлена специально разработанная подставка, а пластиковые оптические волокна использовались для передачи света от встроенной вспышки смартфона и передачи собранного рассеянного света на датчик камеры. Параметры производительности мутномера для смартфона были исследованы и сравнены с коммерческими системами, и было обнаружено, что самый низкий предел обнаружения составляет 5,58 NTU для обнаружения прямого рассеяния. Результаты, полученные в предлагаемом спектроскопическом мутномере на основе рассеянного света, и практичность этого чрезвычайно недорогого устройства окажут большое влияние на науку и технику о воде.

В работе [8] авторы сообщают о кинетическом исследовании реакции иммунопреципитации с участием иммуноглобулинов G, A и M. Они использовали перемешивание с остановленным потоком, адаптированное для одновременного мониторинга нефелометрических и турбидиметрических сигналов для некоторых исследований, и центробежное перемешивание для других. Переменными, оказывающими наиболее значительное влияние на кинетические ответы в областях избытка антител и избытка антигена, являются концентрация полиэтиленгликоля, ионная сила и отношение антигена к антителу. Авторы документируют влияние этих переменных на максимальные скорости и изменения сигнала за фиксированный интервал времени для обоих режимов мониторинга и на максимальное изменение сигнала для нефелометрии. Мы используем методологию поверхности отклика, чтобы помочь определить интерактивные эффекты между этими переменными (полиэтиленгликоль, NaCl, концентрации антител) и выбрать наилучшую комбинацию для количественного определения антигена во всех областях кривой иммунопреципитации. Авторы также наблюдали, что турбидиметрические отклики более воспроизводимы и намного проще, чем нефелометрические отклики. Обсуждается значение этих результатов для количественного определения иммуноглобулинов.

Сообщается [9], что турбидиметрия — это лабораторный метод, который применяется для измерения агрегации тромбоцитов, взвешенных либо в плазме (обогащенная тромбоцитами плазма, PRP), либо в буфере (промытые тромбоциты) с использованием одного или комбинации агонистов. Использование отмытых тромбоцитов, отделенных от окружающей их плазмы, и в отсутствие антикоагулянтов позволяет изучить внутренние свойства тромбоцитов. Среди большого набора агонистов наиболее часто используются

арахидоновая кислота (АК), аденозиндифосфат (АДФ), тромбин и коллаген. Реакция агрегации количественно оценивается путем измерения относительной оптической плотности (OD) суспензии тромбоцитов во времени при постоянном перемешивании. Тромбоциты в гомогенной суспензии ограничивают прохождение света после добавления агониста, происходит изменение формы тромбоцитов, что приводит к небольшому временному увеличению OD. После этого начального этапа активации постепенно образуются сгустки тромбоцитов, что позволяет свету проходить через суспензию в результате снижения ОП. Процесс агрегации в конечном итоге выражается в процентах по сравнению с ОП бедной тромбоцитами плазмы или буфера. Таким образом, в начале каждого эксперимента необходима строгая калибровка. Как правило, калибровка на 0% устанавливается путем измерения ОП нестимулированной суспензии тромбоцитов, в то время как измерение ОП суспензионной среды, не содержащей тромбоцитов, соответствует значению 100%. Агрегацию тромбоцитов обычно визуализируют в виде кривой агрегации в реальном времени. Турбидиметрия является одним из наиболее часто используемых лабораторных методов исследования функции тромбоцитов и считается историческим золотым стандартом и используется для разработки новых фармацевтических средств, направленных на ингибирование агрегации тромбоцитов. В этой работе авторы описывают подробные протоколы для подготовки промытых тромбоцитов человека и турбидиметрического анализа индуцированной коллагеном агрегации промытых тромбоцитов человека, предварительно обработанных пищевым красителем *Brilliant Blue FCF*, который был недавно идентифицирован как ингибитор каналов *Pannexin1* (Panx1).

Целью исследования [10] было оценить взаимозаменяемость нефелометрического (иммуноанализ), фона Клаусса и оптического анализов на фибриноген. Когда был проведен нефелометрический анализ по сравнению с любым из двух функциональных анализов (199 образцов) и когда сравнили фон Клаусс и оптический методы (879 образцов), корреляция Пирсона и внутриклассовая корреляция были от 0,96 до 0,97. Однако были статистически значимые отклонения ($P < 0,001$); в среднем отношение нефелометрических значений к функциональным значениям составило 1,05 до 1,07, а среднее оптическое отношение к анализу фон Клауса составляло 1,05 (данные проанализированы как журналы и выражены как антилогарифмы). 95-процентные пределы согласия показали, что 5 % соотношений фон Клауса и оптические методы находились за пределами диапазона от 0,83 до 1,32. Анализы ограничены случаями со значением фибриногена менее 2,0 г/л приводило к несколько большей систематической ошибке и более высоким верхним пределам согласия. Таким образом, нефелометрический метод может успешно быть применен для анализа фибриногена.

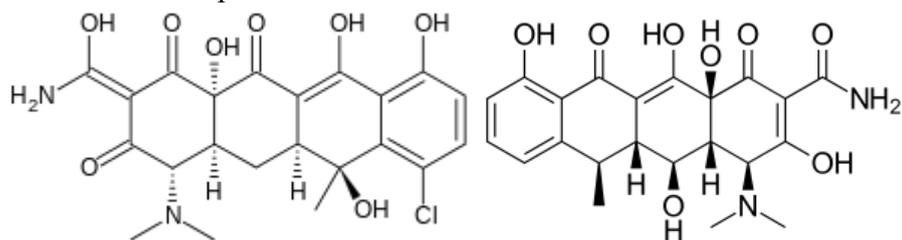
Для турбидиметрических и нефелометрических измерений разработаны два миниатюрных и компактных оптоэлектронных прибора, изготовленных путем интеграции светодиодов [11]. Эти устройства работают по принципу пары эмиттер-детектор-диод (PEDD). Детекторы были охарактеризованы с использованием анализа бычьего сывороточного альбумина и белка Eхtop в качестве модельного аналита и модельного аналитического метода соответственно. Разработанные детекторы адаптированы для проведения измерений в условиях проточно-инжекционного анализа (ППИ). В оптимизированных условиях турбидиметрическая проточная система предлагает диапазон линейного отклика до 400 мг/л с пределом обнаружения 20 мг/л. Линейный диапазон и предел обнаружения, найденные для оптимизированной нефелометрической системы FIA, составляют 15–500 мг/л и 8 мг/л соответственно. Системы ФИА на основе PEDD с детектором, работающим по обоим режимам измерения, успешно применяются для анализа мочи, обеспечивая определение общего белка на физиологическом и патологическом уровнях с высокой производительностью (более 60 инъекций в час).

В работе [12] описывается разработка и испытания недорогого нефелометра на основе светодиодов (LED) для анализа мутности. В нем также описывается использование этого

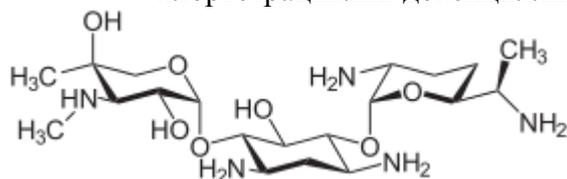
нефелометра для экспериментов по контекстному обучению (CBL), предназначенных для учебных лабораторий. Светодиодный нефелометр прост, недорог и надежен и дает такие же результаты, как и коммерческое устройство. Сбор и анализ данных выполняются быстро и интуитивно, что дает время и возможность для обсуждения аналитического процесса и задействованных химических процессов. Описанные здесь эксперименты основаны на реальных приложениях, чтобы подчеркнуть полезность химического анализа и количественного определения мутности в повседневной жизни.

Опалесценция биофармацевтических растворов может указывать на субоптимальную коллоидную стабильность и, следовательно, обычно является нежелательным признаком, который требует изучения и, возможно, исправления [13]. Несмотря на то, что для измерения опалесценции доступно множество вариантов приборов, возможности сравнения разных приборов и подробные сведения об аналитических погрешностях ограничены. В этой работе авторы выделяют основные результаты исследования с использованием нескольких приборов, в котором объясняются различия в сообщаемых значениях опалесценции с особым акцентом на то, как оптическая конфигурация и свойства детектора каждого прибора влияют на отклик образца и первичные стандарты формазина, необходимые для калибровки прибора. При этом охарактеризовано и представлено распределение частиц по размерам, зависящие от угла свойства светорассеяния и показатель преломления первичного эталонного материала формазина. Наконец, расширенное применение прибора для рассеяния света под углом 90° представлено как подходящий подход для проведения нефелометрических измерений опалесценции в малом объеме с контролируемой температурой. Кроме того, мы демонстрируем, как этот подход позволяет одновременно оценивать ключевые физические свойства, такие как гидродинамический размер, которые имеют отношение к исследованиям опалесцирующих биофармацевтических препаратов, но исторически требовали использования отдельных инструментов. Представленные здесь результаты устраняют основные пробелы в знаниях и открывают возможности для повышения эффективности и межлабораторной сопоставимости измерений опалесценции биофармацевтических препаратов.

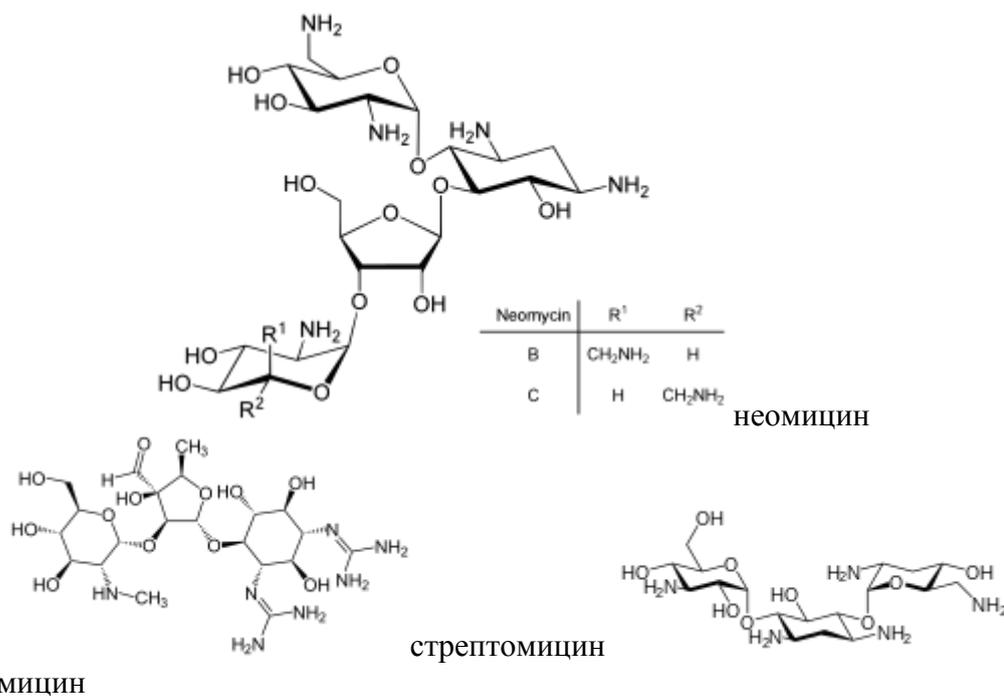
Отмечается [14], что большое количество антибиотиков, а именно: хлортетрациклин, доксицилин, гентамицин, неомицин, стрептомицин, тобрамицин и т.п., можно определить тубидиметрически с довольно хорошей точностью.



хлортетрациклин доксициллин



гентамицин



Таким образом, представленный литературный обзор показывает, что турбидиметрический и нефелометрический анализы являются важными для биомедицинских и фармакологических исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hamilton R.G. Methods (In Vitro and In Vivo): Nephelometry and Turbidimetry // Encyclopedia of Medical Immunology. 2014. N 1. Pp. 484-486
2. Santos V., Guerreiro T., Suarez W., Orlando R. Evaluation of turbidimetric and nephelometric techniques for analytical determination of n-acetylcysteine and thiamine in pharmaceutical formulations employing a lab-made portable microcontrolled turbidimeter and nephelometer // J. Braz. Chem. Soc. 2011. Vol. 22. N 10. Pp. 119-126
3. Yushchenko V.P., Legky V.N., Demidov D.E. Nephelometry and turbidimetry to assess concentration and dispersion of coal dust in mines // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Volume 134. Pp. 12070-120702
4. Liu R., Gang L., Cui X-F., Dong L. Methodological evaluation and comparison of five urinary albumin measurements // J. Clin. Lab. Anal. 2011. Vol. 25. N 5. Pp. 324-329
5. Kovacic M., Asperger D. Low-Cost Turbidimeter, Colorimeter, and Nephelometer for the Student Laboratory // J. Chem. Educ. 2019. Vol. 96. N 11. Pp. 2649-2654
6. Metzger M., Konrad A., Blendinger F., Modler A. Low-Cost GRIN-Lens-Based Nephelometric Turbidity Sensing in the Range of 0.1–1000 NTU // Sensors. 2018. Vol. 18. N 4. Pp. 1115-1119
7. Bayram A., Yalcin E., Demic S., Gunduz S. Development and application of a low-cost smartphone-based turbidimeter using scattered light // Applied Optics. 2018. Vol. 57. N 21. Pp. 5935-5940
8. Skoug J.W., Pardue H.L. Effects of reaction variables on nephelometric and turbidimetric responses for the immunochemical reaction of immunoglobulin G // Clin. Chem. 1988. Vol. 34. N 2. Pp. 300-308
9. Molica F., Nolli S., Fontana P., Kwak B.R. Turbidimetry on Human Washed Platelets: The Effect of the Pannexin1-inhibitor Brilliant Blue FCF on Collagen-induced Aggregation // J. Vis. Exp. 2017. Vol. 122. N 6. Pp. 55525-55529

10. Magnani B., Fenton T., Gathylapp M.T., Brugnara C. Degree of Agreement in Plasma Fibrinogen Among Two Functional and One Immunonephelometric Assays // Coagulation and Transfusion Medicine. 1997. N 5. Pp. 527-533
11. Strzelak K., Koncki R. Nephelometry and turbidimetry with paired emitter detector diodes and their application for determination of total urinary protein // Analytica Chimica Acta. 2013. Vol. 788. N 7. Pp. 68-73
12. O-Donoghue J., Fitzsimmons L. Simplified Low-Cost LED Nephelometer and Turbidity Experiments for Practical Teaching // J. Chem. Educ. 2022. Vol. 99. N 3. Pp. 1304-1312
13. Barros M., Zhang X., Kenrick S., Valente J. Opalescence Measurements – Improvements in Fundamental Knowledge, Identifying Sources of Analytical Biases and Advanced Applications for the development of therapeutic proteins // Journal of Pharmaceutical Sciences. 2021. N 7. Pp. 13-20
14. Assay of Antibiotics by Turbidimetric (or Nephelometric) Methods // Chapter Pharmaceutical Microbiology. 2016. 357 p.

Информация об авторах

А.Я. Меликова – кандидат химических наук, доцент кафедры «Технология неорганических веществ».

Information about the authors

A.Y. Malikova – Ph.D., Associate Professor of the Department "Technology of inorganic substances".

УДК 547.541.2.

Мирза Мамед оглу Мовсумзаде¹, Эльбей Расим оглу Бабаев²

^{1,2} *Институт химии присадок Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан*

¹ *m_movsumzade@mail.ru*

² *elbeibabaev@yahoo.de*

Автор, ответственный за переписку: Мирза Мамед оглу Мовсумзаде, m_movsumzade@mail.ru

СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЦИДНЫХ ПРИСАДОК

Аннотация. В рассмотренной статье представлены результаты исследований в области применения биоцидных присадок в качестве добавок к топливам и маслам. Показана необходимость добавления биоцидов в состав топлив и масел, а также рассмотрены перспективы их применения в нефтехимической промышленности.

Ключевые слова: биоцидные добавки, топлива, масла, присадки

Mirza M. Movsumzade¹, Elbey R. Babayev²

^{1,2} *Institute of Chemistry of Additives of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

¹ *m_movsumzade@mail.ru*

² *elbeibabaev@yahoo.de*

Corresponding author: Mirza M. Movsumzade, m_movsumzade@mail.ru

PROPERTIES AND APPLICATIONS OF BIOCIDAL ADDITIVES

Abstract. The reviewed article presents the results of research in the field of application of biocidal additives as additives to fuels and oils. The necessity of adding biocides to the composition of fuels and oils is shown, and the prospects for their use in the petrochemical industry are also considered.

Keywords: biocidal additives, fuels, oils, additives

Биоциды представляют собой химические вещества или микроорганизмы, предназначенные для борьбы с вредными и болезнетворными организмами. Они находят широкое применение в пищевой, медицинской, нефтеперерабатывающей и сельскохозяйственной областях. Основой биоцидов служат вещества, способные подавлять жизнедеятельность биоорганизмов. Биоциды, в целом, можно разделить на пестициды, альгициды, фунгициды, гербициды, инсектициды, акарициды, зооциды и др. В этой работе рассмотрено применение биоцидов в нефтеперерабатывающей промышленности. Так, в работе [1] отмечается, что основной микробной проблемой в нефтеперерабатывающей промышленности является загрязнение хранящихся продуктов, что может привести к потере качества продукта, образованию шлама и износу трубопроводов и резервуаров для хранения как на нефтеперерабатывающем заводе, так и у конечного потребителя. В данной статье рассматриваются три основных класса топлива - бензин, авиационный керосин и дизельное топливо, соответствующие все более тяжелым нефтяным фракциям. Топливом, представляющим наиболее серьезные микробиологические проблемы, является дизельное топливо. Перечислены многочисленные микроорганизмы, выделенные из углеводородных топливных систем. Обсуждаются условия, необходимые для микробного роста, и методы, используемые для мониторинга и контроля этой активности. Рассмотрено влияние

различных добавок к топливу, в том числе биоцидов. Критерии, определяющие выбор эффективной биоцидной композиции, можно резюмировать следующим образом:

- отсутствие неблагоприятного воздействия на технические характеристики топлива
- не оказывает неблагоприятного воздействия на двигатели, насосы и т. д.
- эффективность в отношении широкого спектра микроорганизмов
- способность проникать в микробную слизь
- химическая и физическая совместимость с топливом и другими присадками (например, ингибиторами коррозии)
- подходящий коэффициент распределения (вода-масло)
- безопасность и простота использования и хранения
- биоразлагаемость
- экономичность.

Микробы в топливе и других промышленных жидкостях могут вызвать большие финансовые проблемы. Микробное заражение топлива приводит к тому, что затраты промышленности исчисляются сотнями миллионов долларов в год. Нефтяная и газовая промышленность тратит большие деньги на биоциды, чтобы защитить буровые растворы от микробов, коррозии и загрязнения, которые они приносят с собой. Градирни и системы циркуляции охлаждающей жидкости являются еще одной важной областью применения биоцидов. Микробное заражение систем водоснабжения ежегодно наносит миллионы повреждений башням и поверхностям систем.

В топливных системах самолетов регулярное техническое обслуживание, тщательный мониторинг и обработка разрешенными биоцидами при необходимости (EGME [в военных самолетах], органоборинаном или изотиазолоном [разрешено некоторыми производителями]) сводят к минимуму риск серьезного микробного роста. Другие виды топлива, как правило, не так хорошо защищены, но доступно более широкое разнообразие биоцидов. К ним относятся составы, предназначенные для разделения на топливную фазу и другие водорастворимые соединения. Обычно рекомендуется, чтобы биоцид растворялся в масле, а затем распределялся в водной фазе в количестве, достаточном для защиты всей системы, а не только резервуара для хранения, хотя только для обработки резервуаров можно использовать биоциды водного дна, и это будет быть более дешевым вариантом, так как объем, подлежащий обработке, меньше. Некоторые из доступных биоцидов показаны в табл. 1.

Таблица 1.

Основные типы биоцидов

Маслорастворимые	Водорастворимые
Изотиазолоны	Морфолины
Органоборинаны	Оксазолидины
Пиридинтионы	Галиды
Гексагидротриазины	Альдегиды
Имдашолкарбаматы	Феноляты

Все биоциды подразделяют на 4 основные группы:

- 1) нефтесодержащие, полностью переходящие в водную фазу, для обработки донных отложений
- 2) маслорастворимые, которые переходят в водную фазу для использования в чистом топливе, где ожидается небольшое количество воды
- 3) маслорастворимые, разделяющиеся на 2 компонента, один активен в воде, а другой в масле, для защиты поверхности раздела и водного дна
- 4) водорастворимые для добавления на дно резервуаров.

В работе [2] сообщается, что одним из преимуществ использования биодизеля и его смесей с дизельным топливом является более низкий уровень выбросов твердых частиц,

двуокиси серы, угарного газа и т. д., что делает его менее вредным для окружающей среды и человека. Однако это биотопливо подвержено микробному загрязнению и биоразложению. В этом смысле проводятся исследования по использованию эффективных биоцидов с низкой токсичностью, и в работе представлена последняя информация об использовании биоцидов в биодизеле, в основном об их токсичности на окружающую среду и здоровье населения. Результаты показали, что в отношении контроля микробного загрязнения текущий сценарий ограничен семью публикациями, в которых наиболее изученными добавками были изотиазолиноны, оксазолидины, тиоцианаты, морфолины, оксаборинаны, тиокарбаматы и фенольные антиоксиданты. Исследований, касающихся прямых экспериментов с людьми, не обнаружено, что свидетельствует о необходимости дополнительных исследований в этой области, поскольку очевиден потенциальный рост производства и потребления биодизеля в мире. Таким образом, необходимы дополнительные исследования противомикробных препаратов для использования в биодизельном топливе с хорошим широким спектром действия (бактерицидным и фунгицидным) и дальнейшие токсикологические испытания, чтобы гарантировать отсутствие или незначительное воздействие на окружающую среду.

В работе [3] были предприняты попытки контролировать рост микроорганизмов в резервуарах для хранения дизельного топлива ВМС Новой Зеландии на военно-морской базе Девонпорт (г.Окленд) с помощью биоцидов. Влияние коммерчески доступных (EGME, DEGME, Biobor JF) и экспериментальных биоцидов (Proxel AS, DML-7, Kathon 886, беномил и имазалил) на рост микроорганизмов в дизельном топливе изучалось как в лабораторных, так и в полевых условиях. Лабораторные исследования показали, что *Paecilomyces variotii* и *Penicillium spp.* может вызвать рост мицелия, подобный *Hormoconis Resinae* (*Cladosporium Resinae*) на границе раздела дизельное топливо/вода. В этой работе все указанные грибы были исследованы в биоцидных тестах. EGME, DEGME и Biobor JF не оказывали ни биостатического, ни биоцидного действия на эти грибы в лаборатории. В полевых условиях они подавляли *H. Resinae*, но не влияли на другие присутствующие микроорганизмы. DML-7 и Proxel AS не подавляли *P. variotii*, в то время как беномил, имазалил и Kathon 886 давали хороший контроль над преобладающими микроорганизмами, особенно *H. Resinae*. Все испытанные составы прошли испытания на работоспособность двигателя и коррозионные тесты.

Отмечается [4], что биоциды являются важнейшими компонентами жидкостей для гидравлического разрыва («гидро разрыва пласта»), используемых при разработке нетрадиционных месторождений сланцевого газа. Бактерии могут вызывать биозасорение и препятствовать добыче газа, производить токсичный сероводород и вызывать коррозию, приводящую к выходу из строя скважинного оборудования. Использование биоцидов, таких как глутаровый альдегид и четвертичные аммониевые соединения, вызвало общественное беспокойство и дебаты среди регулирующих органов относительно воздействия непреднамеренных выбросов в окружающую среду на экосистему и здоровье человека. В этой работе представлен критический обзор потенциальной судьбы и токсичности биоцидов, используемых в операциях гидроразрыва пласта. Авторы определили следующие физико-химические и токсикологические аспекты, а также проблемы, которые следует учитывать при выборе биоцидов: (1) незаряженные частицы будут преобладать в водной фазе и подвергаться разложению и переносу, тогда как заряженные частицы будут сорбироваться почвой и будут менее биодоступны; (2) многие биоциды недолговечны или разлагаются в результате абиотических и биотических процессов, но некоторые из них могут трансформироваться в более токсичные или стойкие соединения; (3) понимание судьбы биоцидов в скважинных условиях (высокое давление, температура, концентрация солей и органических веществ) ограничено; (4) существует несколько биоцидных альтернатив, но высокая стоимость, высокие энергозатраты и/или образование побочных продуктов дезинфекции ограничивают их использование. Этот обзор может служить руководством для оценки рисков для окружающей среды и определения стратегий борьбы с

микроорганизмами, которые помогут разработать устойчивый путь обращения с жидкостями для гидроразрыва пласта.

В работе [5] отмечается, что серьезную озабоченность вызывает микробное загрязнение хранимого дизельного/биодизельного топлива с течением времени и последующие изменения в химическом составе топлива. Было также показано, что использование биоцидов является эффективной стратегией для решения этой проблемы, но в некоторых странах, таких как Бразилия, продукты еще не выпущены и не лицензированы для использования. Цель этого исследования состояла в том, чтобы оценить эффективность многофункциональной добавки, содержащей биоцид (т. е. 3,3-метиленбис(5-метилоксазолидин); сокращенно МВО), в составе 50% состава (АМ-МВО50) для контроля микробного загрязнения. в имитируемых условиях хранения. Эксперимент проводился в двух условиях: в лабораторных условиях и в полевых условиях (реальные условия). В обоих экспериментах смесь В10, обработанную АМ-МВО50, а также необработанную топливную смесь хранили в моделируемых условиях хранения в течение 35 и 90 дней соответственно. Контролировали эффективность добавки и изменения окислительной стабильности, содержания воды, плотности и вязкости. Результаты показали, что оцениваемый продукт является эффективной обработкой для контроля микробного роста при концентрации 1000 частей на миллион, демонстрируя биоцидное действие через 7 дней в резервуарах, содержащих обработанное топливо, и с низкой микробной нагрузкой и биостатическим действием в резервуарах, содержащих обработанное топливо. и топливо с высокой микробной нагрузкой. В баках, содержащих топливо, обработанное АМ-МВО50, через 90 дней не наблюдалось ни адгезии биопленки на границе раздела масло/вода, ни значимых изменений параметров качества, таких как устойчивость к окислению, содержание воды, вязкость и плотность. Сравнение лабораторных и полевых результатов показало, что условия применения, определенные в лабораторных условиях, могут служить только в качестве предварительного руководства для полевого (реального) применения и что их следует контролировать и корректировать для каждой конкретной системы.

Следует отметить основные виды биоцидных добавок, используемых в настоящее время в нефтеперерабатывающей промышленности.

Grotamar® широко известен как одна из самых надежных биоцидных добавок на рынке для обработки и предотвращения микробного загрязнения топлива и масел. Grotamar® 71 и Grotamar® 82 являются эффективными биоцидами для обработки и предотвращения микробного загрязнения дизельного топлива, судового топлива и масел. Оба препарата основаны на одном и том же высокоэффективном активном компоненте и обладают широким спектром действия.

Kathon™ Fuel 15 - это высокоэффективная биоцидная добавка, предназначенная для обработки и предотвращения микробного загрязнения топлива. Однако он больше не одобрен для использования в авиационном топливе, поэтому его использование ограничено средними дистиллятами, такими как дизельное топливо и судовое топливо.

Alprocid-FP1,5M (альтернативное название Пахем-АМИК7) - концентрированная присадка, обеспечивающая микробиологическую безопасность топливных продуктов и резервуаров хранения топлива, защищающая от развития микробной флоры (бактерий, грибов, дрожжей). Благодаря специально подобранному составу растворителя присадка демонстрирует достаточную растворимость в масляной и водной фазах, что обеспечивает быструю и длительную биоцидную активность. Благодаря своему действию Алпроцид-ФП1,5М предотвращает образование шлама, отложений и других загрязнений в топливных системах и баках, обычно вызываемых микробной флорой. Алпроцид-FP1.5M (Pachem-AMIC7) также может быть эффективно использован для микробной защиты водных систем Alprocid-FP1.5M (Pachem-AMIC7) представляет собой однородную жидкость желтого цвета.

Показано [6], что стандартное топливо содержит до 0,2 мл воды на литр, чего более чем достаточно для микробной активности. Развитие микроорганизмов в основном

происходило при сборе водного конденсата в маслобаках. Исследования показали, что проблемы, связанные с засорением фильтров, коррозией топливного бака, выходом из строя покрытий баков и двигателей, связаны с микроорганизмами. Важно и необходимо остановить рост бактерий с помощью специального применения биоцидов. В этой статье описаны некоторые экспериментальные данные о преодолении этой проблемы с использованием экономичного и экологически безопасного биоцида, а также профилактических мер.

Сообщается [7], что спрос на биодизельное топливо растет во всем мире, и подавление роста микробов при хранении этого биотоплива чрезвычайно важно. Существует несколько исследований, посвященных оценке биоцидов специально для биодизеля. В этой работе авторы синтезировали и оценили набор кандидатов в биоциды на основе триацилглицеридов. Образцы чистого биодизеля с продуктами оценивали в отношении микроорганизмов, выделенных из смесей биодизель/дизель (грибы *A. niger*, *A. fumigatus*, *C. albicans* и *S. cerevisiae*, и бактерии *B. subtilis* и *Acinetobacter sp.*). Ни один из продуктов не ингибировал рост бактерий. Четыре нитропроизводных проявляли фунгицидную активность. Нитрованные производные также были оценены как улучшающие цетановое число смеси биодизеля В7/дизельного топлива. Нитраты метоксилированных эфиров этиленгликоля соли повышали цетановое число более чем на три пункта. Несмотря на скромную биоцидную активность, результаты могут служить ориентиром при планировании новых продуктов из триацилглицеридов.

В патентах [8,9] предложена смесь присадок к ракетным топливам, которая включает а) хотя бы один N-формаль, б) хотя бы один антиоксидант и в) хотя бы один ингибитор коррозии. Смесь присадок обеспечивает биоцидные и антикоррозионные свойства топлив с добавками, особенно если они содержат фракции возобновляемых ресурсов, таких как биодизель, и при контакте с медьсодержащими поверхностями.

В еще одном патенте [10] предложен способ получения биоцидной композиции путем этерификации многоатомных спиртов фракции высококипящих побочных продуктов синтеза 4,4-диметил-диоксана-1,3 борной кислотой при повышенной температуре и перемешивании с непрерывной отгонкой выделяющейся реакционной воды и формальдегида с последующим гидролизом образующихся промежуточных продуктов, отличающийся тем, что синтез борных эфиров проводят при остаточном давлении 100-200 мм.рт.ст.

В работе [11] показана новая биоцидная композиция, состоящая из одного или нескольких 3-йод-2-пропинилбутилкарбамата (IPBC), октилизотиазолинона (OIT), дийодметил-р-толилсульфона (DIMTS), биоцидов на основе триазина, а в работе [12] описан экспресс-метод для определения эффективности биоцида.

Исследована антимикробная активность многофункционального антифрикционного концентрата МКФ-18НТ, являющегося модификацией одной из наиболее распространенных добавок металлоплакирующего действия – медьсодержащей присадки МКФ-18 [13]. Установлено, что концентрат МКФ-18НТ, применяемый в качестве смазки, является эффективным биологически активным веществом, обладающим сильным биоцидным действием по отношению к бактериальной и грибной микрофлоре. Показано, что присадка МКФ-18НТ при ее введении в минеральные и полусинтетические масла подавляет рост плесневых грибов, что способствует уменьшению микробиологической коррозии. На основании литературных данных и проведенных экспериментов установлено оптимальное содержание присадки МКФ-18НТ в смазочных материалах с позиций ее фунгицидного действия.

Приведены результаты изучения антимикробной активности широкого ряда алифатических и ароматических S-эфиров тиокарбоновых кислот [14]. Выявлена связь химической структуры соединений $R^1SC(O)R^2$ и токсичности их для микроорганизмов, показано влияние различных функциональных группировок на антимикробные свойства. Проведены испытания смазочно-охлаждающей жидкости СОЖ ИХП-45Э с добавками S-

арилтиоацетатов. Показано, что применяемые присадки (0.25–0.5 мас. %) подавляют рост всех исследованных микроорганизмов, однако их активность выше по отношению к грибам. Были также проведены опыты по изучению совместимости присадок данного класса с маслами. Введение S-арилтиоацетатов обеспечивает устойчивость этих масел к микробиологическому повреждению, сохраняя при этом физико-химические свойства в течение длительного периода времени.

В работе [15] авторами рассмотрены способы защиты материалов от биоповреждений. Приводится классификация биоцидов, обсуждаются экспериментальные факты, приведены примеры по применению антимикробных материалов. Представлены требования к биоцидам и обсуждаются методы оценки антимикробных свойств биоцидов.

В статье [16] приведены результаты микробиологических исследований биодизеля, произведенного путем перезетирификации растительных масел с использованием нанокатализатора СаО и его 7% топливной композиции с маслом. Установлено, что как биодизель, так и его 7% топливная композиция не являются биологически безопасными и полностью поражены бактериями и грибами. Приведены результаты испытаний α -фенил- β -нитроэтилена в качестве биоцида для защиты биодизеля и его топливных композиций от биологического разрушения.

Изучение антимикробных свойств синтезированных гептилалканоилдисульфидов выявило эффективную бактерицидную и фунгицидную активность в подавлении грибов и бактерий, что позволяет использовать их в качестве биоцидов при хранении и транспортировке нефтепродуктов [17].

В работе [18] сообщается, что реактивные и дизельные топлива легко заражаются микроорганизмами. Микобактерии, псевдомонады, гриб *Cladosporium Resinae* и некоторые другие микроорганизмы хорошо растут за счет углеводов этих видов топлива. Анаэробные сульфатредуцирующие бактерии растут только после этих аэробных форм, вероятно, за счет метаболитов последних. Бензин Б-70 более устойчив к микробной инвазии; в этом топливе растут только бактерии рода *Pseudomonas*. Изучено антибактериальное действие некоторых присадок к бензину Б-70 и топливу ТС-1. Наиболее эффективными добавками, подавляющими рост всех микроорганизмов в исследуемых топливах, оказались диметилдиалкиламмоний хлорид и диметилалкилбензиламмоний хлорид при использовании в концентрациях 0,05–0,25 %. На основе антистатиков (олеат хрома, диолеат хрома ферроцена β -дикетона, диолеат хрома марганца циклопентадиенилтрикарбонил β -дикетона и др.) и бактерицидов (диметилдиалкиламмония хлорид и диметилалкилбензиламмоний хлорид) приготовлены комплексные добавки бактерицидного и антистатического действия (хлористый). Эти присадки подавляют рост микроорганизмов в топливе, а также придают топливу антистатические свойства.

Предложена смазочная композиция, включающая машинную смазку и противомикробную добавку [19, 20]. Антимикробный агент имеет коэффициент распределения между водой и смазкой для машин от 0,01 до 1000, а смазочная композиция обеспечивает по меньшей мере двухлогарифмическое снижение количества бактерий в воде примерно за две недели или по меньшей мере двухлогарифмическое уменьшение количества плесени и дрожжей в воде примерно через месяц при концентрации бактерий от 10^5 до 10^6 КОЕ/мл.

Природные противомикробные препараты из растений, микроорганизмов и животных охватывают широкий спектр соединений, включая фенолы, терпены, бактериоцины, пептиды, ферменты/белки, природные полимеры, жирные кислоты (липиды), органические кислоты и смеси биологически активных соединений, таких как эфирные масла и экстракты растений [21]. Противомикробные препараты на биологической основе модифицируют или синтезируют из химических веществ, полученных из биологических источников. В этом обзоре обсуждаются основные типы природных и биологических противомикробных препаратов, механизмы инактивации против микроорганизмов, взаимосвязь между

структурой и эффектом, соображения для коммерческого применения и потребности в будущих исследованиях.

В статье представлены результаты исследования возможностей применения нанокompозита на основе частиц алюминия размерностью 40-60 нм, 1-бутокси-2-оксазолидинметоксипропана и раствора сульфанола для борьбы с коррозией, вызываемой сульфатвосстанавливающими бактериями. Биоцидные свойства разработанного нанокompозита были исследованы на образцах, полученных из закачиваемой, верхней и нижней пластовых вод и сырой нефти месторождения Биби-Эйбат Апшеронского полуострова (Азербайджанская Республика). По результатам тестов отмечена высокая эффективность и быстрота действия разработанного нанокompозита на микроорганизмы. Кроме того, в экспериментах выявлен синергетический эффект взаимодействия наночастиц алюминия и 1-буток-си-2-оксазолидинметоксипропана в качестве биоцида. Дополнительно в ходе исследования была изучена эффективность растворов композиций в отношении бактерий *Desulfobacterium*, *Desulfonema*, *Mycobacterium lacticolum*, *Pseudomonas aeruginosa* и грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium chryseogenum*, *Cladosporium resinae* и *Candida tropicalis* на образцах смазочного масла М-8 и эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости. Уровень противомикробной активности определялся по величине диаметра зоны угнетения микроорганизмов, составившей 3,0 см для бактерий и 1,0 см - для плесневых грибов. Сделан вывод об эффективности нанокompозита в качестве биоцида и о целесообразности его использования в качестве добавки к реагентам, повышающим коэффициент извлечения нефти.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gaylarde C., Bento F., Kelley J. Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control // *Reyista de Microbiologia*. 1999. Vol. 30. N 1. Pp. 3714-3721
2. Luz G., Sousa B., Guedes A., Barreto C. Biocides Used as Additives to Biodiesels and Their Risks to the Environment and Public Health: A Review // *Molecules*. 2018. Vol. 23. N 10. Pp. 2698-2703
3. Hettige G., Sheridan E. Effects of biocides on microbiological growth in middle distillate fuel // *International Biodeterioration*. 1989. Vol. 25. N. 1-3. Pp. 175-189
4. Kahrilas G., Biotevogel J., Stewan P., Borch T, Biocides in Hydraulic Fracturing Fluids: A Critical Review of Their Usage, Mobility, Degradation, and Toxicity // *Environmental Science Technology*. 2015. Vol. 49. N 12. Pp. 16-32
5. Zimmer A., Viscardi S., Oliboni A., Teiseira R. Biodiesel blend (B10) treated with a multifunctional additive (biocide) under simulated stored conditions: A field and lab scale monitoring // *Biodiesel Research Journal*. 2017. Vol. 4. N 2. Pp. 627-636
6. Sieger W., Lee P.H. Microbial Problem Solving with Cost Effective and Biodegradable Biocide in the Oil and Gas Industry // *SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production*. 2002. Kuala-Lumpur. Malaysia. 39 p.
7. Coststella K., do Vaile Thayana F., Sentos Ellen D., Angelo R. Synthesis and Evaluation of Biocide and Cetane Number Improver Additives for Biodiesel from Chemical Changes in Triacylglycerides // *Journal of Brasilian Chemical Society*. 2018. Vol. 29. N 12. Pp. 5053-5059
8. Pat. 102009033161A1. DE., 2011 Additive for the bactericidal and anticorrosive finishing of fuels
9. Pat. 2011006734A3. WO, 2011. Additive mixture for the bactericidal and anticorrosive additization of fuels
10. Pat 2012141678A. RU, 2012. Способ получения биоцидной композиции
11. Pat. 217015A201. RU. 2017 Биоцидная композиция и способ ее применения
12. Бухарев Г.М. Экспресс-метод для определения эффективности биоцида // *Авиационные материалы и технологию* 2016. Т 52. № 24. С. 22-26

13. Карпов К.А., Зачиняева А.В., Геряинов Е.С., Олехнович Р.О. Исследование биоцидных свойств присадки к смазочным материалам МКФ-18НТ // Нефтехимия. 2019. Т. 59 № 5. С. 595-600
14. Алиев И.А., Беловежец П.А., Опарина Л.А. Фунгицидная активность S-эфиров тиокарбонновых кислот в качестве антимикробных присадок к нефтепродуктам. // Нефтехимия. 2019. Т. 59 № 1. С. 91-97
15. Пехташева Е.Л., Неверов А.Н., Заиков Г.Е., Шевцова С.А. Способы защиты материалов от биоповреждений // Вестник Казанского Технологического Университета. 2012. № 2. С. 64-69
16. Mahmudova L.R., Movsumzadeh M.M., Akhmedov I.M., Aliyev N.A. Developing biostable fuel compositions based on diesel fuels and biodiesels // Theoretical and Applied Science. 2016. Vol. 39. N 7. Pp. 7-74
17. Azizova S., Aliyev F. Heptylalkanoyldisulfides as effective antimicrobial additives // Authorea. 2022. N 6. Pp. 213-219
18. Paushkin Y.M., Rabotnova L.L., Vishnyakova T.P., Nette L.T. Antimicrobial additives for petroleum fuels // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 1968. Vol. 4. Pp. 295-299
19. Pat 6310013B1, US, 1999 Lubricant compositions having antimicrobial properties and methods for manufacturing and using lubricant compositions having antimicrobial properties
20. Pat. 2001030946. WO. 2001 Lubricant compositions having antimicrobial properties and methods for manufacturing and using lubricant compositions having antimicrobial properties
21. Xuotong F., Ngo H., Changqing W. Natural and Bio-based Antimicrobials: A Review // ACS Symposium Series. 2018. Vol. 1287. N 1. Pp. 1-24
22. Шамилов В.М., Бабаев Э.Р., Шамилов Ф.В. Исследование возможности применения многофункциональной композиции на основе наночастиц алюминия в качестве средства борьбы с бактериальной коррозией // Территория Нефтегаз. 2019. № 3. С. 324-329

REFERENCES

12. Buxarev G.M. E`kspress-metod dlya opredeleniya e`ffektivnosti biocida // Aviacionny`e materialy` i texnologiyu 2016. T 52. № 24. S. 22-26
13. Карпов К.А., Зачиняева А.В., Геряинов Е.С., Олехнович Р.О. Исследование биоцидных свойств присадки к смазочным материалам МКФ-18НТ // Нефтехимия. 2019. Т. 59 № 5. С. 595-600
14. Aliev I.A., Belovezhecz P.A., Oparina L.A. Fungicidnaya aktivnost` S-e`firov tiokarbonovy`x kislot v kachestve antimikrobnuy`x prisadok k nefteproduktam. // Nefteximiya. 2019. T. 59 № 1. S. 91-97
15. Pextasheva E.L., Neverov A.N., Zaikov G.E., Shevczova S.A. Sposoby` zashhity` materialov ot biopovrezhdenij // Vestnik Kazanskogo Texnologicheskogo Universiteta. 2012. № 2. S. 64-69
22. Shamilov V.M., Babaev E`R., Shamilov F.V. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya mnogofunkcional`noj kompozicii na osnove nanochasticz alyuminiya v kachestve sredstva bor`by` s bakterial`noj korroziej // Territoriya Neftegaz. 2019. № 3. S. 324-329

Информация об авторах

М.М. Мовсумзаде – доктор химических наук, профессор.

Э.Р. Бабаев – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

M.M. Movsumzade – Doctor of Chemical Sciences, Professor.

E.R. Babayev – Candidate of Chemical Sciences, Ph.D., leading researcher.

Зиарат Нагиевна Пашаева

*Институт нефтехимических процессов Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, ziyarat.80@gmail.com*

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИДАЗОЛИНОВЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Аннотация. В рассмотренной статье представлен обзор научных результатов в области применения имидазолиновых ионных жидкостей в различных химических процессах. Показаны перспективы применения ионных жидкостей на имидазолиновых комплексах в качестве катализаторов и растворителей в химических реакциях, а также в качестве ингибиторов коррозии.

Ключевые слова: ионные жидкости, имидазолиновые комплексы, химические растворители, катализаторы, ингибиторы коррозии

Ziarat N. Pashayeva

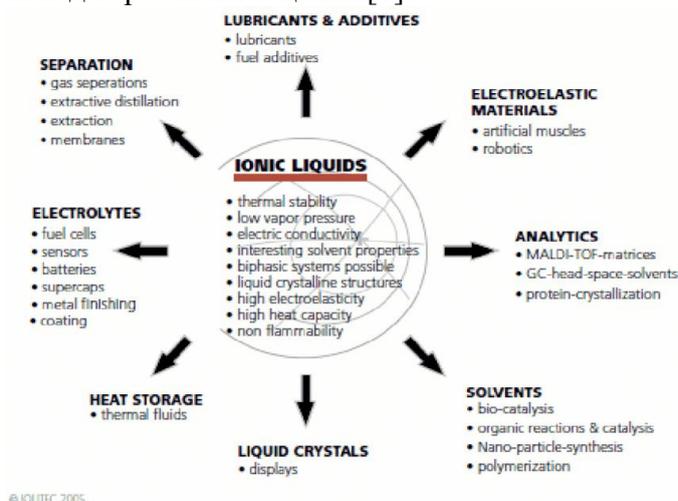
*Institute of Petrochemical Processes of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku,
ziyarat.80@gmail.com*

APPLICATION OF IMIDAZOLINE IONIC LIQUIDS IN ORGANIC SYNTHESIS

Abstract. The reviewed article presents an overview of scientific results in the field of application of imidazoline ionic liquids in various chemical processes. The prospects for the use of ionic liquids on imidazoline complexes as catalysts and solvents in chemical reactions, as well as corrosion inhibitors are shown.

Keywords: ionic liquids, imidazoline complexes, chemical solvents, catalysts, corrosion inhibitors

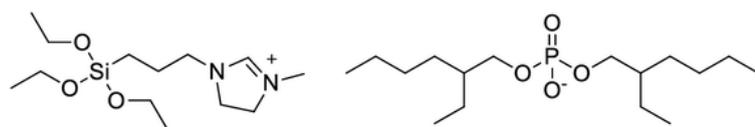
Основной причиной широкого исследования ионных жидкостей (ИЖ) стало развитие технологий на основе ИЖ, их использование в качестве зеленого растворителя нового поколения, материала электролита и гидротехники в последнее время, в соответствии с высокими потребностями отрасли в предоставлении новых материалов, которые являются надежными и безопасными для различных целей [1].



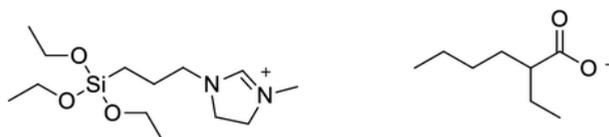
Среди используемых ИЖ наиболее важный интерес представляют ИЖ на основе имидазолинов. В этой работе показаны результаты исследований в области применения имидазолиновых ИЖ в различных областях промышленности.

Для диспергирования двухстенных углеродных нанотрубок (ДУНТ) в воде использовали ионные жидкости на основе имидазолия с длинной углеводородной цепью 1-метил-1-этанол-2-алкил-имидазолий йодид ($[\text{MEC}_n\text{-Im}]\text{I}$, $n=13, 15$ и 17). [2]. Полученные суспензии ДУНТ были стабильны более месяца, седиментации не наблюдалось. Исследовали стабильность суспензий (измерение оптической плотности, дзета-потенциала, размера частиц, вязкости и изображений ПЭМ). Мониторинг поглощения с помощью УФ/видимой спектrophотометрии в течение 20 дней показал, что при низкой концентрации (1 мМ) лучшая суспензия была получена с ионной жидкостью ($[\text{MEC}_{15}\text{-Im}]\text{I}$). При более высокой концентрации (10 мМ), эффективность диспергирования увеличивалась с увеличением длины углеводородной цепи. Это можно объяснить гидрофобным взаимодействием между гидрофобными фрагментами ионной жидкости и УНТ. Таким образом, авторы смогли стабилизировать ДУНТ, используя низкую концентрацию (1 мМ) ионных жидкостей на основе имидазолия, синтезированных из природных соединений. В этой работе подчеркивается потенциал ионных жидкостей на основе имидазолия для приготовления водных суспензий ДУНТ с высокой концентрацией с ограниченным количеством добавляемого поверхностно-активного вещества (50 мг/л ДУНТ с 50 мг/л ионной жидкости).

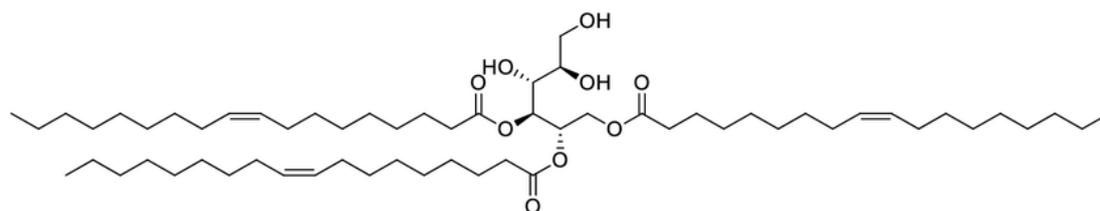
В работе [3] изучался синтез новых, смешивающихся с маслом, многофункциональных ионных жидкостей (ИЖ) на основе имидазолина, функционализированных силаном, с упором на присадки к смазочным маслам, не содержащие галогенов, серы и фосфора, для замены обычных присадок (ZDDP, MoDTC и т. д.), имеющих экологические проблемы. Эти ИЖ были приготовлены в различных концентрациях и в течение короткого времени оказались смешиваемыми с маслом. Эта стабильность была улучшена до более года при использовании триолеата сорбитана в качестве добавки-эмульгатора. Эти присадки показали хорошие результаты в снижении трения и износа при исследовании контактов сталь-сталь при концентрации 5% по весу, с улучшениями для смеси, содержащей TPEIPS BEHP, до 39% и 53%, соответственно, по сравнению с базовым маслом. Анализ СЭМ и ЭДС показывает образование трибопленки, богатой фосфором и кислородом, для этих комбинаций. Эти ИЖ были дополнительно испытаны для определения их влияния на такие свойства, как вязкость, термическая стабильность, совместимость с эластомерами и противовспенивающими свойствами. Эти новые ИЖ работают над открытием экологически чистых добавок для трибологических процессов.



3-methyl-1-(3-(triethoxysilyl)propyl)-4,5-dihydro-1H-imidazol-3-ium bis(2-ethylhexy phosphate (TPEIPS BEHP)

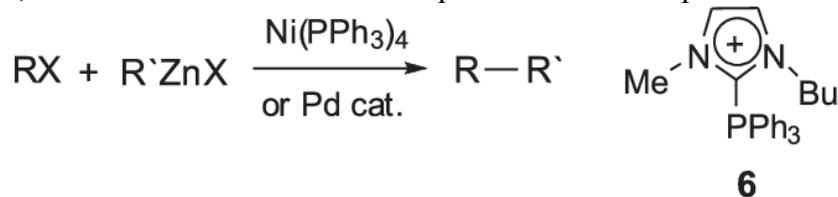


3-methyl-1-(3-(triethoxysilyl)propyl)-4,5-dihydro-1H-imidazol-3-ium 2-ethylhexanoate (TPEIPS EHA)



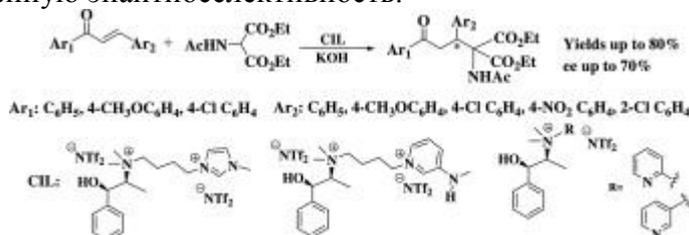
sorbitan trioleate

Показано [4], что ряд реакций образования углерод-углеродных связей в органической химии (таких как сочетание Хека, Судзуки, Штилле, Негиши, Соногашира и т.д.) облегчается катализом соединениями палладия. Сделана попытка представить подробный и исчерпывающий литературный сборник об универсальности ионной жидкости, в частности имидазолиновых ИЖ, в сочетании с палладием для различных типов реакций.



Описано получение и применение новой серии хиральных ионных жидкостей [5]. Соли основаны на катионах имидазолия. Некоторые катионы также имеют аксиальную хиральность в положении С(2) рядом с центральной хиральностью. Эти катионы обладают очень высоким вращательным барьером вдоль оси арен-имидазолиний. Кроме того, был приготовлен аналог с хиральным анионом. Соли имеют низкую температуру плавления. Был изучен их потенциал в качестве растворителей и реагентов хирального сдвига, в результате чего впервые был приведен пример хиральной ионной жидкости в качестве реагента сдвига для нейтрального соединения.

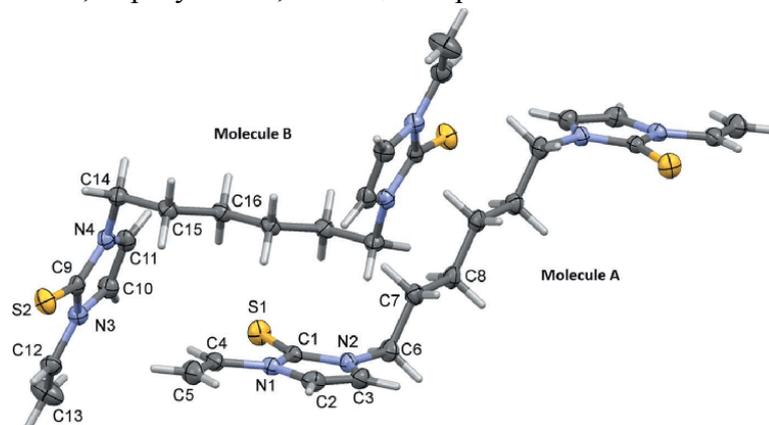
Описана эффективная методика синтеза функционализированных хиральных ионных жидкостей на основе аммония, имидазолия и пиридиния, полученных из (1*R*,2*S*)-эфедрина, с использованием микроволновой активации без растворителя [6]. Хорошие выходы были получены за очень короткое время реакции. Эти хиральные ионные жидкости использовали в качестве хиральных реакционных сред для асимметричного присоединения Михаэля, давая хорошие выходы и умеренную энантиоселективность.



Левулиновая кислота (ЛА) является промышленно важным продуктом, который может быть каталитически превращен в важные дорогостоящие химические вещества [7]. В этом исследовании была предпринята попытка гидротермального превращения глюкозы в левулиновую кислоту с использованием Бренстедовского кислого катализатора ионной жидкости, синтезированного с использованием 2-фенил-2-имидазолина, а катализатор ионной жидкости на основе 2-фенил-2-имидазолина, использованный в этом исследовании, был синтезирован в лаборатории с использованием различных анионов (NO₃, H₂PO₄ и Cl) и охарактеризованы с использованием методов ¹H ЯМР, ТГА и FT-IR спектроскопии. Тренд активности бренстедовских кислых ионных жидких катализаторов, синтезированных в лаборатории, был найден в следующем порядке: [C₄SO₃HPhim][Cl] > [C₄SO₃HPhim][NO₃] > [C₄SO₃HPhim][H₂PO₄]. Максимальный выход левулиновой кислоты 63% был получен при конверсии глюкозы 98% при 180°C и времени реакции 3 часа с использованием катализатора [C₄SO₃HPhim][Cl] в виде ионной жидкости. Было исследовано влияние различных условий реакции, таких как время реакции, температура, каталитическая структура ионной жидкости, количество катализатора и растворителя, на выход ЛА. Возможность повторного использования катализатора [C₄SO₃HPhim][Cl] наблюдался до четырех циклов. Это исследование демонстрирует потенциал ионной жидкости на основе 2-фенил-2-имидазолина для превращения глюкозы в важную левулиновую кислоту.

Изучены трибологические свойства двух гидроксил- и только активных азотсодержащих водорастворимых производных имидазолина, бензотриазолсодержащего имидазолина (БМЛ) и каприловокислотсодержащего имидазолина (КМЛ), в качестве смазочной присадки к водно-гликолевой жидкости [8]. Также были исследованы антикоррозионные и антикоррозионные свойства. Результаты показывают, что ВМЛ и СМЛ способны значительно улучшить антикоррозионные свойства водно-гликолевой жидкости при добавлении в низкой концентрации, а также эти характеристики ВМЛ лучше, чем у СМЛ. Все присадки показали хорошие противозадирные и противоизносные свойства, а ВМЛ показал лучшие трибологические свойства, чем СМЛ. Кроме того, различие в трибологических и антикоррозионных свойствах этих производных тесно связано с их различной молекулярной структурой. Существует синергетический трибологический эффект между бензотриазолом и группой имидазолина в трибологических и противоизносных характеристиках. Кроме того, было обнаружено значительное улучшение трибологических характеристик ВМЛ, связанное с органическими соединениями азота, оксидом железа и т. д. в трибопленке на изношенных поверхностях.

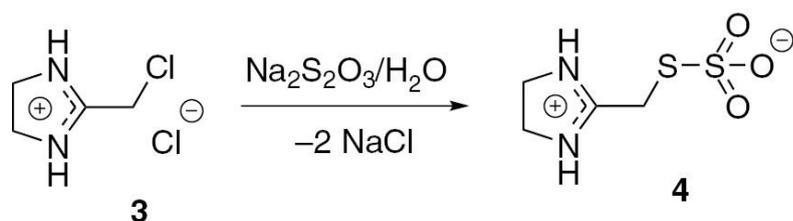
3,3'-(Гексан-1,6-диил)бис(1-винил-4-имидазолин-2-тион) $C_{16}H_{22}N_4S_2$ был получен реакцией серы с соответствующей четвертичной солью в присутствии K_2CO_3 [9]. Он кристаллизуется с двумя полумолекулами в асимметричном звене; полные молекулы образованы инверсионной симметрией с центральными CH_2-CH_2 связями гексановых мостиков, расположенными на центрах инверсии. В каждой молекуле C_6 -алкильная цепь принимает типичную антиперипланарную конформацию, а два гетероциклических кольца ориентированы антипараллельно друг другу. В кристалле молекулы связаны взаимодействиями $C-H \dots \pi$, образуя слои, лежащие параллельно ас-плоскости.



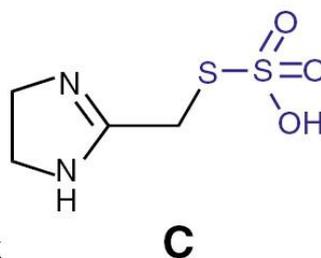
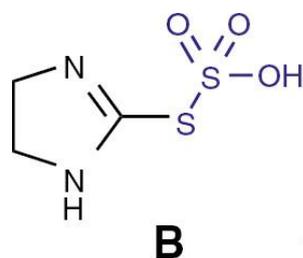
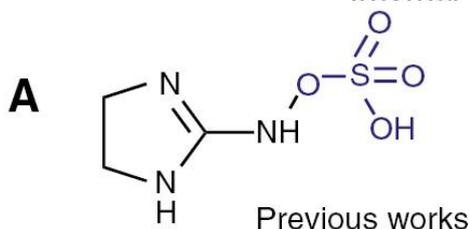
Методами двумерной инфракрасной (2D ИК) спектроскопии исследована структурная динамика планарных тонких пленок ионной жидкости (ИЖ) 1-бутил-3-метилимидазолия бис(трифторметилсульфонил)имида ($BmimNTf_2$) в зависимости от плотности и толщины поверхностного заряда [10]. Пленки были изготовлены методом центрифугирования метанольного раствора ИЖ на подложках из диоксида кремния, которые были функционализированы алкильными цепями, содержащими головные группы, имитирующие катион ИЖ. Толщина пленок ионной жидкости составляла от ~50 до ~250 нм. Динамика пленок медленнее, чем в объемном ИЖ, и становится все более медленной по мере того, как пленки становятся тоньше. Управление динамикой пленок ИЖ может быть достигнуто за счет регулирования плотности заряда на подложках за счет функционализации поверхности многослойной сетки. Плотность заряда поверхности (количество положительно заряженных групп в сети, связанных с поверхностью на единицу площади) контролируется продолжительностью реакции функционализации. С увеличением плотности заряда динамика ИЖ замедляется. Для сравнения поверхность была функционализирована тремя различными нейтральными группами. Динамика пленок ИЖ на функционализированных нейтральных поверхностях быстрее, чем на любой из ионных поверхностей, но все же

медленнее, чем на объемной ИЖ, даже для самых толстых пленок. Эти результаты могут иметь значение в приложениях, в которых используются ИЖ с электродами, такими как батареи, поскольку плотность поверхностного заряда электрода будет влиять на такие свойства, как диффузия вблизи поверхности.

S-[(4,5-дигидро-1H-имидазол-2-ил)метил]сульфотиоат, новая имидазолинсодержащая соль Бунте 4, была получена взаимодействием 2-хлорметилимидазолина 3 с тиосульфатом натрия в водном растворе при комнатной температуре. Механизм согласованного пути реакции S_N2 изучен с помощью квантово-химических расчетов на уровне теории B3LYP/6-31G**. Молекулярная структура соединения 4, включающая формальный амидиновый фрагмент, подтверждена методом рентгеноструктурного анализа монокристаллов, а его электронное строение изучено с помощью квантово-химических расчетов на уровне теории MP2/6-311++G**.



Internal Bunte salt



Собщается [12], что производное 2-имидазолина и его монопротонированная йодидная соль в кристаллическом состоянии образуют различные типы межмолекулярных водородных связей $N-H \cdots N$. Два кристалла дают совершенно разные диэлектрические характеристики, и эта разница коррелирует с их разными сетями водородных связей. Показана возможность их применения в качестве ионных жидкостей в различных химических процессах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hernani H., Mudzakir A., Sumarna O. Ionic liquids material as modern context of chemistry in school // Journal Pendidikan IPA Indonesia. 2016. Vol. 5, N 1. Pp. 27-31
2. Raiah K., Djalab A., Hadj-Ziane A. Influence of the hydrocarbon chain length of imidazolium-based ionic liquid on the dispersion and stabilization of double-walled carbon nanotubes in water // Colloids and Surfaces A. Physicochemical and Engineering Aspects. 2015. Vol. 469, N 20. Pp. 107-116
3. Pandey P., Somers A., Hait S. Synthesis of Oil Miscible Novel Silane Functionalised Imidazoline-Based ILs as Lubricant Additives: Characterization and Tribological Evaluations // Tribology Letters. 2022. Vol 70, N 1. Pp. 25-32

4. Singh R., Sharma M., Mamgain R. Ionic liquids: A versatile medium for palladium-catalyzed reactions // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2008. Vol. 19, N 3. Pp. 132-146
5. Winkel A., Wilhelm R. New Chiral Ionic Liquids Based on Imidazolinium Salts // Tetrahedron Asymmetry. 2009. Vol. 20, N 20. Pp. 2344-2350
6. Thu T-K., Giang T., Thanh V. Synthesis of functionalized chiral ammonium, imidazolium, and pyridinium-based ionic liquids derived from (-)-ephedrine using solvent-free microwave activation. Applications for the asymmetric Michael addition // Tetrahedron. 2010. Vol. 66, N 27-28. Pp. 5277-5282
7. Kumar K., Mukesh K., Upadhyayula S. Catalytic Conversion of Glucose into Levulinic Acid Using 2-Phenyl-2-Imidazoline Based Ionic Liquid Catalyst // Molecules. 2021. Vol. 26, N 2. Pp. 348-351
8. Xiong L., Zhongyi H., Sheng H. Tribological study of OH- and N-containing imidazoline derivatives as additives in water-glycol // ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J. – Journal of Engineering Tribology. 2018. Vol. 233, N 3. Pp. 208-210
9. Partl G., Laus G., Kahlenberg V. 3,3'-(Hexane-1,6-diyl)bis(1-vinyl-4-imidazoline-2-thione) // IUCr Data. 2017. Vol. 2, N 4. Pp. 231=236
10. Boning W., Breen J., Xing X. Controlling the Dynamics of Ionic Liquid Thin Films via Multilayer Surface Functionalization // J. Amer. Chem. Soc. 2020. Vol. 142, N 20. Pp. 9482-9492
11. Saczewski F., Gdaniec M., Data K. A new imidazoline-containing Bunte salt: Synthesis, molecular and electronic structure // Heterocyclic Communication. 2017. Vol. 23, N 5. Pp. 177-182
12. Morimoto M., Takashio N., Masahiro I. Crystal Structures and Dielectric Properties of 2-Imidazoline Derivatives Having Intermolecular Hydrogen-bonded Networks // Chemistry Letters. 2012. Vol. 41, N 5. Pp. 525-527

Информация об авторах

З.Н. Пашаева – кандидат химических наук, доцент лаборатории «Функциональные олигомеры».

Information about the authors

Z.N. Pashaeva – Candidate of Chemical Sciences, Ph.D., Associate Professor of the laboratory "Functional oligomers".

УДК 547.541.3, 547.542.7

Чингиз Князь оглуРасулов¹, Матлаб Дж. Хамыев²

^{1,2}*Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева Национальной академии наук Азербайджана*

¹ *rchk49@mail.ru*

² *mxamiyev@yahoo.com*

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА

Аннотация. В представленной статье показаны результаты исследований в области реакции олигомеризации этилена в присутствии различных катализаторов. Сообщаются основные каталитические системы, используемые в этом процессе. Показаны преимущества некоторых катализаторов над другими.

Ключевые слова: этилен, олигомеризация, гомогенный процесс, катализаторы олигомеризации, лиганды

Chingiz Kn. Rasulov, Matlab J. Khamiyev

Institute of Petrochemical Processes named after acad. Yu.H. Mammadaliyev Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

¹ *rchk49@mail.ru*

² *mxamiyev@yahoo.com*

CATALYTIC SYSTEMS FOR ETHYLENE OLIGOMERIZATION

Abstract. This article shows the results of research in the field of ethylene oligomerization in the presence of various catalysts. The main catalytic systems used in this process are reported. The advantages of some catalysts over others are shown.

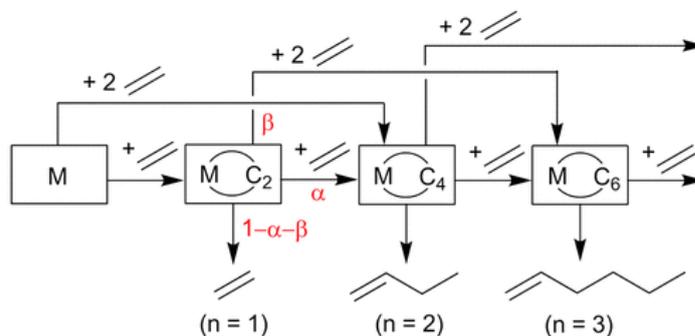
Keywords: ethylene, oligomerization, homogeneous process, oligomerization catalysts, ligands

В представленной работе обобщены результаты исследований в области применения различных каталитических систем в реакции олигомеризации этилена. Так, синтезированы три лиганда $\text{PN}(\text{CH}_2)_n\text{P}$, N -(2-(дифенилфосфанил)этил)- N -метил-1,1-дифенил- n -фосфинамин (L1), N -(2-(дифенилфосфанил)этил)- N -изопропил-1,1-дифенилфосфинамин (L2), N -(3-(дифенилфосфанил)пропил)- N -изопропил-1,1-дифенилфосфинамин (L3), которые использовались в качестве катализаторов олигомеризации этилена [1]. Каталитическая система состояла из лиганда $\text{CrCl}_3(\text{ТГФ})_3$, метилалюмоксана, удаляющего летучие компоненты (высушенный метилалюмоксан, ДМАО), и триэтилалюминия (AlEt_3) и их каталитические характеристики были исследованы для олигомеризации этилена. При скрининге катализаторов каталитические системы на основе L1—L3 проявляют высокую каталитическую активность и селективность по отношению к линейным α -олефинам C_6 – C_8 , в частности, катализатор на основе лиганда L2 проявляет превосходную каталитическую активность $1,71 \times 10,7$ г/г. (моль $\text{Cr} \cdot \text{ч}$) при 4,0 МПа и 100°C. Для той же каталитической системы общая селективность по 1-гексену и 1-октену достигает 93% при 1,0 МПа и 100°C. Помимо активности, термическая стабильность каталитической системы также была повышена за счет увеличения стерической массы замещающих групп при N -фрагменте от метила (в L1) до изопропила (в L2).

Сообщается о серии лигандов олигомеризации этилена на основе фосфора и азота типа $\text{Ph}_2\text{PN}(\text{X})\text{PPh}_2$, где X = изопропиловый, n -бутильный, этилбензольный и циклогексильный заместители [2]. Эти лиганды были функционализированы, чтобы сделать

возможным связывание с аминосиликатом. Свободные лиганды, аминокремнезем и связанные лиганды были охарактеризованы с помощью методов БЭТ, РСА, ИК, ТГА и ЯМР. Катализаторы были испытаны на олигомеризацию этилена с использованием $\text{Cr}(\text{acac})_3$ (acac = ацетилацетонат) в качестве прекурсора и ММАО (модифицированный метилалюмоксан) в качестве активатора. Активность и селективность этих катализаторов по отношению к 1-октену контролировали при 45 бар этилена в диапазоне температур 45-100°C. Активность нанесенных катализаторов была сравнима с их гомогенными аналогами, а в некоторых случаях даже превосходила их, а селективность по отношению к 1-октену в продуктах C_8 достигала 99 мас.%. Было обнаружено, что стерическое влияние заместителя на лиганд, а также на носитель влияет на активность и распределение продукта.

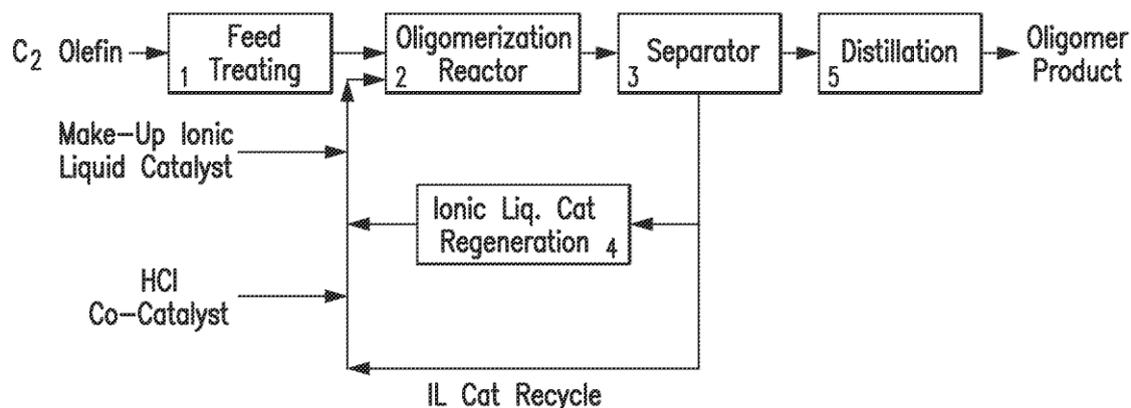
В работе [3] отмечается, что олигомеризация этилена дает распределения α -олефинов в диапазоне от распределений Шульца-Флори до чередующихся и селективных распределений олигомеров, которые можно математически проанализировать и охарактеризовать рекуррентными соотношениями.



Установлено, что активность катализатора селективной олигомеризации (тримеризации) этилена на основе соли хрома и алюминийорганических соединений (АОС) может быть существенно повышена путем микроволнового облучения алюминийорганических соединений непосредственно перед смешиванием их с солью хрома и пиррольный лиганд [4]. Изучено влияние условий облучения и природы используемых реагентов. Катализатор, полученный по оптимальной методике, превосходит по активности известные аналоги.

Целью данной работы является разработка кинетической модели олигомеризации этилена в линейные альфа-олефины (ЛАО) для каталитических систем цирконий/алюминий и никель/цинк [5]. Разработка такой модели помогает в изучении поведения промышленных реакторов ЛАО, а также в оптимизации их работы. Кинетическая модель была разработана на основе четырехступенчатого механизма: активация сайта, инициация и распространение, передача цепи и дезактивация сайта. Для получения параметров кинетической модели, которые лучше всего соответствуют имеющимся экспериментальным данным, полученным из опубликованных источников, был использован новый алгоритм стохастической оптимизации Intelligent Firefly Algorithm. Значения кинетических параметров получены для разработанных кинетических моделей для двух каталитических систем. Работоспособность модели с расчетными параметрами проверялась на экспериментальных данных. Предложенная кинетическая модель предсказывает распределение продукта для каталитической системы цирконий/алюминий с подходящей точностью. Модель также может с хорошей точностью прогнозировать распределение продуктов для каталитической системы никель/цинк для всех продуктов. Как и ожидалось, точность модели для предсказания концентрации продуктов с более высоким содержанием углерода уменьшается с увеличением числа атомов углерода.

В патентах [6,7] предложены способы олигомеризации этилена в присутствии ионогенного жидкого катализатора и сокатализатора, включающего галогенид, с получением углеводородного продукта, содержащего олигомеры C_{10} - C_{55} .



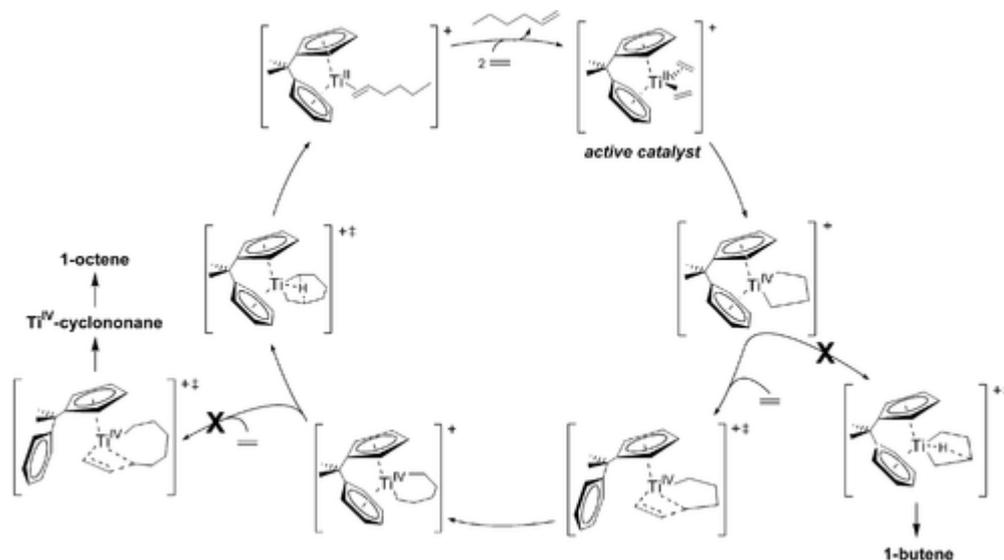
Новая серия катализаторов Ni-SBA-15 с привитым (bpy)Ni (II) была приготовлена путем обработки четко определенного мезопористого кремнезема SBA-15 (диаметром 4 нм) с различными концентрациями лиганда на основе bpy (**L1**) с последующим металлизацией NiCl₂ для олигомеризации этилена. Эти новые гетерогенные катализаторы показали выдающуюся каталитическую активность в зависимости от плотности загрузки Ni на SBA-15. Другими словами, **катализатор** (0,21 мас.% Ni) показал гораздо лучшую внутреннюю активность по отношению к бутену (IA = 3605 ± 28 моль продукта /моль Ni · ч), чем **L1** (2,25 мас.% Ni; IA = 911 ± 28 моль продукта) /моль Ni, что свидетельствует об успешном ингибировании образования более высокомолекулярных побочных продуктов за счет снижения локальной концентрации катализатора на мезопористом кремнеземе SBA-15 [8]

Селективную олигомеризацию этилена с получением смеси, содержащей октен и гексен, проводят в присутствии каталитической системы, включающей источник хрома; два разных лиганда PNP и активатор [9]. Атомы фосфора обоих лигандов имеют орто-фторфенильные заместители. Атом азота первого лиганда имеет изопропильный заместитель. Азот второго лиганда имеет более крупный/объемный гидрокарбильный заместитель у атома N. Гексен, полученный способом по данному изобретению, имеет очень высокую альфа-селективность.

Каталитическую систему Ni(COD)₂/BF₃·OEt₂ исследовали в реакции олигомеризации этилена [10]. Показано, что в отсутствие третичных фосфинов система превращает этилен в димеры с высокой селективностью по бутену-1 (55%). Он открывает путь к экономичным безлигандным каталитическим системам для олигомеризации низкомолекулярных олефинов. Добавление третичных фосфинов сделало систему активной даже при атмосферном давлении этилена, повысив селективность по бутену-1 до 74%. На основе распределения продуктов этилена и данных ЭПР для частиц никеля, образующихся в системе, впервые был предложен полный механизм олигомеризации низкомолекулярных олефинов в каталитических комплексных системах никеля, содержащих парамагнитные катионные частицы никеля.

Ni-содержащие dealюминированные цеолиты Y с различным соотношением Si/Al были получены, охарактеризованы и испытаны в реакции олигомеризации этилена, проводимой в суспензионном полупериодическом режиме в очень мягких условиях [11]. Обнаружено благоприятное влияние как доступности пор, так и слабой кислотности материалов NiY на их каталитические свойства. На этих катализаторах были получены высокие активности (16–30 г олигомеров/г кат ч) в интервале температур 30–70°C. Реакция также была высокоселективной, что приводило к почти исключительно олефинам с четным числом атомов углерода C₄–C₁₂.

Представлен подробный теоретический анализ каталитических способностей более тяжелых металлов 4-й группы ($M = Zr, Hf$) к линейной олигомеризации этилена с катионной $[(\eta^5-C_5H_4-(CMe_2\text{-мостик})-C_6H_5)M^{IV}(CH_3)_2]^+$ комплекс в качестве предкатализатора с использованием метода DFT с поправкой на градиент [12]. Сообщалось, что исходная система Ti является высокоселективным катализатором тримеризации этилена. Механизм с участием промежуточных соединений металлоциклов, первоначально предложенный Бриггсом и Джолли, подтверждается настоящим исследованием как работающий для исследуемого класса катализаторов группы 4. Рост металлоцикла за счет поглощения бимолекулярного этилена и последующего внедрения, вероятно, происходит с одинаковой скоростью для более крупных циклов, которые, кроме того, сопоставимы для катализаторов Ti, Zr и Hf. Установлено, что внедрение этилена в два наименьших пяти- и семичленных цикла ускоряется для катализаторов Zr и Hf, что связано с геометрическими факторами. Напротив, электронные эффекты повышают барьер для разложения металлоцикла, давая α -олефины при нисходящей группе IV. Кроме того, предполагается, что этот процесс будет кинетически более сложным для более крупных металлоциклов. Распределение олигомеров реакции, опосредованной Zr, вероятно, включает преимущественно 1-гексен вместе с 1-октеном, в то время как 1-бутен и α -олефины с длиной цепи $C_{10}-C_{18}$ должны встречаться только в незначительных количествах. Аналогичный состав α -олефинов с длиной цепи C_6-C_{18} указан для катализаторов Hf, но с преобладающей фракцией длинноцепочечных олигомеров и полимеров. Среди катализаторов группы 4 исследуемого типа система Zr представляется наиболее многообещающим кандидатом, обладающим каталитическим потенциалом для получения октана-1, хотя и не селективным. Оценено влияние температуры на модулирование состава олигомерного продукта.



В работе [13] отмечается, что α -олефины являются важным исходным сырьем для производства пластмасс, фармацевтических препаратов, а также тонкодисперсных и объемных химикатов. Однако селективный синтез α -олефинов из этилена, широко распространенного и недорогого сырья, ограничен, и, таким образом, весьма желателен широко применимый селективный синтез α -олефинов с использованием этилена. Авторы сообщают о каталитической реакции α -олефина с двумя молекулами этилена. Первая молекула этилена образует 4-этильную ветвь, а вторая — новую концевую углерод-углеродную двойную связь (удлинение C_2). Ключом к этой реакции является разработка высокоактивного и стабильного молекулярного титанового катализатора, который подвергается чрезвычайно быстрому отщеплению и переносу β -гидрида.

Бис(дифенилфосфино)аминовые лиганды наносили на смолу Меррифилда и тестировали в каталитических реакциях олигомеризации этилена с источником хрома

[14]. Нанесенные лиганды были охарактеризованы с помощью ИК, ЯМР твердого тела, СЭМ и ТГА-ДСК. Для сравнения активности лигандов на носителе и без носителя были синтезированы и охарактеризованы с помощью ЯМР, элементного анализа, ИК и ГХ-МС гомогенные бис(дифенилфосфино)аминовые лиганды. Реакции олигомеризации проводили в реакторе под давлением Парра с использованием $\text{St}(\text{acac})_3$ в качестве предшественника и ММАО-3А в качестве активатора. Система с гомогенными лигандами проявила активность в реакции тетрамеризации этилена, при этом селективность образования 1-октена во фракции C_8 была сравнима с указанной в литературе (>98 мас.%). Сравнивая гомогенные лиганды с их гетерогенными аналогами, последние показали четырехкратное падение активности по сравнению с их однородными аналогами. Селективность по основному продукту, октену-1, составляла менее 10 мас.%. Эти нанесенные на носитель лиганды создали систему, которая способствовала образованию продуктов C_6 больше, чем любой другой продукт, причем циклические C_6 (метилциклопентан и метиленициклопентан) были наиболее доминирующими, вероятно, из-за стерических эффектов, вызванных полимерной цепью.

Разработан активный, стабильный и селективный катализатор олигомеризации этилена [15]. Фундаментальное моделирование осуществляется с помощью Single-Event MicroKinetics (SEMK). Определены параметры модели, которые можно отнести к кинетическим и каталитическим дескрипторам. Первый тип параметров специфичен для рассматриваемого семейства реакций и не зависит от катализатора, в то время как последний учитывает влияние свойств катализатора на кинетику. При контакте с кислотным катализатором этилен относительно стабилен в мягких условиях, поскольку он может образовывать только первичные ионы карбения. Вводится функция иона металла для активации этилена и его димеризации до бутилена. Возможны последовательные вставки этилена в центры ионов металлов, а также в кислотные центры из-за участия более стабильных вторичных ионов карбения.

Патенты [16,17] относятся к катализатору олигомеризации этилена, включающему функционализированный твердый носитель; лиганд, иммобилизованный на твердом носителе путем химической связи, где иммобилизованный лиганд имеет структуру $(\text{R}_1)(\text{R}_2)\text{PN}(\text{R}_3)-\text{P}(\text{R}_4)-\text{Y}$ -носитель или $(\text{R}_1)(\text{R}_2)\text{PN}(\text{R}_3)-\text{P}(\text{R}_4)-\text{N}(\text{R}_5)-\text{P}(\text{R}_6)-\text{Y}$ -носитель, где R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 и R_6 независимо выбраны из алифатической группы, арильной группы, аминогруппы и триметилсилильной группы, и Y представляет собой функциональную группу носителя или его производного; и соединение хрома, прореагировавшее с лигандом; и к способу его получения и способу олигомеризации этилена с использованием катализатора.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chang Q., Wang X., Fan H. Ethylene Oligomerization Catalyzed by $\text{PN}(\text{CH}_2)_n\text{P}/\text{Cr}(\text{III})/\text{DMAO}/\text{AlEt}_3$ // Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section). 2021. Vol. 37. N 5. Pp. 1014-1021
2. Shoji M., Zulu X., Holger F. Synthesis and characterization of amine-functionalized supported phosphine catalysts and their application in ethylene oligomerization // South African Journal of Chemistry. 2022. Vol. 76. N 1. Pp. 132-139
3. Britovsek G., Malinowski R., Nobbs J.D. Ethylene Oligomerization beyond Schulz-Flory Distributions // ACS Catal. 2015. Vol. 5. N 11. Pp. 6922-6925
4. Zilbershtein T.M., Nosikov A.A., Kochnev A.I. Enhancement of catalytic activity for selective oligomerization of ethylene by microwave treatment // Petroleum Chemistry. 2012. Vol. 52. Pp. 253-260
5. Fateem S-E., Mohammed A., Tamer A. A kinetic model for ethylene oligomerization using zirconium/aluminum- and nickel/zinc-based catalyst systems in a batch reactor // Applied Petrochemical Research. 2014. Vol. 4 N 3. Pp. 37-52

6. Pat. 20160289574A1, US, 2015 Ethylene oligomerization process for making hydrocarbon liquids
7. Pat. 2016160839A1, WO, 2015
8. Yong D., Shin J., Yoon H. A way to avoid polymeric side products during the liquid-phase ethylene oligomerization with SBA-15 supported (bpy)Ni(II)Cl₂ heterogeneous catalyst // Applied Catalysis A General. 2020. Vol. 590. Pp. 117363-117369
9. Pat. 2015083053, WO, 2015 Ethylene oligomerization with mixed ligands
10. Saraev V.V., Kraikovskii P.B., Matveev D.A. Mechanism of Ethylene Oligomerization by the Catalytic System Ni(COD)₂ / BF₃·OEt₂ Modified with Tertiary Phosphines // Current Catalysis. 2012. Vol. 1. N 3. Pp. 149-154
11. Lallemand M., Finiels A., Fajula F. Catalytic oligomerization of ethylene over Ni-containing dealuminated Y zeolites // Applied Catalysis A General. 2006. Vol. 301. N 2. Pp. 196-201
12. Tobisch S., Ziegler T. Catalytic Oligomerization of Ethylene to Higher Linear α -Olefins Promoted by the Cationic Group 4 $[(\eta^5\text{-Cp}(\text{CMe}_2\text{-bridge})\text{-Ph})\text{M}^{\text{II}}(\text{ethylene})_2]^+$ (M = Ti, Zr, Hf) Active Catalysts: A Density Functional Investigation of the Influence of the Metal on the Catalytic Activity and Selectivity // J. Amer. Chem. Soc. 2004. Vol. 126. N 29. Pp. 9059-9071
13. Dietel T., Lukas F., Kretschmer W. Elongation and branching of α -olefins by two ethylene molecules // Science. 2022. Vol. 375. N 4. Pp. 1021-1024
14. Shoji M., Holger F. Heterogenization of Some PNP Ligands for the Oligomerization of Ethylene // South African Journal of Chemistry. 2012. Vol. 65. Pp. 214-219
15. Toch K., Thybaut J., Arribas M. Ethylene Oligomerization Catalyst Optimization Using Fundamental Kinetic Modeling // AIChE Annual Meeting. 2011. 137 p.
16. Pat. 2106854, EP, 2008 Catalyst for oligomerization of ethylene, method for preparation thereof and process for oligomerization using it
17. Pat. 2009121456, 2008

Информация об авторах

Ч.К. Расулов – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией «Химия и технология алкилфенолов».

М.Дж. Хамыев – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Полимеризационный катализ».

Information about the authors

Ch.K. Rasulov – Doctor of Chemistry, Professor, head lab. «Chemistry and technology of alkylphenols».

M.J. Khamyev – Ph.D., leading researcher, laboratory "Polymerization catalysis" Institute of Petrochemical Processes named after acad. Yu.H. Mammadaliyev Azerbaijan National Academy of Sciences.

УДК 547.541.2.

Эльмира Ислам гызы Сулейманова

*Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Баку,
Азербайджан, suleymanova1944@mail.ru*

КУЛОНОМЕТРИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ

Аннотация. Представлены результаты исследований в области применения метода кулонометрии в биомедицине. Показаны основные виды метода кулонометрии, а также отмечены перспективы использования кулонометрического метода анализа для определения органических соединений в составе лекарственных препаратов.

Ключевые слова: кулонометрия, электропроводность, гальванометр, медицинские препараты, лекарственные средства

Elmira I. gizi Suleymanova

*Azerbaijan State University of Oil and Construction, Baku, Russia, e-mail:
suleymanova1944@mail.ru*

COULOMETRY, ITS MAIN TYPES AND APPLICATION IN BIOMEDICINE

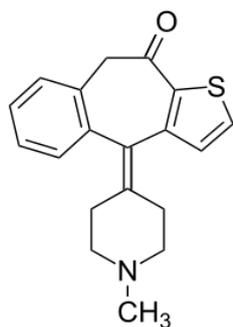
Abstract. The results of research in the field of application of the coulometry method in biomedicine are presented. The main types of the coulometry method are shown, and the prospects for using the coulometric method of analysis for the determination of organic compounds in the composition of drugs are noted.

Key words: coulometry, electrical conductivity, galvanometer, medicines, medicines

Кулонометрия представляет собой один из электрохимических методов анализа, основанный на измерении электрического заряда, который проходит через электролизёр при электрохимических окислительно-восстановительных реакциях на рабочем электроде. Потенциал рабочего электрода при кулонометрии отличается от равновесного значения. В основе кулонометрии заложен объединённый закон Фарадея, который устанавливает связь между массой электропревращённого вещества m (г) и количеством заряда Q (Кл). Все методы кулонометрии разделяют на две большие группы: потенциостатические (потенциал рабочего электрода либо остаётся неизменным в течение всего времени электролиза, либо изменяется по определённому закону) и гальваностатические (остаётся неизменной в течение всего времени величина тока, текущего через рабочий электрод). Потенциостатическая кулонометрия включает в себя прямой метод (прямая потенциостатическая кулонометрия), метод внутреннего электролиза и метод весового электроанализа (электрогравиметрия). Гальваностатическая кулонометрия также объединяет в себе несколько методов: электрогравиметрию (как и в случае с потенциостатической кулонометрией), прямой метод (прямая гальваностатическая кулонометрия), инверсионный метод и кулонометрическое титрование..

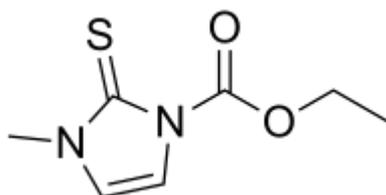
Кулонометрический метод анализа используется не только для определения массы вещества, которое участвует в электрохимической реакции. Так, кулонометрия применяется для исследования стехиометрии, кинетики реакций, идентификации образовавшихся продуктов реакции, а также для изучения состава малорастворимых и комплексных веществ, разделения металлов и в фазовом анализе. Кроме того, кулонометрия также используется для определения органических объектов в составе лекарственных препаратов в фармакологии. Так, в работе [1] представлен метод определения кетотифена, включающий его реакцию с йодом в щелочной среде. При кулонометрическом титровании с использованием биамперометрического определения конечной точки было успешно определено 0,25-2

микромоль (77-618 мкг) кетотифена. Разработанный метод применен для определения кетотифена в лекарственных препаратах.



кетотифен

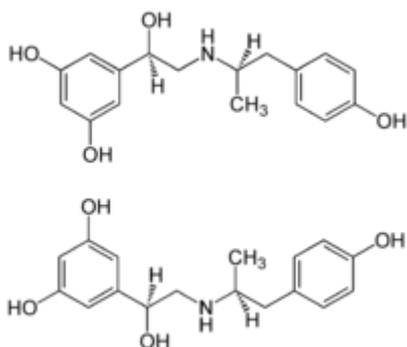
В работе [2] представлен метод определения карбимазола по реакции его с йодом в щелочной среде. При объемном титровании с потенциометрическим определением конечной точки диапазон определения составляет 30–500 мкмоль (5,6–93 мг). При кулонометрическом титровании с использованием биамперометрического определения конечной точки было успешно определено 0,5–20 мкмоль (0,09–3,7 мг) карбимазола. Кулонометрическое титрование применяли для определения карбимазола в таблетках.



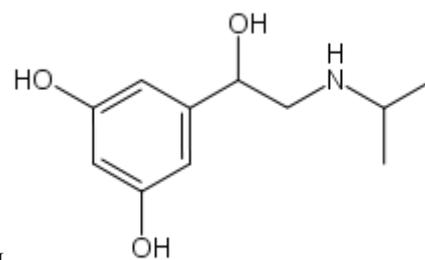
карбимазол

В работе [3] изучена возможность использования реакций электрогенерированных титрантов с фенольными соединениями и разработан метод их кулонометрического определения в лекарственных препаратах методом гальваностатической кулонометрии. Объектами исследования были: рутин, салициловая кислота и препараты, содержащие фенольные соединения, такие как «Аскорутин», «Салициловая паста» и «Салициловая мазь» российского производства. В качестве титрантов использовали электрогенерированные галогены (Cl_2 , Br_2 и I_2) и гексацианоферрат (III)-ионы. Установлено, что для количественного определения фенолокислот оптимальным реагентом является электрогенерированный бром, для рутина - электрогенерированный бром и йод, а для аскорбиновой кислоты - любой из исследованных электрогенерированных титрантов (Cl_2 , Br_2 , I_2 и $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$). Правильность определения проверялась методом «ввел-нашел», погрешность не превышает 2%. Как показали экспериментальные исследования, этот метод кулонометрического титрования электрогенерированными бромом и йодом характеризуется хорошей воспроизводимостью результатов, экспрессией, точностью и может быть использован для определения фенольных соединений в лекарственных препаратах, например, таблетках «Аскорутин». Следует отметить, что по этой методике возможно определение спектра фенолсодержащих соединений (рутин, аскорбиновая и салициловая кислоты) в препаратах без их предварительного разделения. Поэтому кулонометрический метод с использованием электрогенерированных титрантов можно рекомендовать для определения салициловой, аскорбиновой кислот и рутина в лекарственных формах. Предлагаемый метод точен и исключает погрешность эксперимента по сравнению с фармакопейным методом.

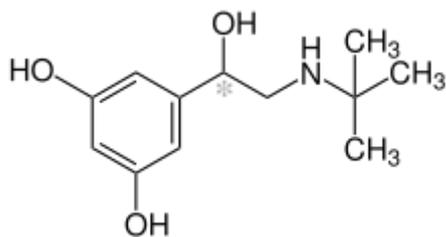
Представлен простой и быстрый метод анализа микроколичеств фенотерола гидробромида, орципреналина сульфата и тербуталина сульфата в чистом виде и различных фармацевтических препаратах [4]. Метод основан на кулонометрическом титровании исследуемых соединений электрогенерированным хлором в присутствии метилового оранжевого в качестве индикатора. Метод требует простого оборудования и дает точные и воспроизводимые результаты.



орципреналин

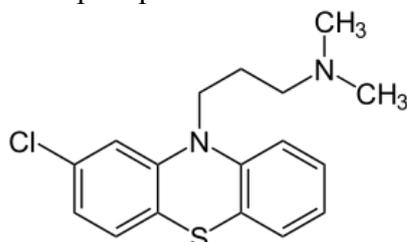


фенотерол



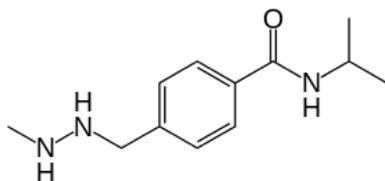
тербуталин

Разработан проточно-инжекционный кулонометрический метод определения хлорпромазина, основанный на переносе ионов в пластифицированную поливинилхлоридную (ПВХ) мембрану [5]. Используемый детектор состоит из проточной ячейки с мембраной из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ), которая содержит тетрафенилборат тетрабутиламмония в качестве электролита. Мембрана расположена между проточным раствором и внутренним водным раствором электролита. Используют две пары электродов, каждая пара образована электродом сравнения и рабочим электродом, по одной паре в каждом растворе. Потенциал между электродами сравнения регулировался четырехэлектродным потенциостатом с компенсацией омического падения. Потенциальную ступеньку, способную вызвать перенос иона хлорпромазина в мембрану, прикладывали во время прохождения широкой части образца через ячейку и измеряли соответствующее количество электричества. В выбранных условиях наблюдалась линейная зависимость между количеством электричества и концентрацией хлорпромазина в диапазоне 1×10^{-6} - 1×10^{-4} М. Предел обнаружения составлял 2×10^{-7} М. Была получена хорошая повторяемость и воспроизводимость между днями. Со стороны некоторых распространенных ионов и фармацевтических вспомогательных веществ не наблюдалось вмешательства. Предложенный метод был удовлетворительно применен для определения хлорпромазина в лекарственных препаратах и моче человека.



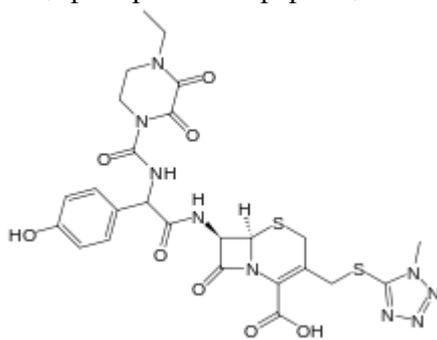
хлопромазин

Описано кулонометрическое титрование для определения гидрохлорида N-изопропил- α -(2-метилгидразино)-п-толуамида, гидрохлорида прокарбазина [6]. Этот метод специфичен и основан на количественном окислении гидрохлорида прокарбазина внутренне образующимся йодом до соответствующего «азо» соединения. Стандартное отклонение для метода составило $\pm 0,2$ и $\pm 0,3\%$, а прецизионность t_s при доверительной вероятности 95% составила $\pm 0,6$ и $\pm 0,7\%$ для лекарственного вещества и капсул соответственно.



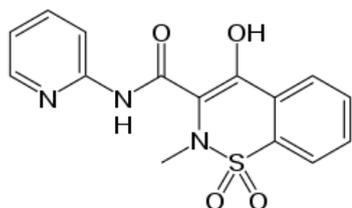
прокарбазин

В работе [7] представлен новый нанокompозитный электрод из модифицированной углеродной пасты для обнаружения цефоперазона. Нанокompозитная паста была приготовлена путем смешивания ионной жидкости, 1-бутил-3-метилимидазолия гексафторфосфата (BMIMPF₆), нанолитов графена, наночастиц Au и CeO₂ в качестве электрохимических медиаторов. Разработанный электрохимический метод определения цефоперазона основан на кулонометрической адмиттанс-вольтамперометрии с быстрым преобразованием Фурье (CFFTA_V). Сигнал анализируемого вещества был основан на заряде под пиком полной проводимости, который был рассчитан путем интегрирования сигнала в определенном диапазоне потенциалов. Отклик электрода из немодифицированной угольной пасты (CPE) определяли и сравнивали с модифицированным электродом (MCPE). После установления наилучших оптимальных рабочих условий полученный нанокompозитный электрод показал улучшенную чувствительность ($S=53,2$ нКл/мкМ для цефоперазона) и хорошую воспроизводимость около 97%. Отклик является линейным в диапазоне концентраций цефоперазона от 2 до 120×10^{-9} М с пределом обнаружения $1,20 \times 10^{-11}$ М. Кроме того, предложенный метод показал высокую чувствительность, малое время отклика (менее 5 с) и длительную-временную стабильность. Предложенный метод был успешно использован при определении содержания цефоперазона в фармацевтической композиции.

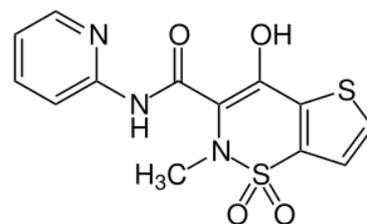


цефоперазон

Представлен метод хлорокулонометрического анализа небольших количеств пироксикама и теноксикама. Этот анализ проводят непосредственно путем кулонометрического титрования исследуемых веществ электрогенерированным хлоридом в присутствии метилового оранжевого в качестве индикатора. Результаты точны и воспроизводимы. Метод может применяться для рутинного анализа этих веществ.



Пироксикам

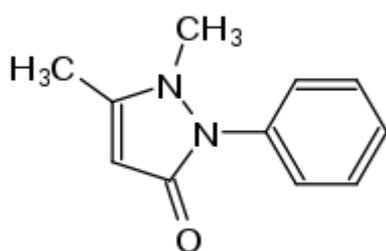


теноксикам

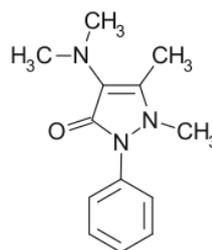
Предложен метод кулонометрического определения содержания органических кислот в растительном сырье и препаратах из него [9]. Способ осуществляют с использованием яблочной кислоты кулонометрическим титрованием. Метод основан на реакции анализируемой пробы с кулонометрическим титрантом - электрогенерированным гидроксид-ионом, образующимся при электролизе воды в присутствии фонового электролита - водного

раствора сульфата калия, при постоянном токе 5,0 мА. Содержание органических кислот (X, г) в яблочной кислоте в анализируемом образце рассчитывают по формуле: $X = I \times t \times M / F$, где I – сила тока, 0,005 А; t – время достижения конечной точки титрования, с; M – молярно-массовый эквивалент яблочной кислоты, 67 г/моль; F – постоянная Фарадея, 96485 Кл/моль.

Описан метод кулонометрического определения малых количеств (0,2-1,0 мг) феназона, аминофеназона [применяемого в качестве анальгетиков] и анальгетика с электрогенерированным бромом. Титрование проводят в анодном отделении при постоянном токе 10-15 мА (оптимальные условия), используя в качестве индикатора метиловый оранжевый. Были проанализированы смеси анальгетиков, а также таблетки Новальгетол. Метод чувствителен и воспроизводим в пределах исследуемых концентраций. Фенацетин (до 200 мг), кофеин (до 50 мг) и фенобарбитон (до 25 мг) не мешают определению этих анальгетиков.



феназон



аминофеназон

Проведено кулонометрическое титрование тиолов хлором в растворах, содержащих различные электролиты [11]. Найдены оптимальные условия определения. Разработанным методом определяли месну (0,25-10 мкмоль), L-цистеин (0,25-2 мкмоль), меркаптоянтарную кислоту (0,5-2,5 мкмоль), 3-меркаптопропионовую кислоту (0,42-8,3 мкмоль), цистеина гидрохлорид (0,5-3 мкмоль), карбимазол (0,25-2 мкмоль), тиопентал (0,1-1 мкмоль), тиогликолевая кислота (0,87-10 мкмоль), D-пеницилламин (0,125-5 мкмоль), L-глутатион (0,5-10 мкмоль) и другие соединения в фармацевтических препаратах (Мистаброн и Анти-Урон). Ошибка определения не превышала 1%.

Предложен уникальный метод кулонометрического титрования по Карлу Фишеру (КФ) для определения воды в субстанциях цефазолина натрия, цефуросима натрия, цефотаксима натрия, цефтриаксона натрия, цефоперазона натрия и моногидрата цефепима дигидрохлорида стерильного [12]. Воду определяли на кулонометре «Эксперт-007» («Эконикс-Эксперт», Россия) при силе тока 50 мА; рабочие растворы – КФИ-анод и КФИ-катод (Акватрия, Россия). Сушильная трубка заполнялась силикагелем с самоиндикацией (ГОСТ 8984-75). Непроницаемость кулонометрической ячейки контролировали по дрейфу. Дрейф не превышал 0,03 мг H₂O/мин. Точность определения воды оценивали стандартным раствором HYDRANAL® – Check Solution 1.00 с содержанием воды 1,00±0,03 мг H₂O/г (Riedel-de Haën, Германия). Титрование натриевых солей цефалоспоринов не изменяет pH рабочей среды и не влияет на стехиометрию реакции КФ. Содержание воды в испытуемых веществах определяли при трех уровнях концентрации, охватывающих диапазон 70–130 % как 100 %-й уровень, и при 6 навесках на среднем уровне. Было получено относительное стандартное отклонение 1-2%. Среднее относительное смещение составляло 1–2%. Кулонометрическое титрование по методу КФ для определения воды отличается высокой точностью и быстротой. Этот метод не требует стандартизации титранта и может быть рекомендован для использования в лабораториях контроля качества лекарственных средств и промышленных фармацевтических предприятиях.

Найдены стехиометрические коэффициенты реакций электрогенерированных галогенов и ионов гексацианоферрата (III) с природными полифенолами: рутином, кверцетином и дигидрокверцетином, а также с аскорбиновой кислотой [13]. Количество электронов, участвующих в реакциях с гексацианоферратом (III), соответствует количеству

гидроксильных групп в молекулах аналита, что находит отражение в соответствующих схемах реакций. При определении указанных соединений в модельных растворах значение ОСО составило 0,4–6. %. Предложена методика прямого количественного определения полифенолов в лекарственных препаратах по реакции с гексацианоферратом; доказана его применимость для контроля качества лекарственных средств; RSD не превышает 7%. Вариация титрантов, т. е. йода и гексацианоферрата, позволяет определять фенолы в присутствии аскорбиновой кислоты.

В работе [14] сообщается, что кулонометрия с контролируемым потенциалом является ценным методом количественного определения некоторых аминоксидов. Было извлечено от 98 до 100% хлордиазепоксида и оксидов атропина, бруцина, 3-бромпиридина, скополамина и стрихнина.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ciesielski W., Zakrzewski R., Zlobinska U. Coulometric titration of ketotifen in tablets // *Pharmazie*. 2005. Vol. 60, N 3. pp. 237-239
2. Ciesielski W., Krench A. Potentiometric and Coulometric Determination of Carbimazole // *Analytical Letters*. 2008. Vol. 33, N 8. pp. 1545-1554
3. Yaschenko N.N., Zhitar S.V., Zinovieva E.G. Determination of phenolic compounds in medicinal preparations by galvanostatic coulometry // *Chimica Techno Acta*. 2021. Vol. 8, N 1. pp. 1-3
4. Nikolici K., Arsenijevec U., Bogavac M. Coulometric determination of some // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 1993. Vol. 11, N 3. pp. 207-210
5. Ortuno J., Gil A., Sanchez-Pedreno C. Flow-Injection Coulometric Detection Based on Ion Transfer and Its Application to the Determination of Chlorpromazine // *Sensors (Basel)*. 2008. Vol. 8, N 6. pp. 3678-3688
6. Oliveri S., Vigh J., Heveran J.E. Coulometric Titration of *N*-Isopropyl- α -(2-methylhydrazino)-*p*-toluamide Hydrochloride // *Journal of Pharmaceutical Science*. 1971. Vol. 60, N 12. pp. 1851-1853
7. Norouzi P., Larijani B., Faridbod F. Determination of Cefoperazone Based on Nano-Composite Electrode Using Coulometric FFT Admittance Voltammetry / *International Journal of Electrochemical Science*. 2013. Vol. 8, N 5. pp. 6118-6130
8. Nikolic K., Bogavac M., Arsenijavic L. Coulometric determination of some antiinflammatory compounds // *Farmaco*. 1993. Vol. 48, N 8. pp 1131-1136.
9. Pat. RU 2450265C2. 2010. Method for coulometric determination of content of organic acids in plant material and preparations thereof / Абдуллина С.Г., Агапова Н.М., Хазиев Р.Ш. /
10. Nikolic K., Velasevic K., Medenica M. Coulometric determination of some analgesic pyrazolone derivatives in pharmaceutical formulations // *Acta Pharmaceutica Yugoslavica*. 1984. Vol 34. N 3. pp. 177-182
11. Giesielski W., M. Skowron Coulometric titration of thiols with electrogenerated chlorine // *Chemia Analityczna*. 2004. Vol. 49, N 5. Pp. 610-624
12. Abdullina S.G., Kalinkina E.A. Coulometric determination of water in the substances of the antiobtic cephalosporin group // *Фармацевтическая химия и фармакогнозия*. 2015. № 2. – с. 10-12
13. Ziyatdinova G.K., Nizamova A.M., Budnikov G.K. Galvanostatic coulometry in the analysis of natural polyphenols and its use in pharmacy. // *Journal of Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 65. N 11. Pp. 1176-1180
14. Janssen R.W., Discher G. Controlled potential coulometric analysis of amine-oxides of pharmaceutical interest. // *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1971. Vol. 60. N 5. pp. 798-800

Информация об авторах

Э.И. Сулейманова – кандидат химических наук, доцент кафедры.

Information about the authors

E.I. Suleymanova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department.

УДК 547.541.3, 547.542.7

Матлаб Дж. Хамыев

*Институт нефтехимических процессов Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан, mxamiyev@yahoo.com*

ОЛИГОМЕРИЗАЦИЯ ЭТИЛЕНА: ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Аннотация. В представленной статье показаны результаты исследований в области реакции олигомеризации этилена в присутствии различных катализаторов. Показаны основные закономерности реакции олигомеризации этилена и катализаторы, используемые в этом процессе.

Ключевые слова: этилен, линейные олефины, олигомеризация, гомогенный процесс, катализаторы олигомеризации

Matlab J. Khamiyev

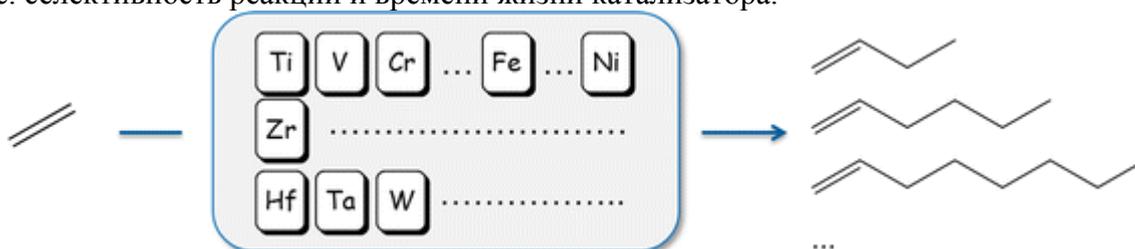
*Institute of Petrochemical Processes of Azerbaijan National Academy of Science, Baku,
Azerbaijan, mxamiyev@yahoo.com*

ETHYLENE OLIGOMERIZATION: MAIN REGULARITIES

Abstract. This article shows the results of research in the field of ethylene oligomerization in the presence of various catalysts. The main regularities of the ethylene oligomerization reaction and the catalysts used in this process are shown.

Keywords: ethylene, linear olefins, oligomerization, homogeneous process, oligomerization catalysts

Гомогенная олигомеризация олефинов играет ключевую роль в области нефтехимии [1]. Благодаря развитию катализаторов, технологий и процессов были удовлетворены требования рынка в отношении производительности, селективности и устойчивости. На протяжении более 50 лет интенсивные исследования были посвящены разработке новых комплексов переходных металлов групп IV-X и изучению их реакционной способности по отношению к олефинам, что привело к нескольким прорывам, имеющим первостепенное значение как для научных кругов, так и для промышленности. С начала 1960-х годов IFPEN способствовала внедрению инновационных промышленных решений для различных целей, от производства бензина до специальных процессов альфа-олефинов, с более чем 100 производственными установками, построенными по всему миру. Основанные на никеле, титане, цирконии или хrome каталитические системы для таких процессов и их следующего поколения являются предметом непрерывных исследований, в которых адаптация архитектуры лиганда к природе металла и способу их активации играют решающую роль в контроле селективности реакции и времени жизни катализатора.

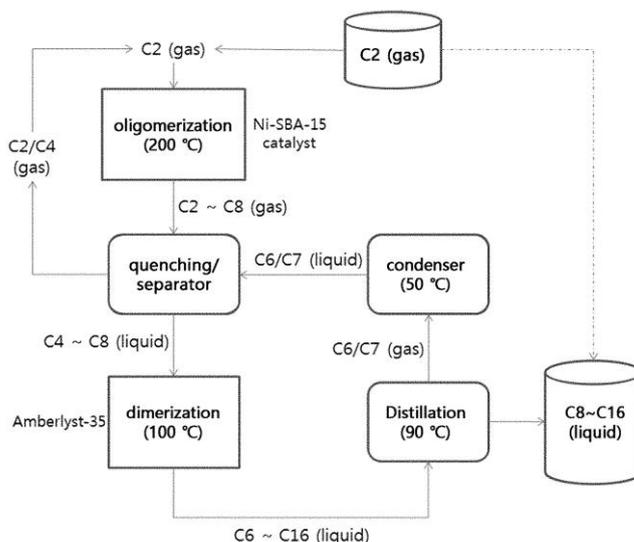


В патенте [2] описан способ олигомеризации этилена, включающий стадии: а) олигомеризации этилена в реакторе в присутствии растворителя и катализатора; б) перемещение выходящего потока из верхнего погона реактора в расположенное снаружи охлаждающее устройство и рециркуляцию сконденсированного выходящего потока в

реактор; с) перенос продуктов из нижней части реактора в ряд ректификационных колонн и в следующем порядке: i) необязательное отделение фракции C₆, ii) разделение фракции C₆, iii) одновременное разделение фракций C₈ и C₁₀ и их возврат в реактор, и iv) отделение остатков, включающих фракции C₁₂, отработанный катализатор, полимерный материал и охлаждающую среду, из процесса, в котором растворитель отделяют на любой из стадий i)-iv) и/или на дополнительной стадии.

Металлоорганические каркасы Zr₆O₄(OH)₄(bpydc)₆ (1; bpydc²⁻ = 2,2'-бипиридин-5,5'-дикарбоксилат) и Zr₆O₄(OH)₄(bpydc)_{0,84}(bpdc)_{5,16} (2; bpdc²⁻ = бифенил-4,4'-дикарбоксилат) легко металлировали Ni(DME)Br₂ (DME= диметоксиэтан) с получением соответствующих металлизированных каркасов 1 (NiBr₂)₆ и 2 (NiBr₂)_{0,84}. Оба никель(II)-содержащих каркаса катализируют олигомеризацию этилена в присутствии Et₂AlCl. В этих системах среда пор вокруг активных центров никеля существенно влияет на их селективность в отношении образования олигомеров по сравнению с полимером. В частности, монокристаллическая структура 1 (NiBr₂)_{5,64} показывает, что окружающие комплексы металл-линкер создают стерическую среду на каждом участке никеля, что делает образование полимера более благоприятным. Сведение к минимуму этой стерической перегруженности путем выделения бипиридиновых комплексов никеля (II) в каркасе со смешанными линкерами 2 (NiBr₂)_{0,84} заметно улучшает как каталитическую активность, так и селективность для олигомеров. Кроме того, обе схемы дают смеси продуктов, обогащенные более короткими олефинами (C₄₋₁₀), что приводит к отклонениям от ожидаемого распределения олигомеров Шульца-Флори. Хотя эти отклонения указывают на возможное влияние ограничения пор на селективность, контрольные эксперименты с использованием обработанного никелем бифенильного каркаса Zr₆O₄(OH)₄(bpdc)₆(NiBr₂)_{0,14} (3 (NiBr₂)_{0,14}) показывают, что они, вероятно, возникают, по крайней мере частично, из-за наличия не лигированных бипиридином форм никеля в пределах 1 (NiBr₂)_{5,64} и 2 (NiBr₂)_{0,84}.

Описаны способы олигомеризации этилена и, более конкретно, способы получения в основном олигомеров этилена C₁₀ или выше [4]. Способ может включать проведение первой олигомеризации газообразного этилена с использованием Ni-содержащего мезопористого катализатора с последующей второй олигомеризацией с использованием ионообменной смолы и т.д. с получением олигомеров этилена C₁₀ или выше. Способ получения олигомеров этилена позволяет получать олигомеры этилена C₈₋₁₆ с высоким выходом, не вызывая дезактивации катализатора, по сравнению с традиционной технологией олигомеризации этилена с помощью одностадийного процесса.



Недавно было обнаружено, что аморфные одноцентровые катализаторы на основе металлов основной группы, нанесенные на оксид кремния, способствуют олигомеризации

олефинов с высокой активностью при умеренных температурах и давлениях (~ 250°C и 1 атм). В работе [5] исследована взаимосвязь на молекулярном уровне между структурами активного центра и связанными с ними механизмами олигомеризации путем разработки аморфных моделей Ga^{3+} на основе кремнезема на основе периодических расчетов из первых принципов. Репрезентативные сайты Ga^{3+} , включая трех- и четырехкоординированную геометрию, протестированы на множественные пути олигомеризации этилена. Показано, что трехкоординированный сайт Ga^{3+} способствует олигомеризации за счет легкого процесса инициирования, который генерирует Ga-алкильный промежуточный продукт, за которым следует Ga-алкилцентрированный механизм Косси-Арлмана. Напряженная геометрия трехкоординированного сайта обеспечивает благоприятный ландшафт свободной энергии с кинетически доступным переходным состоянием внедрения этилена (1,7 эВ) и ранее не сообщавшейся стадией переноса β -гидрида (1,0 эВ), чтобы прекратить дальнейшее образование связи C-C. Этот результат, в свою очередь, предполагает, что Ga^{3+} не способствует химии полимеризации, в то время как микрокинетическое моделирование подтверждает, что внедрение этилена является стадией, определяющей скорость. Исследование демонстрирует многообещающую гибкость ионов основной группы для превращений углеводородов и, в более общем плане, подчеркивает важность локальной геометрии ионов металлов на аморфных оксидах в определении каталитических свойств. (0 эВ), чтобы прекратить дальнейшее образование связи C-C.

В последние пять лет область каталитической олигомеризации и полимеризации олефинов с использованием комплексов переходных металлов является наиболее интенсивно развивающимся направлением постметаллоценового катализа [6]. Настоящий обзор посвящен детальному анализу влияния природы металла на каталитические свойства систем на основе комплексов металлов триады железа. Рассмотрены новые и развивающиеся области применения таких комплексов в процессах олигомеризации и полимеризации олефинов (тримеризация этилена, получение олефинов с нечетным числом атомов углерода и полиэтиленовых восков, направленный синтез тяжелых фракций олигомеров этилена). Рассмотрены различные подходы к гетерогенизации катализаторов на различных твердых носителях.

Олигомеризация этилена с использованием хромового катализатора, имеющего гетероатомный лиганд, используется для получения продуктов олигомеризации, селективных по отношению к гексену и/или октену [7,8]. Однако в таких процессах также обычно образуется некоторое количество полимера в качестве нежелательного побочного продукта. Настоящее изобретение направлено на усовершенствование селективной олигомеризации этилена, где в указанном процессе используются теплообменники для обеспечения тепла, где может происходить загрязнение реактора побочными полимерными продуктами.

Авторы работы [9] сообщают о результатах олигомеризации этилена в реакторе непрерывного действия с уплотненным слоем, загруженным Ni-H β . Проведено параметризованное исследование влияния температуры (50–190°C), парциального давления этилена (8,5–25,6 бар) и среднечасовой объемной скорости (WHSV, 2,0–5,5 ч⁻¹) на конверсию этилена и селективность продукта. Стационарная конверсия этилена увеличилась с 38 до 57% при повышении давления с 8,5 до 25,6 бар из-за увеличения концентрации реагента этилена и более низких линейных скоростей при более высоких давлениях. Более высокие температуры приводили к образованию более крупных олигомеров и кокса, но влияние температуры на конверсию этилена было небольшим. WHSV играет важную роль в конверсии этилена и селективности продукта. Увеличение WHSV с 2,0 до 5,5 ч⁻¹ привело к снижению конверсии на 13%. При низкой объемной скорости (2,00 ч⁻¹) авторы наблюдали конверсию 57%, тогда как высокая объемная скорость (5,50 ч⁻¹) приводила к конверсии 44% и более высокой селективности по бутену (74,9 мас.%). Параметрический анализ послужил основой для 78-часового исследования процесса дезактивации Ni-H β . Проведено

исследование при парциальном давлении этилена 19,0 бар, 120°C и 3,1 ч⁻¹ WHSV. Деактивация катализатора происходила только в начальный период пуска, в основном из-за коксообразования. Однако незначительное коксообразование произошло после первых 8 часов, и конверсия оставалась стабильной на уровне 47% в течение всего эксперимента. Результаты показывают, что Ni-H β является эффективным катализатором олигомеризации этилена.

Катализаторы полимеризации этилена стали доступны в огромном количестве. Задача этого исследования [10] состоит в том, чтобы найти катализаторы, способные соединять молекулы этилена таким образом, чтобы образовывались не только линейные цепи, но и вариации, такие как разветвленные материалы, обладающие очень интересными механическими свойствами, такие как линейный полиэтилен низкой плотности (LLDPE). В работе представлены три различных типа катализаторов, способных одновременно выполнять несколько функций. Это «интеллектуальные катализаторы». Катализаторы типа 1 представляют собой гомогенные металлоценовые комплексы, которые можно активировать метилалюмоксаном (MAO). С помощью этилена они образуют собственный носитель и становятся гетерогенными катализаторами (самоиммобилизация) и предотвращают засорение реакторов полимеризации. Полученная смола имеет равномерно распределенные этильные ответвления (без сомономера) с уникальными свойствами, а MAO, необходимый на стадии активации, может быть переработан. Катализаторы 2-го типа представляют собой биядерные комплексы с двумя разными активными центрами. Один центр может олигомеризовать этилен, а другой может сополимеризовать олигомеры, полученные *in statu nascendi*, с этиленом с получением разветвленного LLDPE (молекула как наименьший реактор для LLDPE) и/или бимодальных смол. Катализаторы 3-го типа представляют собой MAO-активированные ди(имино)пиридиновые комплексы железа, способные олигомеризовать этилен не только с четными, но и с нечетными номерами атомов углерода. В этой реакции один катализатор одновременно выполняет три работы: олигомеризацию, изомеризацию и метатезис этилена.

Стерически модулированные бисиминовые лиганды (L1eL3) были получены реакцией 4,40-метилена-бис-(2,6-диалкиланилина) и антипирин-4-карбоксальдегида в стехиометрическом соотношении 1:2. В реакциях L1eL3 с дихлор(циклоокта-1,5-диен)палладием (II) [PdCl₂(cod)] образуются соответствующие биядерные комплексы палладия общей формулы Pd₂Cl₄L (L = L1, L2, L3). Двухядерные лиганды связываются с ионом палладия через неподеленную пару на иминных атомах азота и амидного кислорода, что приводит к квадратно-плоской геометрии вокруг металлического центра. Все палладиевые катализаторы эффективно олигомеризуют этилен с образованием фракций C_{4e}-C₂₀ при активностях до 1308 кг-олигомер моль⁻¹·Pd·1 бар·1·ч⁻¹ при 30°C в сочетании с полуторахлоридом этилалюминия [11].

Катализаторы на основе хрома являются наиболее важными катализаторами полимеризации и олигомеризации этилена, широко применяемыми для промышленного производства полиэтилена и 1-гексена [12]. Хромовый катализатор Phillips – это хорошо известный гетерогенный катализатор для промышленного производства продуктов из ПЭВП, на долю которого ежегодно приходится более 40% мирового производства. Гомогенная каталитическая система Chevron-Phillips на основе хрома является первым промышленным катализатором для производства 1-гексена посредством селективной олигомеризации этилена. Хотя с этими катализаторами на основе хрома был достигнут большой успех в промышленных применениях, в академической среде все еще ведется много споров относительно точной структуры активных частиц хрома, степеней окисления хромового центра, эффектов сокатализаторов/лигандов и каталитические механизмы. В течение последних десятилетий благодаря обширным и последовательным исследованиям этих катализаторов на основе Cr для полимеризации/олигомеризации этилена был достигнут шаг вперед в понимании механизмов. Кроме того, также освещается прогресс в понимании

механизмов циклотримеризации алкинов с использованием того же катализатора Филлипса и полимеризации этилена на катализаторе на основе Mo. Последний может служить альтернативным зеленым катализатором для промышленного производства полиэтилена.

В работе [13] показано, что олигомеризацию легких алкенов можно проводить на твердых кислотных катализаторах Бренстеда, таких как протонообменный цеолит H-ZSM-5. Геометрия пор этого катализатора накладывает ограничения на степень разветвленности продуктов и влияет на распределение продуктов низкотемпературной (250-300 °C) олигомеризации алкенов. Типичным подходом, применяемым для изучения этих сложных реагирующих систем, является «моделирование на уровне путей», состоящее из объединения нескольких реакций в одну, описывающую превращение реагента в продукт и не учитывающую любые промежуточные продукты реакции. Однако из-за грубого объединения по углеродному числу эти модели недостаточно детализированы, чтобы предсказать сложное распределение продукта и селективность процесса. Кроме того, многокомпонентная природа каждого комка затемняет подробную молекулярную информацию. Это влияет на «предсказательную силу» модели и, следовательно, на ее способность применяться за пределами диапазона условий, для которых она была специально разработана. Предлагаемая в данной работе альтернатива основана на построении микрокинетической модели, состоящей из элементарных стадий, подчиняющихся закону микроскопической обратимости. В микрокинетической модели все элементарные стадии механизма реакции рассматриваются в явном виде, без каких-либо предположений об определяющей скорости стадии. Было показано, что эти механистические модели эффективны для объяснения механизмов реакции и количественной оценки конкурирующих путей реакции для сложных сетей.

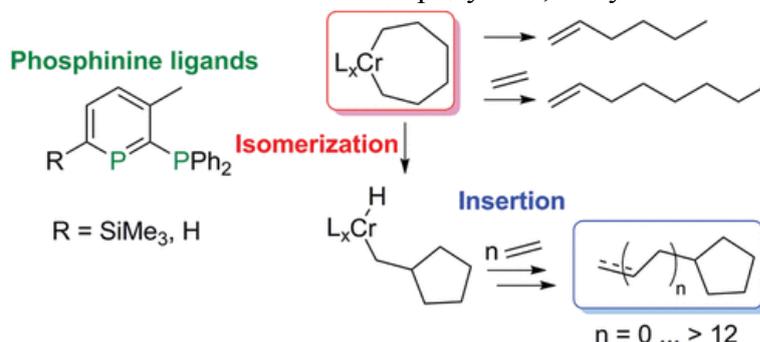
Ряд циркониевых саленовых комплексов был получен с использованием $ZrCl_4$ и натриевых солей лигандов тетраденатных оснований Шиффа [14]. В сочетании с Et_2AlCl они проявляли каталитическую активность от умеренной до высокой в олигомеризации этилена под давлением 1,0–1,8 МПа при 150°C в толуоле. Основными продуктами являются олефины C_4 – C_{10} с хорошей селективностью по отношению к линейным α -олефинам. Частота оборотов (TOF) каталитической системы $Zr(\text{сален})Cl_2 \cdot TGF/Et_2AlCl$ при давлении 1,8 МПа и мольном отношении Al/Zr 300 составила $4,93 \times 10^4 \text{ ч}^{-1}$ при удовлетворительной селективности по C_4 . Олефины C_{10} (89%) и линейные α -олефины составляют 95%. Изучено стерическое и сопряженное влияние лигандов на олигомеризацию этилена, а также влияние сокатализаторов, мольных соотношений Al/Zr, температуры реакции, давления этилена и времени жизни катализаторов.

Бум сланцевого газа в США привел к расширению мощностей по крекингу этана, что позволило получить обильные запасы этилена. Олигомеризация этилена направлена на повышение качества этого сырья до продуктов с более высокой добавленной стоимостью за счет контролируемого роста углеродной цепи. Хотя существуют сообщения о катализаторах на основе циркония для этого класса химии, эти катализаторы обычно гомогенны и требуют активации пирофорным сокатализатором, что затрудняет их промышленное внедрение. Гидриды циркония на носителе представляют собой класс гетерогенных катализаторов, которые активируются в присутствии водорода и еще не применялись для олигомеризации этилена, несмотря на их заявленную активность в других реакциях образования углерод-углеродных связей. В этой работе [15] автор сообщает о синтезе и подробной характеристике этих материалов и подтверждает наличие поверхностных частиц гидрида циркония. Показано, что полученный материал является активным катализатором олигомеризации, а присутствие поверхностных гидридных частиц является неотъемлемой частью этой активности.

Катализируемая никелем олигомеризация олефинов, появившаяся более полувека назад и успешно применяемая для производства ценных промежуточных продуктов нефтехимии, по-прежнему остается очень динамичной темой, требующей решения многих фундаментальных вопросов и отраслевых проблем. Уникальная и универсальная

реакционная способность никеля позволяет контролировать олигомеризацию этилена, пропилена и бутенов в широкий спектр олигомеров, которые пользуются большим спросом во многих областях. Интересно, что для этого были тщательно изучены и использованы как гомогенные, так и гетерогенные никелевые катализаторы. Эта редкая особенность побудила авторов связать их в этом обзоре, чтобы открыть возможности для дальнейшего развития катализаторов и инноваций. Глубокое понимание действующих механизмов реакции необходимо для возможности тонкой настройки селективности и достижения эффективности при рациональном проектировании новых каталитических систем. Таким образом, этот обзор дает полный анализ, собирая основные фундаментальные/промышленные вехи и остающиеся проблемы, стоящие перед гомогенными/гетерогенными подходами, а также новые каталитические концепции, с акцентом на последние 10 лет [16].

Десилилирование 2-фосфинофосфинина 2-PPh_{2,3}-Me-6-SiMe₃-PC₅H₂ с помощью HCl дает 2-PPh_{2,3}-Me-PC₅H₃, демонстрируя позднюю стадию модификации этого бидентатного гетероциклического лиганда [17]. Карбонильные комплексы металлов группы VI этих лигандов показали связывание и очень малые углы захвата 65,1–68,3°, а также продемонстрировали, что донорные свойства 2-фосфинофосфининов можно легко настроить за счет присутствия группы SiMe₃, которая дает более π принимая фосфиновый лиганд. Свойства 2-фосфинофосфининов сравнивали со свойствами бидентатных дифосфорных лигандов с помощью вычислений, контекстуализируя их в базе знаний о лигандах для бидентатных P,P-донорных лигандов (LKB-PP), и было обнаружено, что они занимают область лигандного пространства, примыкающую к Ar₂PN (Лиганды R)NAr₂, успешно используемые в реакциях олигомеризации этилена, но обладающие хорошо разделяемыми свойствами второго главного компонента. Тестирование 2-фосфинофосфининов в реакциях олигомеризации этилена, катализируемых Cr, показало ключевые отличия от стандартных лигандов PNP в том, что образуется высокая доля алкил- и алкенилциклопентанов. Это показывает, что различные донорные свойства 2-фосфинофосфининов влияют на реакционную способность ключевого семичленного металлоцикла, постулируемого в механизме металлоциклической реакции, с образованием продуктов изомеризации и последующего внедрения этилена. Алкил- и алкенилциклопентаны представляют собой новые продукты для ключевого промышленного сырья этилена, а алкены имеют потенциал в качестве новых мономеров, сомономеров или добавок для пластмасс. Компьютерная оценка свойств лиганда и полученные в результате карты свойств могут сыграть роль в предложении будущих разработок лигандов для изменения селективности этой промышленно значимой системы в поисках новых продуктов, получаемых из этилена.



Гетерогенные бис(имино)пиридинкобальт (II) катализаторы получали прямым взаимодействием кобальт-ионообменной фтортетракремниевой слюды и бис(имино)пиридинового лиганда [18]. Катализатор, приготовленный из лиганда с группами 2-CF₃Ph на имино азоте, показал высокую активность в олигомеризации этилена с превосходной селективностью по α-олефинам.



В работе [19] авторы исследовали олигомеризацию этилена с жидким растворителем гептаном на бифункциональных никелевых катализаторах в проточном реакторе. Был приготовлен алюминийсодержащий кремнезем КИТ-6, который использовался в качестве носителя после прокаливания в интервале температур 300–900°C. Катализаторы Ni/Al-КИТ-6 имели однородные мезопоры с диаметром в диапазоне 5,4–6,3 нм, за исключением Ni/Al-КИТ-6 (900). Температура прокаливания носителя Al-КИТ-6 изменила кислотность поверхности, а также взаимодействие Ni^{2+} и кислотных центров для никелевых катализаторов, что определено методами термопрограммированной десорбции аммиака, термопрограммированного восстановления, ИК-спектроскопии после адсорбции пиридина, твердое тело ^{27}Al ЯМР-спектроскопия с вращением под магическим углом и рентгеновская адсорбционная спектроскопия. Среди испытанных катализаторов Ni/Al-КИТ-6 (300) показал самую высокую конверсию этилена из-за увеличенного тесного контакта между Ni^{2+} и кислотными центрами. Сильное взаимодействие Ni^{2+} виды и носитель не эффективны для увеличения активности активных центров конверсии этилена. Катализаторы Ni/Al-КИТ-6 производили внутренние линейные олефины C_4 и C_6 с высокой селективностью. Ni/Al-КИТ-6 (300) обладал в 2,2–6,1 раза более низкой селективностью по отношению к 2-этил-1-бутену, чем другие катализаторы при аналогичных превращениях этилена. Смесь продуктов реакции показала, что катализаторы Ni/Al-КИТ-6 сместили распределение продуктов в сторону продуктов катализируемой кислотой олигомеризации/крекинга/реалкилирования (т.е. олефинов C_3 , C_7 , и C_{8+}) по мере увеличения концентрации брэнстедовских кислотных центров. Среди протестированных катализаторов наибольший выход олефинов C_4 и C_6 (78,3%) показал Ni/Al-КИТ-6 (300).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Breuil P-A., Magna L., Olivier-Bourbigou H. Role of Homogeneous Catalysis in Oligomerization of Olefins : Focus on Selected Examples Based on Group 4 to Group 10 Transition Metal Complexes // *Catalysis Letters*. 2015. Vol. 145. Pp. 173-192
2. Pat. 2889817C, CA, 2012 Process for oligomerization of ethylene
3. Gonzalez M., Oklawiec J., Long J.R. Ethylene oligomerization in metal–organic frameworks bearing nickel(II) 2,2'-bipyridine complexes // *Faraday Discussions*. 2017. Vol. 201. Pp. 351-367
4. Pat. 10329211B2, US, 2016 Method for oligomerization of ethylene
5. Yinan X., LiBretto N., Zhang G. First-Principles Analysis of Ethylene Oligomerization on Single-Site Ga^{3+} Catalysts Supported on Amorphous Silica // *ACS Catal*. 2022. Vol. 12. N 9. Pp. 5416-5424
6. Zubkevich S.V., Tuskaev V.A., Gagiyeva S.C. Catalytic oligomerization and polymerization of ethylene with complexes of iron triad metals: influence of metal nature and new prospects // *Uspekhi Khimii*. 2022. Vol. 91. N 3. Pp. 91-103
7. Pat. 2646401A1, EP, 2010 Heat management in ethylene oligomerization
8. Pat. 2723515C, CA, 2010
9. Jan O., Song K., Dichiara A. Ethylene Oligomerization over Ni–H β Heterogeneous Catalysts // *Ind. Eng. Chem. Res*. 2018. Vol. 57. N 31. Pp. 10241-10250

10. Alt H. Intelligent catalysts for ethylene oligomerization and polymerization // Polyolefins Journal. 2015. Vol.2. N 1. Pp. 17-25
11. Budagumpi S., Yinshan L., Hongsuk S. Synthesis of and ethylene oligomerization with binuclear palladium catalystshaving sterically modulated bis-imine ligands with methylene spacer // Journal of Organometallic Chemistry. 2011. Vol. 696. N 9. Pp. 1887-1894
12. Zhen L., Xuelian H., Cheng R. Chapter Three - Chromium Catalysts for Ethylene Polymerization and Oligomerization // Advances in Chemical Engineering. 2014. Vol. 44. Pp. 127-191
13. Vernuccio S., Broadbelt L. Co-Oligomerization of Ethylene and Propylene on Acidic Zeolites: A Microkinetic Model // AIChE Annual Meeting. 2018. Pp 1-5
14. Wang M., Hongjun Z., Kun J., Dong D. Ethylene oligomerization by salen-type zirconium complexes to low-carbon linear α -olefins // Journal of Catalysis. 2003. Vol. 220.. N 2. Pp. 392-398
15. Wright J. Supported Zirconium Hydride Catalysts for Ethylene Oligomerization // Papers of University of Notre Dame. 2019. 35 p.
16. Olivier-Bourbigou H., Breuil P-A, Magna L. Nickel Catalyzed Olefin Oligomerization and Dimerization // Chemical Reviews. 2020. Vol. 120. N 15. Pp. 243-267
17. Newland R., Smith A., Fey D. Accessing Alkyl- and Alkenylcyclopentanes from Cr-Catalyzed Ethylene Oligomerization Using 2-Phosphinophosphinine Ligands // Organometallics. 2018. Vol. 37. N 6. Pp. 1062-1073
18. Kurokawa H., Ishikawa S., Yamamoto K. Ethylene Oligomerization Using Bis(imino)pyridinecobalt(II) Complexes Immobilized in Fluorotetrasilicic Mica Interlayer as Heterogeneous Catalysts // Chemistry Letters. 2014. Vol. 43. N 8. Pp .1365-1367
19. Hwang A., Sungtak K., Kwak G. Low Temperature Oligomerization of Ethylene over Ni/Al-KIT-6 Catalysts // Catalysis Letters. 2017. Vol. 147. Pp. 1303-1314

Информация об авторе

М.Дж.Хамыев – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Полимеризационный катализ».

Information about the author

M.J. Khamyev – Ph.D., leading researcher laboratory "Polymerization catalysis".

Айгуль Айдаровна Окатьева

Языковой центр Lingua Rich, Республика Башкортостан, г. Благовещенск, ул.

Комарова, 11, alya_ufa@mail.ru

АЛГОРИТМЫ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕКСИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Аннотация. Проблема выбора эффективной методики преподавания английского языка актуальна для многих педагогов. Освоение коммуникативной компетенции, которая сегодня является одной из главных задач обучения, вызывает сложности у учеников. Под этим термином имеется в виду овладение формальными лексическими, фонетическими и грамматическими знаниями, навык правильно выбирать языковые формы в зависимости от контекста и способность к общению на английском языке. Достижению этих целей может способствовать лексический подход. В статье рассмотрены принципы и преимущества данного метода, а также способы его внедрения в учебный процесс.

Ключевые слова: английский язык, преподавание, обучение, образование, педагогика, лексический подход, коллокации, лексические блоки

Aigul A. Okateva

Lingua Rich Language Center, Republic of Bashkortostan, Blagoveshchensk, 11 Komarova

St., alya_ufa@mail.ru

ALGORITHMS FOR LEARNING ENGLISH USING THE LEXICAL APPROACH

Abstract. The problem of choosing an effective method of teaching English is relevant for many teachers. Mastering communicative competence, which today is one of the main tasks of teaching, causes difficulties for students. By this term we mean the possession of formal lexical, phonetic and grammatical knowledge, the skill to choose the correct language forms depending on the context and the ability to communicate in English. The lexical approach can help to achieve these goals. The article discusses the principles and advantages of this method, as well as the ways of its implementation in the learning process.

Keywords: English, teaching, learning, education, pedagogy, lexical approach, collocations, lexical chunks

Актуальность данной статьи объясняется недостаточной степенью изучения лексического подхода, но при этом повышенным вниманием к обсуждению его значимости в преподавании английского языка. Для достижения высоких результатов учеников педагогам важно подобрать действенный метод обучения. Сегодня учителя располагают большим спектром подходов и не ограничены в выборе. Существует фундаментальный метод, который предполагает глубокое изучение грамматики; лингвосоциокультурный метод, который требует изучения языка с помощью межкультурного общения; коммуникативный метод, основная цель которого состоит в преодолении языкового барьера; проектная методика, при которой ученик осваивает язык во время работы над мини-проектом и другие. Современная методология преподавания довольно разнообразна, и дискуссии о том, какой из подходов более эффективный, непрерывно ведутся. Исследованиями в области методологии занимались такие специалисты, как И. Л. Бим, Е. И. Пассов, Г. А. Китайгородская, А. С. Жантуганова, Л. С. Капустина, Ф. М. Рабинович, М. А. Синовац, С. Бавискар, И. В. Аркусова, Р. Ж. Рысбекова, И. И. Бурова, А. В. Буров, И. Л. Шолло [1, с. 32-33].

В настоящее время главную роль в обучении играют коммуникативно-

ориентированные методы, предполагающие общение и развитие творческих навыков обучаемых. Одним из таких методов считается лексический подход, введенный М. Льюисом в 1993 году. Вслед за ним исследованиями в данном направлении занимались Е. И. Пассов, Е. С. Кузнецова, В. В. Клочихин, С. А. Резцова, А. В. Савина, А. А. Джакаева, А. Ф. Насырова, А. К. Магомедова, Е. Н. Горбунова, З. И. Трубина, Е. А. Калинина, О. Л. Свирина, О. Г. Прокофьева, Р. Ф. Вострилова и другие [2].

Лексический подход основан на перенесении акцента в изучении английского с грамматики на лексику. Майкл Льюис предположил, что именно расширение словарного запаса способствует успешному овладению языком. Лексикон включает разнообразные словесные образования — *lexical chunks*, что означает «лексические блоки». К ним можно отнести устойчивые словосочетания (*do someone a favour, break the law, take a look*), коллокации (*high temperature, major problem*), фразовые глаголы (*take off, set up*), идиомы (*When pigs fly, broken heart, bite the bullet*), целые фразы и их начала (*Would you like...*), пословицы (*It's the early bird that gets the worm*), крылатые фразы (*As fit as a fiddle*). Коллокации являются частью лексических блоков, но при этом могут рассматриваться как отдельная группа выражений, состоящих из двух слов. Они помогают более естественно говорить, точнее передавать свою мысль и быстрее запоминать новые слова [3, с. 282-283].

Обозначим основные принципы лексического подхода:

- 1) Навык общения важнее, чем знание грамматического материала;
- 2) Освоение языка должно осуществляться от целого к частному. Путём изучения выражений можно прийти к пониманию правил, языковых форм и перевода отдельных слов;
- 3) Исследование грамматики на конкретных примерах должно заменить зазубривание правил и объяснения учителя;
- 4) Попытки угадывать смысл слов, полагаясь на контекст, способствуют лучшему запоминанию [4, с. 118].

Вопреки привычному методу запоминания слов по отдельности лексический подход в качестве предмета изучения неслучайно выбирает словосочетания и выражения. Исследования показали, что при освоении иностранного языка в долговременной памяти чаще всего остаются именно сочетания слов, потому что мозг понимает их глубже и воспринимает как одно целое [5, с. 113].

Но некоторые исследователи считают, что повышенное внимание к лексике снижает качество изучения грамматического материала. А.А. Джакаева опровергает этот довод, отмечая, что лексический подход не игнорирует грамматику, а представляет её через реальные выражения. Кроме того, исследователь подчёркивает, что данный метод позволяет верно переводить те фразы и устойчивые словосочетания, которые при дословном переводе можно понять неправильно [6, с. 130].

Противники лексического подхода обвиняют его в нехватке понятной методологии. Известный учитель английского языка Кэтрин Уолтер отмечает, что проще один раз выучить грамматическое правило и по нему составлять предложения, чем дословно запоминать разные фразы и порядок употребления в них слов. Её коллега Майкл Суон считает, что изучение клише может привести к формализации языка. Тем не менее преподаватели все чаще внедряют лексический подход в учебный процесс, используя для этого существующие методические материалы [4, с. 119; 3, с. 283].

Некоторые школьные учебники уже придерживаются принципов лексического подхода. Например, “Spotlight” («Английский в фокусе») для 11 класса под редакцией О.В. Афанасьевой, Д. Дули, И.В. Михеевой, Б. Оби и В. Эванс включает задания на установление соответствий в родном и изучаемом языках, на отработку коллокаций, изучение фразовых глаголов и идиом. Многие методические материалы, используемые в школах, можно адаптировать под требования лексического подхода. Например, при работе с “Forward” под редакцией М.В. Вербицкой можно предложить учащимся сначала прочитать текст и

ознакомиться с его содержанием, затем ответить на вопросы, связанные с пониманием текста. Это поможет лучше закрепить новую лексику благодаря контексту и обсуждению. Ход обучения, основанный на принципе «презентация – практика – воспроизведение» устарел и уступил место новой стратегии, предполагающей следующие этапы: наблюдение, гипотеза, эксперимент. Это значит, что учащиеся сначала знакомятся с конкретным примером, например, текстом, затем на его основе изучают грамматические правила и новые слова, а уже потом отрабатывают и применяют их самостоятельно [7, с. 296].

Необязательно искать специализированные учебники, чтобы внедрить лексический подход в преподавание. Для изучения лексических блоков можно подготовить собственные задания.

Таблица 1.

Пример упражнения для отработки лексических блоков и коллокаций «Соотнеси слово с его значением».

Idioms	Meanings
1) be snowed under	a) to cost a lot of money
2) lightning-fast	b) a winner
<i>Продолжение табл. 1</i>	
3) top dog	c) to have more things, especially work, than you feel able to deal with
4) throw caution to the winds	d) very rapid
5) cost a pretty penny	e) to start taking risks
6) at all costs	f) short time
7) pressed for time	g) whatever is needed to achieve something

Таким образом, лексический подход может существенно расширить возможности преподавания английского языка. Владения навыком сочетания слов делает речь более беглой, поэтому задача учеников состоит не в том, чтобы запомнить огромное количество лексики, а в том, чтобы научиться комбинировать слова друг с другом. Это отвечает практическим задачам языка и развивает коммуникативную компетенцию. Нет пользы в знании словаря, если оно не применяется в общении. Знакомство с коллокациями и другими лексическими блоками обогащает речь и позволяет сделать её более понятной для носителей языка — не tall temperature, a high temperature; не say the truth, a tell the truth. Это лишь примеры lexical chunks, которые важно изучать, чтобы погрузиться в культуру языка.

Кроме того, на личной практике автора в языковой школе Lingua Rich было выявлено, что лексический подход мотивирует и вдохновляет учеников сильнее, чем стандартные методы. Изучая преимущественно фразы и устойчивые словосочетания, которые чаще всего применяются англоговорящими людьми, учащиеся видят пользу от уроков и освобождаются от страха совершить грамматическую ошибку. Ведь они концентрируются не на форме речи, а на смысле передаваемой информации. Это помогает раньше начать говорить по-английски и совершенствовать свои коммуникативные навыки.

Тем не менее игнорировать теоретическую часть обучения не стоит. Сочетание лексического подхода и традиционного метода, при котором грамматика считается фундаментом освоения языка, позволит добиться большей эффективности. Параллельно с изучением лексических блоков стоит вводить в образовательный процесс правила и принципы построения предложений, использования различных языковых форм и времен. Однако это требует дополнительных усилий от преподавателей и учащихся, что замедляет ход внедрения данного подхода в учебную программу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рахимов М.О., Эгамбердиева Г. Современные методы преподавания английского языка // Международный научный журнал «Вестник науки». 2020. Т.2. №1 (22). С. 32-34.

2. Lewis M. The lexical approach: The state of ELT and the way forward. Boston, USA: Thomson Heinle: Language Teaching Publications, 1993. 200 p.
3. Свирина О. Л. Об обучении английским лексическим блокам // Филология и культура. 2012. № 3 (29). С. 282-285.
4. Резцова С. А. Лексический подход к обучению английскому языку (из опыта работы учителя) // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2021. № 3(163). С. 116-127.
5. Прокофьева О. Г. О применении лексического подхода при обучении английскому языку // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2017. №11. С. 112-116.
6. Джакаева А. А. Лексический подход в обучении английскому языку как иностранному: теория и практика // Мир науки, культуры, образования. 2022. № 4(95). С. 128-130.
7. Насырова А. Ф. Реализация лексического подхода в обучении английскому языку на основе УМК “Forward” // Иностранные языки в контексте межкультурной коммуникации: Материалы докладов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 25–26 февраля 2021 года. Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2021. С. 294-299.

REFERENCES

1. Rahimov M.O., Egamberdieva G. Sovremennyye metody prepodavaniya anglijskogo yazyka // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Vestnik nauki». 2020. T.2. №1 (22). S. 32-34.
2. Lewis M. The lexical approach: The state of ELT and the way forward. Boston, USA: Thomson Heinle: Language Teaching Publications, 1993. 200 p.
3. Svirina O. L. Ob obuchenii anglijskim leksicheskim blokam // Filologiya i kul'tura. 2012. № 3 (29). С. 282-285.
4. Rezcova S. A. Leksicheskij podhod k obucheniju anglijskomu yazyku (iz opyta raboty uchitelya) // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. 2021. № 3(163). S. 116-127.
5. Prokof'eva O. G. O primenenii leksicheskogo podhoda pri obuchenii anglijskomu yazyku // Vestnik Universiteta imeni O. E. Kutafina. 2017. №11. S. 112-116.
6. Dzhakaeva A. A. Leksicheskij podhod v obuchenii anglijskomu yazyku kak inostrannomu: teoriya i praktika // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. 2022. № 4(95). S. 128-130.
7. Nasyrova A. F. Realizaciya leksicheskogo podhoda v obuchenii anglijskomu yazyku na osnove UMK “Forward” // Inostrannyye yazyki v kontekste mezhkul'turnoj kommunikacii: Materialy dokladov XIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Saratov, 25–26 fevralya 2021 goda. Saratov: Izdatel'stvo «Saratovskij istochnik», 2021. S. 294-299.

Информация об авторах

А.А. Окатьева – руководитель центра.

Information about the authors

А.А. Okatieva – Head of the center.

УДК 37.012.7

Зульфия Абдулловна Аксютина

*Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия,
aksutina_zulfia@mail.ru*

ТРАНСФЕР ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В СРЕДНЕМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация. В период бурного развития культуры и цивилизации исследовательские компетенции становятся все более востребованными. Однако, школьное образование в большей степени формирует исследовательские компетенции у школьников с выраженной одаренностью или высокой академической успеваемостью. Очевидно, что необходим поиск новых педагогических технологий, нацеленных на формирование и развитие исследовательских компетенций у всех школьников. По мнению автора статьи, необходимо организовать и осуществить экспериментальное исследование по трансферу исследовательских компетенций посредством применения категориальной методологии, а для этого первоначально необходимо осуществить методологическое обеспечение эксперимента. Цель статьи заключается в поиске методологического обеспечения эксперимента в среднем общем образовании по формированию исследовательских компетенций [универсальных учебных познавательных действий (базовых логических и базовых исследовательских)] средствами категориальной методологии. Автор проводит анализ научно-исследовательских работ, посвященных исследовательской деятельности школьников и на этой основе приходит к некоторым положениям, которые и будут заложены в планируемый педагогический эксперимент. В качестве методов используются разнообразные теоретические общенаучные методы. Исходная методологическая позиция сопряжена с синтезом категориального, системного и компетентностного подходов. Опора на компетентностный подход обеспечивается государственным образовательным стандартом среднего общего образования. Опора на категориальный подход определяет применение категориальных методов как содержания образования и средства развития исследовательских компетенций старшеклассников. Опора на системный подход позволяет рассматривать среднее общее образование как часть целостной системы образования в Российской Федерации. В заключении описаны ключевые идеи и положений для дальнейшей разработки технологии по формированию исследовательских компетенций у старшеклассников, определены основные подходы для методологического обеспечения эксперимента в среднем общем образовании по трансферу исследовательских компетенций.

Ключевые слова: исследовательские компетенции, категориальная методология; коммуникации, среднее общее образование, технология, трансфер компетенций

Zulfiya A. Aksyutina

Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia, aksutina_zulfia@mail.ru

TRANSFER OF RESEARCH COMPETENCIES: METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE EXPERIMENT IN SECONDARY GENERAL EDUCATION

Abstract. During the period of rapid development of culture and civilization, research competencies are becoming more and more in demand. However, school education to a greater extent forms research competencies in schoolchildren with pronounced giftedness or high academic performance. Obviously, it is necessary to search for new pedagogical technologies aimed at the

formation and development of research competencies in all schoolchildren. According to the author of the article, it is necessary to organize and implement an experimental study on the transfer of research competencies through the use of categorical methodology, and for this, it is initially necessary to carry out the methodological support of the experiment. The purpose of the article is to search for the methodological support of the experiment in secondary general education on the formation of research competencies [universal educational cognitive actions (basic logical and basic research)] by means of categorical methodology. The author analyzes research papers devoted to the research activities of schoolchildren and, on this basis, comes to some provisions that will be included in the planned pedagogical experiment. Various theoretical general scientific methods are used as methods. The initial methodological position is associated with the synthesis of categorical, systemic and competency-based approaches. Reliance on the competence-based approach is provided by the state educational standard of secondary general education. The reliance on the categorical approach determines the application of categorical methods as the content of education and a means of developing the research competencies of high school students. Relying on a systematic approach makes it possible to consider secondary general education as part of an integral system of education in the Russian Federation. In conclusion, the key ideas and provisions for the further development of technology for the formation of research competencies in high school students are described, the main approaches for the methodological support of the experiment in secondary general education on the transfer of research competencies are identified.

Keywords: research competencies, categorical methodology, communications, secondary general education, technology, competencies transfer

Введение

В бурно развивающейся культуре и цивилизации ключевой чертой выступают трансферы интеллектуально-духовной природы. В школьном образовании можно наглядно наблюдать трансферы обучающихся, связанные с перемещением со ступени начального общего на ступень основного общего, а далее на ступень среднего общего образования. Трансферы обнаруживаются и в интенсивном перемещении знаний и компетенций, что находит отражение в постоянном их усложнении. Трансферы приводят развивающегося человека к различного рода рискам развития: нарушениям адаптационных механизмов личности, снижению учебной мотивации, нерациональным сдвигам в копинг-стратегиях и др. Полагаем, что трудности, обусловленные освоением метапредметных результатов основной образовательной программы в среднем общем образовании (под которыми будем подразумевать овладение универсальными учебными познавательными действиями), возможно преодолеть путем внедрения в образовательный процесс категориальной методологии.

Проблема трансферов, имеющих интеллектуально-духовную природу, целостно наблюдается в многоуровневой системе образования, а ее решение необходимо начинать с истоков возникновения – средней школы. Проблема обусловлена общей ситуацией, сложившейся к началу XXI в. в науке и образовании. Причина ее кроется в кризисном состоянии науки, которая преимущественно кроется в экстенсивной стратегии. У учащихся это находит отражение в отсутствии освоения технологии получения нового знания. Отметим, что в современной педагогической науке, особенно в частных методиках преподавания, достаточно развиты и продуктивно применяются технологии передачи знаний учителем. Вместе с тем, мотивирование к исследовательской деятельности осуществляется лишь среди школьников с высокими образовательными результатами и одаренных. Можно утверждать, что отсутствуют целенаправленные технологии по мотивации обучаемых к исследовательской деятельности. Учителя не вооружены инструментами для безопасной и быстрой адаптации обучающихся при переходах на более высокий уровень обучения (например, из среднего общего в высшее образование). Указанные недостатки нацеливают на необходимость проектирования такого рода технологии.

В работе, связанной с обзором научных публикаций по проблеме исследования [1] обнаружено три основных направления научных исследований со школьниками: организация научных исследований при изучении школьных дисциплин; процессуальная сторона формирования исследовательских компетенций у школьников; организация научных исследований с младшими школьниками. Отметим, что последнее направление представлено, по ее мнению, незначительным количеством публикаций. Она выделяет и отдельные направления исследований «рассмотрение исследовательской деятельности как средства работы с одаренными детьми; опыт проведения детских научных конференций и конкурсов; обучение студентов организации исследовательской деятельности в школе» [1, с. 193]. В обзоре нет ни одной статьи, которая бы освещала технологические аспекты формирования исследовательских компетенций у старшеклассников, что является доказательством явной неразработанности рассматриваемой научной проблемы. Исследовательская деятельность рассматривается как элитарная, доступная лишь одаренным школьникам, что снижает педагогические возможности в формировании интеллектуального капитала.

Важным для нас является мнение: «Образование, как и наука – сила, посредством которой пробуждаются потенциальные, латентные самые разнообразные и множественные задатки и возможности человека, а затем трансформируются в его способности» [2, с. 69].

В научном дискурсе можно обнаружить обращение к проблеме формирования исследовательских компетенций у школьников на примере уроков математики. Они пишут: «Формирование самостоятельного опыта выполнения исследовательских работ учащимися, осуществляется в ходе их участия в научных школьных объединениях, конференциях различного уровня и т. д.», где «происходит осознание, осуществляется перенос сформированных умений в новые условия, формируются элементы исследовательских компетенций, обогащается опыт выполнения учебных исследований» [3, с. 184]. Для разработки технологии по формированию исследовательских компетенций указанные позиции являются важными.

Отметим, что в качестве истоков для формирования исследовательских компетенций возможно использовать тот опыт, который накоплен по в вузах, тем самым обеспечивая трансфер из высшего образования в среднее. Вполне можно согласиться с Л. А. Никитиной, предлагающей взаимодействовать школам и вузам в решении рассматриваемой проблемы [4], использовать различные образовательные ситуации [5], художественную литературу [6] а также воспользоваться моделью развития исследовательской компетентности [7], адаптировав ее к целям будущего эксперимента с учетом содержания и структуры исследовательской компетентности школьников старших классов [8].

Зачастую исследовательскую деятельность школьников авторы публикаций называют учебно-исследовательской. «Учебно-исследовательская деятельность – это овладение учащимися технологии исследования» [9, с. 44]. Мы полагаем, что данную деятельность уместнее рассматривать несколько иначе – как овладение учащимися технологии получения нового знания, что для нашего исследования является принципиальным.

В научных публикациях исследовательские компетенции определяют, как «знания, умения и навыки личности, проявляющиеся при решении интеллектуально-творческих задач (проблем) в учебно-исследовательской и экспериментальной деятельности, при интерпретации и формулировании выводов» [7, с. 188]. Данная позиция близка нам. Вместе с тем в научных публикациях, посвященных школьникам, акцент делается не на решении интеллектуально-творческих задач, а на методе проектов как средстве формирования исследовательских компетенций. Так, например, в работе [10] рассматривается метод проектов как эффективный в формировании исследовательских компетенций у школьников. В другом исследовании [11] находим подтверждение: «...Эффективными формами работы по формированию исследовательских компетенций обучающихся старших классов являются работа в минигруппах, группах, разработка проектов, защита проектов, опыты и

эксперименты» [10, с. 108].

Отметим, что по результатам проводимого анализа научных публикаций следует говорить о направленности исследований на формирование исследовательских компетенций у школьников в контексте образовательных дисциплин.

Авторы-исследователи акцентируют внимание на уроках истории, где средством формирования выступает художественная литература [11], обращаются к урокам географии, на них средством выступают практические работы на местности [12], рассматривают уроки биологии, где исследовательские компетенции формируются посредством английского языка [13]. Можно говорить о том, что с одной стороны, исследователи видят перспективность формирования исследовательских компетенций у школьников, осуществляют поиск путей для этого, а с другой, можно утверждать, образовательные технологии, направленные на данную работу, отсутствуют. Данный факт доказывает перспективность исследования по проектированию технологии формированию исследовательских компетенций у школьников, обучающихся на ступени среднего общего образования.

«Одно из перспективных и легко реализуемых направлений работы образовательных организаций – привлечение школьников в различные мультидисциплинарные кружки, секции, объединения» [14, с. 161]. В этом исследовании было доказано, что благодаря перечисленным формам внеклассной работы возможно формирование исследовательских компетенций. Эта позиция важна для дальнейшего проектирования технологии.

При этом реализуя проект – осуществим апробацию исследования, под которой понимаем «процесс и результат оценки и одобрения научным сообществом истинности, эффективности, результативности и новизны результатов исследования в различных формах с целью корректировки недостатков и дальнейшего совершенствования» [15, с. 103]. Ведь ранее мы обнаружили, что «применение категориальных методов в научно-исследовательской деятельности способствуют развитию когнитивных навыков, формированию фундаментальных научных знаний у студентов, созданию творческой среды для реализации научных исследований» [16, с. 15]. Это позволяет проверить эффективность категориальной методологии на школьниках.

Отметим, в современной науке сформирована категориальная методология как междисциплинарный инструментальный научных исследований. Категориальная методология разрабатывается В. И. Разумовым [17]. Им и его учениками подготовлены и изданы учебники по методологии для вузовского образования¹ и диссертационных исследований², описана классификация методов исследования, применительно к педагогике. Методология широко применяется в исследованиях по педагогике, психологии, экономике, истории, философии и другим наукам. Особо отметим, что разрабатываемый проект не имеет ни отечественных, ни зарубежных аналогов.

«Есть основания предположить, что выход интеллектуальных способностей человека на новый уровень связан с необходимостью выделить и изменить определенное качество мышления. Такое изменение должно быть нацелено на решение двух задач: ... следует формировать когнитивные стратегии, ... важно работать над системой когнитивных технологий...» [18, с. 71].

К реализации эксперимента будут привлечены: «психолог как специалист по тестированию способностей учащихся, экспертизе содержания образования; игротехник – специалист, разрабатывающий индивидуальный план обучения; учитель ТДИС (теория динамических информационных систем) – специалист по развитию системного мышления с использованием категориальных схем; учитель личностного роста – специалист, обучающий

¹ Боуш Г. Д., Разумов В.И. Методология научных исследований (в курсовых и выпускных квалификационных работах) : учебник. М. : ИНФРА-М, 2019. 210 с.

² Боуш Г. Д., Разумов В.И. Методология научного исследования (в кандидатских и докторских диссертациях) : учебник. М. : ИНФРА-М, 2020. 227 с.

коммуникациям, навыкам саморазвития; наставник» [19, с. 68].

Цель исследования – методологическое обеспечение эксперимента в среднем общем образовании по формированию исследовательских компетенций [универсальных учебных познавательных действий (базовых логических и базовых исследовательских)] средствами категориальной методологии.

Методика проведения исследования

В качестве методов обоснования методологического обеспечения эксперимента в среднем общем образовании по формированию исследовательских компетенций [универсальных учебных познавательных действий (базовых логических и базовых исследовательских)] средствами категориальной методологии воспользуемся разнообразными теоретическими общенаучными методами.

Исходная методологическая позиция базируется на синтезе категориального, системного и компетентностного подходов.

Разработка технологии внедрения категориальной методологии в среднее общее образование, обеспечит развитие не только универсальных учебных познавательных действий (базовых логических и базовых исследовательских), но и развитие творческого и эвристического (инновационного) мышления, основывающихся на механизмах управления знаниями, с учетом их трансформаций для разных уровней обучения, где среднее общее образование выступает одним из частных случаев.

Результаты исследования

Опора на компетентностный подход требует обращения к нормативным актам. При проектировании эксперимента по трансферу исследовательских компетенций в среднем общем образовании будем опираться на изменения, внесенные в государственный образовательный стандарт среднего общего образования (далее – ГОС СОО) от 2022 года³. Указанный документ в разделе «Требования к результатам освоения основной образовательной программы» предусматривает наличие у учащихся метапредметных результатов освоения основной образовательной программы. Среди результатов выделяются универсальные учебные познавательные действия, а к ним отнесены базовые логические и базовые исследовательские действия, которые для нас и будут являться ориентиром и результатом реализации технологии, которая будет разработана и реализована в образовательном процессе.

Опора на категориальный подход определяет применение совокупности категориальных методов в качестве содержания образования и средства развития исследовательских компетенций старшеклассников. Основной упор делаем на категориальные схемы. «Категориальные схемы – часть категориальных методов, инструменты, обеспечивающие осмысление и понимание любого объекта» [20, с. 49]. Категориальные схемы включают в себя группы методов: «распространенные схемы систем; методы, основанные на идее триадичности; методы исследования активного качества в объектах; методы исследования объектов с внутренними противоречиями; методы категориальной символики; метод категориального маятника; методы теории динамических информационных систем» [20, с. 49-50].

Опора на системный подход позволяет рассматривать среднее общее образование как часть целостной системы образования в Российской Федерации. Данная ступень должна обеспечивать преемственность перехода учащихся на новую более высокую ступень образования (высшее или среднее профессиональное), по аналогии модели развития исследовательской компетентности студентов [21].

Обсуждение результатов

Хотя компетентностный подход и подвергается критике, он по-прежнему сохраняет

³ Приказ Министерства просвещения РФ от 12.08.2022 г. № 732 "О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 г. № 413". URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209120008>. Дата обращения: 29.01.2023.

свое ведущее положение в образовании. Дополнения в ГОС СОО от 2022 года ⁴ предполагают освоение учащимся, осваивающими среднее общее образование, основных методов исследования, опору в формировании исследовательских действий на учебно-исследовательскую и проектную деятельность. Это дает нам понимание необходимости опоры на учебно-исследовательскую деятельность, где проектная будет являться дополняющей, а не основной. Учебно-исследовательская деятельность будет служить фундаментом, а проектная – своеобразным каркасом.

Замысел разрабатываемого эксперимента заключается в таком перемещении знаний категориальной методологии, которое будет способствовать формированию исследовательских компетенций у обучающихся, с переносом адаптированной технологии из высшего образования в среднее.

Категориальный подход основа категориальной методологии, где категориальные схемы включают в себя достаточно большое количество методов. В настоящее время требуется их ревизия с целью выявления тех, которые будут доступны для изучения и использования в учебно-исследовательской деятельности старшеклассников. Категориальные схемы должны выступить содержанием и средством образования, способствующим формированию исследовательских компетенций.

Опору на системный подход необходимо осуществлять для решения вопросов, связанных с обеспечением преемственности среднего общего образования и других, более высоких уровней, на которые школьники переходят после завершения школьного образования. Это будет способствовать повышению адаптационных механизмов личности, учебной мотивации, формированию рациональных копинг-стратегий и др.

Выводы

1. На основании научных публикаций последних лет сделан вывод о том, что в настоящее время технологические аспекты формирования исследовательских компетенций у старшеклассников остаются неразработанными, что является подтверждением актуальности такой технологии.

2. В качестве ключевых идей и положений для дальнейшей разработки технологии по формированию исследовательских компетенций у старшеклассников являются:

идея формирования исследовательских компетенций у всех учащихся, независимо от уровня успеваемости и степени одаренности,

идея переноса сформированных умений из учебно-исследовательской деятельности в новые условия, в качестве каковых будет выступать проектная деятельность,

идея вовлечения старшеклассников в междисциплинарное объединение, направленное на освоение категориальных схем с применение их на интересующем школьника материале,

учебно-исследовательская деятельность старшеклассников включает овладение ими технологии получения нового знания, посредством освоения категориальной методологии и ее методов, где результатами выступают метапредметные компетенции (базовые логические и базовые исследовательские действия).

3. Основными подходами для методологического обеспечения эксперимента в среднем общем образовании по трансферу исследовательских компетенций должны выступать:

компетентностный подход, обеспечивающий результативный компонент педагогической технологии;

категориальный подход, позволяющий оформить содержательный компонент технологии;

системный подход, создающий более благоприятные по сравнению с традиционными педагогически условия преемственности перехода на другие образовательные ступени.

⁴ Приказ Министерства просвещения РФ от 12.08.2022 г. № 732 "О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 г. № 413". URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209120008>. Дата обращения: 29.01.2023.

Заключение

В дальнейшем планируется разработка педагогической технологии, направленной на формирование исследовательских компетенций у старшеклассников; подготовка и публикация учебного пособия для школьников, отражающего категориальную методологию.

Кроме того, предстоит решение вопросов, связанных с педагогическими измерениями метапредметных компетенций как результатов развития обучающихся, освоивших категориальную методологию, выявлению специфики деятельности организаторов эксперимента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семёнова Н.А. Учебная исследовательская деятельность: обзор публикаций в научных изданиях // Научно-педагогическое обозрение. 2018. № 1 (19). С. 191–197. DOI 10.23951/2307-6127-2018-1-191-197
2. Пузиков В.Г., Турченко В.Н. Стратегия опережающего развития образования: парадигмальный анализ. Омск: Омская гуманитарная академия, 2022. 340 с.
3. Дорофеев С.Н., Журавлева О.Н., Рыбина Т.М., Сарванова Ж.А. Формирование исследовательских компетенций учащихся на современном уроке математики // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 181–185.
4. Никитина Л.А. Взаимодействие вуза и школы в организации педагогической практики – условие формирования исследовательской компетентности в методической подготовке будущего педагога // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 358. С. 174–178.
5. Никитина Л.А. Образовательные ситуации в методической подготовке как средство становления исследовательской компетентности педагога // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2010. № 5 (73). С. 15–24.
6. Полякова А.Н. Использование художественной литературы на уроках истории как основа формирования исследовательских компетенций учащихся // Школа будущего. 2018. № 2. С. 53–57.
7. Новиков П.В. Развитие исследовательских компетенций младших школьников в учебной деятельности // Казанский педагогический журнал. 2022. № 4 (153). С. 183–191. DOI: 10.51379/KPJ.2022.154.4.022
8. Губайдуллин А.А. К вопросу о содержании и структуре исследовательской компетентности обучающихся // Образование и саморазвитие. 2010. № 5 (21). С. 120–124.
9. Пяткова О.Б. Формирование исследовательской компетенции учащихся при изучении естественнонаучных дисциплин // Школьные технологии. 2018. № 5. С. 43–47.
10. Чернобровкина Ю.В., Чернобровкина И.И. Формирование исследовательской компетенции школьников посредством метода проектов в школьном образовании // Ученые записки Орловского государственного университета. 2020. № 1 (86). С. 285–287.
11. Гармаева Т.В., Климентьева Н.Н., Содномова Н.Б. Формирование исследовательских компетенций обучающихся старших классов // Общество: социология, психология, педагогика. 2021. № 4 (84). С. 108–113. DOI: 10.24158/spp.2021.
12. Репринцева Ю.С. Практические работы на местности как форма формирования исследовательской компетенции школьников в процессе изучения географии // География в школе. 2020. № 4. С. 23–31.
13. Смелова В.Г. Изучая животных, учим английский: программа интегрированного элективного курса "Амфибии. Рептилии" // Биология в школе. 2022. № 1. С. 62–75.
14. Фещенко Т.С., Рогова О.В., Завьялова О.С. Естественнонаучное образование школьников: от теории к практике // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9-2 (99). С. 161–168. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.99.9.069>
15. Аксютин З.А. Классификации видов апробации результатов исследования // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2022. Т. 16. № 2. С. 98–104.

16. Аксютинa З.А. Категориальный анализ и категоризация в научно-исследовательской деятельности студентов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2022. № 1-3 (62). С. 12–15.
17. Разумов В.И. Категориально-системная методология в подготовке ученых. Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. 2004. 277 с.
18. Разумов В.И. Категориальные схемы в междисциплинарных исследованиях // Вестник Омского университета. 2020. Т. 25. № 2. С. 70–74.
19. Аксютинa З.А., Поминов Д.Ю., Разумов В.И. Перспективы образования: результаты форсайтинга в Омске // Педагогика. 2022. Т. 86. № 9. С. 61–72.
20. Аксютинa З.А. Категориальный анализ как инструмент методологии социального воспитания // Педагогика. 2022. Т. 86. № 3. С. 46–54.
21. Лукашенко С.Н. Модель развития исследовательской компетентности студентов вуза в условиях многоуровневого обучения (на примере изучения математических дисциплин) // Образование и наука. 2012. № 1 (90). С. 73-85.

REFERENCES

1. Semenova N.A. Educational research activities: a review of publications in scientific publications. *Scientific and Pedagogical Review*, 2018, no. 1 (19), pp. 191–197. DOI 10.23951/2307-6127-2018-1-191-197
2. Puzikov V.G., Turchenko V.N. Strategy for the advanced development of education: a paradigm analysis. Омск: Омск Humanitarian Academy. 2022. 340 p.
3. Dorofeev S.N., Zhuravleva O.N., Rybina T.M., Sarvanova Zh.A. Formation of research competencies of students at the modern lesson of mathematics. *Modern science-intensive technologies*, 2018, no. 10, pp. 181–185.
4. Nikitina L.A. Cooperation of higher educational institution with school in organizing pedagogical practice as condition of forming research competence in methodological training of future teachers. *Bulletin of Tomsk State University*, 2012, no. 358, pp. 174–178.
5. Nikitina L.A. Educational situations in methodological training as a means of becoming a teacher's research competence. *Education and science. News of the Ural Branch of the Russian Academy of Education*, 2010, no. 5 (73), pp. 15–24.
6. Polyakova A.N. The use of fiction in history lessons as a basis for the formation of students' research competencies. *School of the future*, 2018, no. 2, pp. 53–57.
7. Novikov P.V. Development of research competencies of junior schoolchildren in educational activities. *Kazan Pedagogical Journal*, 2022, no. 4 (153), pp. 183–191. DOI: 10.51379/KPJ.2022.154.4.022
8. Gubaidullin A.A. To the question of the content and structure of the research competence of students. *Education and self-development*, 2010, no. 5 (21), pp. 120–124.
9. Pyatkova O.B. Formation of research competence of students in the study of natural sciences. *School technologies*, 2018, no. 5, pp. 43–47.
10. Chernobrovkina Yu.V., Chernobrovkina I.I. Formation of research competence of schoolchildren through the method of projects in school education. *Uchenye zapiski Oryol State University*, 2020, no. 1 (86), pp. 285–287.
11. Garmaeva T.V., Kliment'eva N.N., Sodnomova N.B. Formation of research competencies of senior students. *Society: sociology, psychology, pedagogy*, 2021, no. 4 (84), pp. 108–113. DOI: 10.24158/spp.2021.
12. Reprintseva Yu.S. Practical work on the ground as a form of formation of research competence of schoolchildren in the process of studying geography. *Geography at school*, 2020, no. 4, pp. 23–31.
13. Smelova V.G. Studying animals, we learn English: the program of the integrated elective course "amphibians. Reptiles". *Biology at school*, 2022, no. 1, pp. 62–75.
14. Feshchenko T.S., Rogova O.V., Zavyalova O.S. Natural Science Education of

Schoolchildren: From Theory to Practice. International Research Journal, 2020, no. 9-2 (99), pp. 161–168. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.99.9.069>

15. Aksyutina Z.A. Classification of types of approbation of research results. Human Science: Humanities Studies, 2022, vol. 16, no. 2, pp. 98–104.

16. Aksyutina Z.A. Categorical analysis and categorization in the research activities of students. Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University. M. Akmulla, 2022, no. 1–3 (62), pp. 12–15.

17. Razumov V.I. Categorical-system methodology in the training of scientists. Omsk: Omsk State University. F.M. Dostoevsky. 2004. 277 p.

18. Razumov V.I. Categorical schemes in interdisciplinary research. Bulletin of Omsk University, 2020, vol. 25, no. 2. pp. 70-74.

19. Aksyutina Z.A., Pominov D.Yu., Razumov V.I. Prospects for education: results of foresight in Omsk. Pedagogy, 2022, vol. 86, no. 9, pp. 61–72.

20. Aksyutina Z.A. Categorical analysis as a tool for the methodology of social education. Pedagogy, 2022, vol. 86, no. 3, pp. 46–54.

21. Lukashenko S.N. The model of higher school students' research competence in multilevel training (taking as the example the mathematical disciplines studies). Education and science, 2012, no. 1 (90), pp. 73–85.

Информация об авторах

З.А. Аксютина – кандидат педагогических наук, доцент кафедры педагогики и социальной работы.

Information about the authors

Z.A. Aksyutina – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Pedagogy and Social Work.

УДК 372.003

Анна Юрьевна Васильева

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия, vasileva_anika@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2814-6995>

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы подготовки студентов-дизайнеров и развитие у них проектного мышления средствами компьютерной графики. Рассматриваются задачи и перспективы учебного курса «Компьютерная графика в дизайне». Цель статьи выявление принципов развития проектного мышления, теоретизация приемов, применяемых в изучении курса. Отражена проблема сохранения художественных навыков и их применение при выполнении дизайн-проектов. Результатами исследования служит структура поэтапного введения в учебный курс компьютерных технологий и выполнение заданий, направленных на развитие проектного мышления.

Ключевые слова: проектная деятельность, компьютерная графика, педагогические условия

Anna Y. Vasilieva

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia, vasileva_anika@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2814-6995>

DEVELOPMENT OF PROJECT THINKING USING COMPUTER GRAPHICS

Abstract. The article deals with the issues of training design students and developing their design thinking by means of computer graphics. The tasks and prospects of the training course "Computer graphics in design" are considered. The purpose of the article is to identify the principles of development of design thinking, theorizing the techniques used in the study of the course. The problem of preserving artistic skills and their application in the implementation of design projects is reflected. The results of the study are the structure of the phased introduction of computer technologies into the curriculum and the fulfillment of tasks aimed at the development of project thinking.

Keywords: project activity, computer graphics, pedagogical conditions

Введение. В современных условиях подготовки специалистов по направлениям подготовки: «Дизайн» и «Декоративно-прикладное искусство и дизайн» актуально развитие у студентов проектного мышления для осуществления проектной деятельности. Проектная деятельность без использования художественных и эстетических канонов — это специфическая форма мыслительных процессов. Исходя из этого, для подготовки студентов-дизайнеров необходимо ставить задачу: формировать художественно-проектную деятельность. В статье рассматривается развитие проектного мышления средствами компьютерной графики.

Проектное мышление — это особый вид мышления, отличающиеся сложным мыслительным процессом, который может выступать элементом деятельности дизайнера. Проектное мышление приводит к получению решений, их выбору, созданию необычных и оригинальных идей, обобщений, теорий, а также форм. Оно может воплотить абстрактные идеи посредством перевода образов в геометрические и пластические формы. Проектное

мышление включает в себя образные и художественные характеристики. Исполнение идеи является частью всего цикла проектного мышления. Это не просто мышление, это ремесло, мастерство, которое основано на практике [4, с. 42]. Развитие проектного мышления у студентов-дизайнеров один из основополагающих аспектов при подготовке высококвалифицированных специалистов.

Цель статьи — выявление принципов развития проектного мышления, теоретизация приемов, применяемых в изучении курса «Компьютерная графика в дизайне».

Вопросами развития и выявления структуры проектного мышления занимались исследователи: З.Г. Бегенау [1], Дж. Гилфорд [3]. Проектное мышление исследовалось российскими психологами: П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев и др.

Проблема исследования заключается в сохранении специфичных художественных навыков, приобретенных в ходе изучения дисциплин художественного цикла и их использовании при выполнении творческих заданий средствами компьютерной графики.

В современной художественной и дизайнерской деятельности все чаще применяются компьютерные технологии. Но без знаний и навыков работы академического рисунка или живописи, основ цветоведения и композиции невозможно создать иллюстрацию, выполнить подбор цветовой палитры, соотнести элементы фирменного стиля, согласно правилам композиции.

Творческие задания, направленные на создание формы объекта дизайна, стилизацию формы и проектирование знака наилучшим образом развивают проектное мышление у студентов. З.Г. Бегенау приводит следующую структуру проективного мышления и рассматривает следующие моменты:

- синтез внутреннего, сокровенного, имманентно присущего творцу, и внешнего, даваемого культурой. Первое известно только самому проектировщику, второе может быть исследовано искусствоведами. Важна степень осознанности мотивов, образов, алгоритмов действия, свидетельствующая о профессиональном самосознании и возможности их использования в случае необходимости, либо выработки новых мотивов и алгоритмов в случае недостаточности уже существующих;

- единство новаторского и репродуктивного, соотношение которых меняется в различных проектах. Перевес инновационного в самой форме неизбежно вызовет ее отторжение от аудитории, особенно среднего возраста, поскольку человек зачастую негативно воспринимает абсолютно новое, незнакомое, требующее больших психических усилий по его освоению. Доминирование репродуктивного обернется каноном, предполагающим минимальную новизну, что не всегда хорошо в современной социокультурной ситуации;

- синтез воображения и абстрактного мышления, воображения и рассудка, интуитивного и дискурсивного;

- способность предвосхищения (антиципация), предполагающая «вырастание» будущего из настоящего, а не беспочвенное фантазирование. Уже поэтому «нечто» может быть названо «проектом», только если предполагает возможность его осуществления. И напротив, неосуществленная идея полностью не отвечает содержанию понятия «проект»;

- консистенция самых различных знаний, – от знания свойств материала или технологии, до методов исследования потребительской аудитории;

- игровой момент, сближающий проективную деятельность с эстетической, что особенно важно для дизайнера как эстетического формообразования;

- единство отражения и преобразования действительности;

- единство сознательного и бессознательного, либо подсознательного – в первую очередь, архетипов и стереотипов [1, 62].

Такая характеристика общая для разных специальностей, для дизайнерской деятельности может использоваться частично, в зависимости от сложности проектируемого объекта и области его применения.

На современном этапе подготовки специалистов по направлениям подготовки «Дизайн» и «Декоративно-прикладное искусство и дизайн» использование цифровых компьютерных технологий неотъемлемый критерий профессионализма. «Компьютерные технологии обучения — это совокупность методов, приемов, способов, средств обеспечения педагогических условий для целенаправленного процесса обучения, самообучения и самоконтроля на основе компьютерной техники, средств телекоммуникационной связи, интерактивного программно-методического обеспечения, моделирующая часть функций педагога по представлению, передаче информации, управлению учебной и познавательной личностно-ориентированной деятельности обучающегося» [5, с. 14]. Но цифровые технологии — это только средство выполнения работы, они не влияют на генерирование идеи, создание концепции дизайна, смысловую наполненность и образную составляющую дизайн продукта. По-прежнему поиск оригинальной идеи, основан на творческом воображении, формировании ассоциативного ряда и художественных способностях дизайнера [2, с. 116].

Педагогические условия направлены на повышение конкурентоспособности специалистов на рынке труда. Педагогические условия предполагают сначала изучение художественного цикла дисциплин, а после их освоения переход к изучению компьютерных технологий, взаимосвязь дисциплин между собой, усложнение заданий на каждом курсе, рефлексию результатов работы и индивидуальный подход преподавателя к студенту. На курсе «Компьютерная графика в дизайне» осуществляется сложный и поэтапный процесс изучения компьютерных технологий. Рассмотрим принцип их внедрения в учебный процесс по курсам обучения.

1. Для получения основ и навыков работы в компьютерных графических редакторах изучаются векторные пакеты программ. Существует большой спектр векторных программ, которые отличаются по сложности, функционалу интерфейса и набора инструментов. Выбор той или иной программы зависит от задачи проектной деятельности. Средствами векторной графики создаются фирменные стили и все его составляющие, упаковки, векторные иллюстрации. Векторная графика изучается на 2 курсе.

2. Следующим этапом освоения навыков работы в компьютерных графических редакторах является изучение растровой графики. Этот тип графики предполагает создание иллюстративных изображений средствами растровой графики, редактирование и ретуширование фотографий, создание двойных экспозиций, простейшей анимации, графики для web-дизайна, а для презентации проекта позволяют использовать mock-up. Сфера применения растровой графики не ограничивается графическим дизайном. Средствами растровой графики создается графика и шаблоны для web-дизайна, простейшая анимация и создаются концепт-арты. При тщательном подборе инструментов, фильтров, эффектов, опыта работы со слоями можно имитировать различные художественных стили. Растровые иллюстрации предполагают длительную проработку, сложнее в исполнении, чем векторные и дают возможность передачи реалистичности. Данный тип графики изучается на 2 и 3 курсах.

3. С учетом поэтапного изучения компьютерной графики и расширения спектра компетенций для будущих специалистов к освоению добавляется 3-d графика. Трехмерные редакторы позволяют создавать и редактировать трехмерные объекты. Такой сложный вид графики предполагает развитое пространственное мышление и знание эргономических требований. Пространственное мышление и эргономика изучается на других дисциплинах, предшествующих изучению трехмерных редакторов. Сфера применения данного типа графики объемна: проектирование интерьеров и экстерьеров, предметного дизайна, создание имитации объема для плакатов и шрифтовых форм, разработка трехмерных персонажей. Во многих трехмерных пакетах программ можно создавать анимацию. Трехмерные редакторы изучаются на 3 и 4 курсах.

Изучение компьютерных программ сопровождается заданиями, направленными на

развитие проектного мышления у студентов. Одно из таких заданий — это создание фирменного стиля, которое предполагает разработку студентом проекта с нуля, от концептуальной идеи, до итогового проекта, сопровождаемого продуктами фирменного стиля. Составляющие фирменного стиля в зависимости от темы могут отличаться наполняемостью, но основные это: логотип, визитка, фирменный бланк, фирменный паттерн, рекламный баннер, афиша. В некоторых случаях фирменный стиль распространяется на фирменную одежду, упаковки и на знаки визуальной коммуникации. Нередко, фирменный стиль объединяется с иллюстрацией и анимацией. Визуальный образ итогового проекта должен отвечать художественно-эстетическим требованиям, привлекать внимание и рассказывать историю о бренде, компании. Без знаний и опыта работы в компьютерных программах создать фирменный стиль не представляется возможным. А процесс авторского воплощения идеи в графической форме способствует развитию проектного мышления у студентов-дизайнеров.

Деятельность педагога направлена на подготовку высококвалифицированных специалистов, чтобы достичь этого необходимо анализировать работы дизайнеров, обмениваться опытом с другими ВУЗами, повышать квалификацию по направлениям подготовки, проводить образовательные семинары, проводить выставки дизайнерских проектов и следить за трендами современного дизайна. Таким образом, формируя и воспитывая проектную культуру, как в студентах, так и в среде преподавателей. По мнению С.М. Кожуховской «проектная культура определяется как совокупный опыт материальной культуры и совокупный массив знаний, навыков и ценностей, воплощенный в искусстве планирования, изобретения, формообразования и исполнения» [7, с. 74]. Преподаватели кафедры дизайна осуществляют поэтапное ведение проекта со студентами. Один из таких примеров работы – совместная работа над проектом со студентами 4 курса направления «Графический дизайн». «В проекте по разработке иллюстраций и стиля веб-проекта использовался графический онлайн-редактор Figma, который позволил одновременно работать над проектом студентам и преподавателю. Такое использование компьютерных технологий позволило создать условия для эффективного выполнения проектной задачи. Работа была распределена между студентами, было организовано ее командное выполнение и мониторинг реализации» [6, с. 82].

Выводы. Методика поэтапного изучения от простейших векторных графических программ до освоения трехмерных редакторов позволяет выстроить иерархию, раскрыть перед студентом спектр применения его деятельности, отработать навык ведения проектной деятельности и включения проектного мышления в ходе работы над дизайнерскими проектами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бегенау З. Г. «Функция. Форма. Качество». М.: Мир, 1969. 168 с.
2. Васильева А.Ю. Влияние синтеза каллиграфии и компьютерных технологий на развитие творческих способностей студентов / Педагогический журнал Башкортостана. – 2022, №4. – С. 114-127.
3. Гилфорд Дж. П. Три стороны интеллекта // Психология мышления: сб. переводов / под ред. А. М. Матюшкина. – М. : Прогресс, 1965. – С. 433–456.
4. Рыбалкина П.В. Проектное мышление в культуре: методологический анализ: дис. канд. философских наук. Белгород, 2018. 152 с.
5. Красильникова, В.А. Теория и технологии компьютерного обучения и тестирования: монография / ИПК ГОУ ОГУ, Дом педагогики. – Москва: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 33 с.
6. Кондров А.В., Кондрова Е.А. Развитие проектных компетенций студентов-дизайнеров в учебном процессе ВУЗа / Педагогический журнал Башкортостана. – 2022, №4. – С. 76-88.

7. Кожуховская, С.М. Организация, структура и содержание подготовки дизайнеров-педагогов / С.М. Кожуховская // Вестник Учебно-методического объединения по профессионально-педагогическому образованию. – 2007. - № 2 (41). – С. 72-84.

REFERENCES

1. Begenau Z. G. "Function. Form. Quality". М.: Mir, 1969. 168 p.
2. Vasilyeva A.Yu. Influence of the synthesis of calligraphy and computer technologies on the development of students' creative abilities / Pedagogical journal of Bashkortostan. - 2022, No. 4. - S. 114-127.
3. Gilford J.P. Three sides of the intellect // Psychology of thinking: Sat. translations / ed. A. M. Matyushkina. - М. : Progress, 1965. - S. 433-456.
4. Rybalkina P.V. Design thinking in culture: methodological analysis: dis. cand. philosophical sciences. Belgorod, 2018. 152 p.
5. Krasilnikova V.A. Teoriya i tekhnologii kompyuternogo obucheniya i testirovaniya: monografiya [Theory and technologies of computer training and testing: monograph]. Moscow: IPK GOU OSU Publ., 2009. 33 p.
6. Kondrov A.V., Kondrova E.A. Development of design competencies of design students in the educational process of the university / Pedagogical journal of Bashkortostan. - 2022, No. 4. - S. 76-88.
7. Kozhukhovskaya, S.M. Organization, structure and content of the training of designers-teachers / S.M. Kozhukhovskaya // Bulletin of the Educational and Methodological Association for Professional and Pedagogical Education. - 2007. - No. 2 (41). - S. 72-84.

Информация об авторе

А.Ю. Васильева – доцент кафедры дизайна.

Information about the author

A.Y. Vasilieva – assistant professor Department of Design.

Фарида Фатхулловна Гумерова¹, Рида Марсовна Латыпова², Гульемеш Ваисовна Харрасова³

¹Башкирский государственный педагогический университет им.М.Акмиллы, Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

³Уфимский юридический институт МВД России, Уфа, Россия

¹faridagum@mail.ru

²rida-marsovna@yandex.ru

³gulemesh83@mail.ru

НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК УСЛОВИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ ПЕДАГОГА

Аннотация. Сегодня наблюдается острая нехватка педагогических кадров во всех уровнях системы образования. Проведенное нами анкетирование молодых педагогов показало, что причинами ухода молодых специалистов из сферы образования является неосознанный выбор профессии педагогом, недостаточная психологическая и методическая подготовленность молодых специалистов и отсутствие поддержки молодых специалистов в начале профессиональной деятельности. Решением данных проблем может стать непрерывное образование как условие профессионального становления педагога.

Изучение, уточнение моделей, технологий профессионального становления педагога в психолого-педагогических исследованиях позволило сделать выводы о том, что процесс профессионального становления охватывает длительный период жизни человека – от появления зачатков профессиональных интересов и склонностей в детском возрасте до окончательного утверждения в избранной сфере профессиональной деятельности в годы зрелости. Это процесс целенаправленный и поэтапный, состоящий из этапа подготовки к профессии, этапа профессионального обучения, этапа сопровождения развития профессионального мастерства. На протяжении этого периода происходит не только собственно профессиональное, но и личностное развитие. При совместном заинтересованном взаимодействии представителей педагогической науки, практических работников, а также органов управления образованием по целенаправленной организации процесса профессионального становления педагога, проблема нехватки педагогических кадров может быть решена.

Ключевые слова: профессиональное становление педагога, профессионализм, профессиональное мастерство педагога, профессиональное развитие педагога, структурные компоненты профессионализма педагога, этапы профессионального становления педагога

Farida F. Gumerova¹, Rida M. Latypova², Gulyemesh V. Kharrasova³

¹Bashkir State Pedagogical University named after M.Akmulla, Ufa, Russia

²Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ufa, Russia

¹faridagum@mail.ru

²rida-marsovna@yandex.ru

³gulemesh83@mail.ru

CONTINUING EDUCATION AS A CONDITION FOR THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF A TEACHER

Abstract. Today there is an acute shortage of teaching staff at all levels of the education

system. The survey of young teachers conducted by us showed that the reasons for the departure of young specialists from the field of education is an unconscious choice of the profession of a teacher, insufficient psychological and methodological preparedness of young specialists and lack of support for young specialists at the beginning of their professional activities. The solution to these problems can be continuous education as a condition for the professional development of a teacher.

The study, refinement of models, technologies of professional formation of a teacher in psychological and pedagogical research allowed us to draw conclusions that the process of professional formation covers a long period of a person's life - from the appearance of the rudiments of professional interests and inclinations in childhood to the final approval in the chosen field of professional activity in the years of maturity. This is a purposeful and step-by-step process, consisting of a stage of preparation for a profession, a stage of vocational training, a stage of support for the development of professional skills. During this period, not only professional, but also personal development takes place. With the joint interested interaction of representatives of pedagogical science, practitioners, as well as educational management bodies for the purposeful organization of the process of professional formation of a teacher, the problem of shortage of pedagogical personnel can be solved.

Keywords: professional formation of a teacher, professionalism, professional skill of a teacher, professional development of a teacher, structural components of a teacher's professionalism, stages of professional formation of a teacher

Одна из актуальных проблем современного образования – стремительное старение педагогических кадров, наблюдается затрудненность профессиональной адаптации молодых учителей и отток молодых кадров из школы. Молодые специалисты уходят из сферы образования еще до их профессионального становления. Профессиональное становление – это процесс развития и саморазвития личности, освоения профессионально необходимых видов деятельности, реализация себя в профессии и самоактуализация своего потенциала для достижения вершин профессионализма.

Цель статьи: изучение, уточнение и теоретизация проблем, моделей, технологий профессионального становления педагога.

Профессиональное становление – это важное явление в жизни человека, связанное с его психологическим благополучием, социально-экономическими показателями гражданского общества, и в то же время, это «научное понятие в структуре научного философского, социологического, психологического и педагогического знания и рассматривается как значимая единица, элемент соответствующих научных теорий и концепций»[2].

Проблема профессионального становления всегда вызывала интерес у исследователей-ученых. Данную проблему изучали Э.Ф. Зеер, Е.А. Климов, Т.В. Кудрявцев, К.М. Левитан, А.К. Маркова, Л.М. Митина, Ю.П. Поваренков, Е.А. Рябоконе, В.И. Слободчиков, О.И.Суслова и др.

Во многих работах исследователей профессиональное становление педагога рассматривается как последовательные взаимосвязанные этапы от возникновения интереса к данной профессии до полного личностного раскрытия и реализации в профессии (Э. Ф. Зеер, Л. П. Куницина, В. Е. Орел, О. А. Семиздралова, Д. Сьюпер и др.).

Кудрявцев Т.В. определил профессиональное становление как длительный, динамичный, многоуровневый процесс развития личности от первоначальных проявлений формирования профессиональных намерений до полной реализации себя в профессиональной деятельности [11].

Митина Л.М. профессиональное становление понимает как единство личностного и профессионального развития человека, при котором должны развиваться такие качества как направленность, компетентность, эмоциональная и поведенческая гибкость [14].

В исследованиях последних лет отражаются различные аспекты развития

профессиональных компетенций педагогов в ходе профессионального становления: формирование компетенций дистанционной организации обучения, психоэмоциональной устойчивости, экономической, этнокультурной компетентности, толерантности [15; 21; 22; 23; 24; 26]. В качестве основных характеристик личности указывают интеллектуальные, коммуникативные, специальные педагогические способности и психоэмоциональную устойчивость, т.к. по результатам ряда работ через 8-10 лет работы у педагогов начинается профессиональная деформация [1; 8; 9; 13; 17; 26]. Также важным в профессиональном становлении исследователи считают непрерывное образование, прежде всего самообразование, но и правильно организованную методическую работу с учителями [2; 7; 25; 27].

Ученые Л.В. Каткова, Т.К. Смыковская, Т.Б. Руденко, Дикун И.В., Алова Н.Н. рассматривают данную проблему как «профессиональное развитие», «развитие профессиональной компетентности» или «становление профессиональной культуры» [4; 8; 14]. В этих работах «Профессиональное развитие» рассматривается как сознательная деятельность, направленная на повышение качества и объема знаний, умений, навыков, необходимых для профессиональной деятельности. Высшей ступенью профессионального развития является профессиональное мастерство или профессионализм. Также как синоним используется «Профессиональная компетентность» [3; 8].

Профессионализм в кратком словаре современной педагогики объясняется как «приобретенная в ходе учебной и практической деятельности способность к конкретному выполнению трудовых функций» [20].

Климов Е.А. данное понятие характеризует как «особое свойство людей систематически, эффективно и надежно выполнять сложную (профессиональную) деятельность в самых разнообразных условиях» [16]. В разных источниках профессионализм педагога объясняется как хорошее владение своей профессией, умение качественно выполнять свои обязанности и др. Мы полностью соглашались с определением Сластенина В.А. в том, что профессионализм является сплавом личностно-деловых качеств и профессиональной компетентности [18].

В педагогической литературе также находим понимание профессиональной компетентности как совокупность профессиональных знаний и опыта, положительного отношения к работе. Мастерство проявляется и в умении передавать профессиональный опыт, использовать свои знания и опыт в новых условиях [12].

Теоретический анализ психолого-педагогической литературы, изучение профессионального стандарта «Педагог» и других нормативно-правовых актов, исследований в области педагогики и психологии, позволил обобщить информацию о профессионализме педагогов и выявить в его структуре следующие компоненты:

1. Мотивационный компонент – внутренние мотивы выбора профессии, целевые установки, направленность в профессиональном развитии, самообразовании, высокий интерес к профессии, стремление в профессиональном росте.
2. Предметно-методическая компетентность – высокий уровень знаний предмета, умение применять знания, опыт в профессиональной деятельности для эффективного обучения и воспитания, способность педагога к инновационной деятельности;
3. Деятельностный компонент – активная жизненная позиция, креативность, инициативность, умение нестандартно мыслить и действовать, свобода от установок, умение управлять своими эмоциями и чувствами;
4. Этнопедагогический компонент – интегративное качество личности, выражающееся в совокупности знаний, умений и навыков, опыта поведения и способствующее эффективной полиэтнической образовательной деятельности.
5. Коммуникативный компонент – умение строить взаимоотношения с детьми и со взрослыми, эмпатийность, открытость, доброжелательность, доверие к окружающим.

6. Рефлексивный компонент – умение критически мыслить, способность к самоанализу, анализу ситуаций, владение способами саморегуляции.

Таким образом, всех выше перечисленных концепций объединяет то, что все они, с одной стороны, учитывают становление, динамику, интеграцию и реализацию в труде профессионально значимых личностных качеств и способностей личности, а с другой – активное преобразование личностью своего внутреннего мира.

Структура готовности учителя к педагогической работе как субъекта деятельности включает следующие компоненты:

– мотивационно-ценностный, отражающий направленность личности на профессию и ее ценности;

– проектировочно-исполнительский, обеспечивающий операциональную сторону его активности, проявляющийся в умении конструировать и организовывать взаимодействие с учащимися как субъектами образовательного процесса;

– оценочно-рефлексивный, выражающийся в умении оценивать и осуществлять коррекцию собственной педагогической полифункциональной деятельности [14].

По результатам мониторинга Федерации психологов образования России, новые требования к современному педагогу в самом общем виде можно сформулировать так:

1) владение современными технологиями развивающего образования, определяющими новые параметры современного общества;

2) приоритет антропоцентрического подхода к процессу обучения и воспитания молодежи, ориентированного на развитие креативной личности; способность «видеть» многообразие учащихся, учитывать в учебновоспитательном процессе возрастные индивидуальные и личностные особенности различных контингентов студентов (одаренных, девиантных, с ограниченными возможностями здоровья и пр.) и реагировать на их потребности;

3) способность улучшать среду обучения, проектировать психологически комфортную образовательную среду;

4) умение применять здоровьесберегающие технологии;

5) способность направлять молодого человека на формирование профессиональной карьеры.

В системе этих требований формируется принципиально новый заказ общества и государства на качество подготовки педагогических кадров [5].

Основными видами педагогической деятельности являются преподавание и воспитание [20]. Преподавание как вид специальной деятельности учителя направлен на управление преимущественно познавательной деятельностью учащихся. Воспитательная работа – это педагогическая деятельность, направленная на организацию воспитательной среды и управление разнообразными видами деятельности воспитанников с целью решения задач их гармоничного развития.

Э.Ф. Зеер рассматривает становление как «непрерывный процесс целенаправленного прогрессивного изменения личности под влиянием социальных воздействий и собственной активности», как путь развития мастерства от осознанного выбора профессии до качественного, творческого выполнения профессиональной деятельности [6].

Е.А. Климова тоже процесс становления профессионала рассматривает поэтапный процесс. По его точки зрения, педагог в своем профессиональном становлении педагог проходит четыре стадии развития:

1) в период обучения в общеобразовательной организации, под влиянием профориентационной работы, приобщения детей к различным сферам труда у обучающихся формируются профессиональные намерения;

2) целенаправленное приобретение профессиональных компетенций в ходе обучения в организациях среднего или высшего профессионального образования;

- 3) профессиональная адаптация или процесс вхождения человека в профессию и гармонизация взаимодействий его с профессиональной средой.
- 4) профессиональная и личностная реализации человека в трудовой деятельности [10].

Исходя из сказанного, процесс профессионального становления педагога заключается в совершенствовании личностных и профессиональных качеств, а именно мотивационного, предметно-методического, деятельностного, коммуникативного, рефлексивного компонентов профессионализма – высшего уровня профессионального мастерства педагога.

Профессиональное становление педагога длительный процесс, начинающийся заинтересованностью, восхищением профессией педагога. Этот процесс нескончаемый, не останавливаемый. Слова К.Д. Ушинского «Педагог живет до тех пор, пока учиться, пока развивается» актуальны и сегодня. Успешность педагогической деятельности зависит от умения педагога самосовершенствоваться, способности мобилизовать свои собственные усилия на систематическую умственную работу, рационально строить свою деятельность, управлять своим эмоциональным и психологическим состоянием, использовать свой потенциал, проявлять творческую активность. Следовательно, становление педагога – это непрерывный процесс образования.

Непрерывное образование — это процесс постоянного совершенствования знаний, умений и навыков педагога, вызванный стремлением быть актуальным в существующей профессиональной и социальной среде.

В нашем понимании процесс непрерывного образования в профессиональном становлении педагога - это поэтапное развитие профессионально значимых личностных качеств и способностей личности, которое включает в себя:

- 1) подготовку к профессии педагога в школьные годы через психолого-педагогические классы, специальные мероприятия, тренинги, курсы дополнительного образования, развивающие личностные, профессионально ориентированные качества обучающихся;
- 2) профессиональную подготовку в период обучения в профессиональных образовательных организациях, активно вовлекая студентов в научную и методико-практическую деятельность во внеурочной и воспитательной работе, с целью развития у них метапредметных, методических и организаторских способностей;
- 3) сопровождение развития профессионального мастерства педагога в течение всего периода осуществления профессиональной деятельности, реализуя индивидуальные образовательные маршруты посредством институтов наставничества, методической работы и курсов повышения квалификации и переподготовки по программам дополнительного профессионального образования.

Проблема профессионального становления личности непосредственно связана с вопросами выбора и освоения профессиональной деятельности, с вопросами развития и реализации личности на различных этапах ее профессионального роста.

Таким образом, процесс профессионального становления охватывает длительный период жизни человека – от появления зачатков профессиональных интересов и склонностей в детском возрасте до окончательного утверждения в избранной сфере профессиональной деятельности в годы зрелости. На протяжении этого периода происходит не только собственно профессиональное, но и личностное развитие. Сегодня востребовано «непрерывное образование в течение всей жизни», когда человек имеет возможность постоянно развиваться в выбранной им профессии, развиваться до уровня «профессионала высшего уровня».

В целом, проблема омоложения педагогических кадров носит системный характер, сразу ее решить невозможно. Но вместе с тем ее решение необходимо при совместном заинтересованном взаимодействии представителей педагогической науки, практических работников, а также органов управления образованием. Нами затронуты лишь некоторые

аспекты профессионального становления, а для полного изучения данной проблемы необходимы более глубокие и системные исследования и решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аджиева Ф.М., Грехова И.П. Особенности профессионального выгорания педагогов, находящихся на разных этапах профессионального становления // Тенденции развития науки и образования / Раздел XXIX. – Психология. – 64 (3). Сургут, 2020 – С. 162 – 165. doi: 10.18411/lj-08-2020-111
2. Архиповская Е. П. Модель профессионального становления педагога непрерывного образования: среднее профессиональное образование и высшее учебное заведение. – Москва, 2021. - № 8. – С. 56-59.
3. Буров К.С. Профессиональное самоопределение как научное понятие // Вестник ЮУрГУ / Серия «Образование. Педагогические науки». – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 57–67.
4. Дикун И.В. Становление профессиональной культуры специалиста в контексте профессионального образования // file:///C:/Users/User/Downloads/stanovlenie-professionalnoy-kultury-spetsialista-v-kontekste-professionalnogo-obrazovaniya.pdf
5. Жукова Е.Д., Занин Д.С. Полифункциональная модель педагога профессионального образования // Известия ВГПУ/ Педагогика. - 4(89). – Уфа, 2014. – С. 108-114 с.
6. Зеер. Э.Ф. Психология профессий: учебное пособие для студентов вузов // 3-е изд., перераб., доп. – М., 2005. - 336 с.
7. Ильина Н. Ф. Посткурсовое сопровождение профессиональной деятельности педагога как условие становления его профессиональных компетенций // Научно-теоретический журнал. – Выпуск 2 (43). - 2020. – С. 24 – 32.
8. Каткова Л. В., Смыковская Т.К., Руденко Т. Б. Становление профессиональной культуры у будущих учителей // Наука, образование, общество. – 2016. – С. 134-137.
9. Катунина Н.П., Петухова Л.П., Серегина Н.В., Стратиенко Е.Н., Елисеева Е.В. Профессиональные деформации у педагогов на разных этапах профессионального становления // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – М., 2022. – № 3 (205). – С. 578 -581. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.3.p578-581
10. Климов Е.А. Пути в профессионализм (Психологический взгляд). – М., 2003. - 320 с.
11. Кудрявцев Т. В. Психология профессионального обучения и воспитания. – М., 1986. – 108 с.
12. Маланов И.А. Проблемы профессионального становления и развития Современных молодых учителей // Вестник бурятского государственного университета Образование. Личность. Общество. Улан-Удэ. – 2021/3. – С. 32-36.
13. Маркова Н.Г., Ишимова А.И. Формирование коммуникативной компетентности будущего педагога как индикатора успешной профессиональной деятельности. – Самара, 2022. – Т. 11. – № 2. – С. 296-301.
14. Митина Л. М. Психология профессионального развития учителя. – М., 1998. – С. 200.
15. Муратбаев Б.Б., Эргешова М.А. Жогорку ОКУУ жайларда болочок мугалимдердин этнопедагогикалык жактан кесиптик компетенттүүлүгүн калыптандыруу // Вестник Ошского государственного университета. – Ош, 2020. – С. 163-167.

16. Психология труда: учебник для вузов / Е. А. Климов [и др.]; под редакцией Е. А. Климова, О. Г. Носковой. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 249 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00294-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492050>
17. Сергеева М.Г. Профессионально-личностное становление педагога-психолога при осуществлении профессиональной деятельности // Проблемы современного педагогического образования. - 2020. – С.209 – 212.
18. Сластенин В.А., Подымова Л.С. Педагогика: Учебник и практикум для СПО / под общей редакцией Подымовой Л.С., Сластенина В.А. - М., 2019. – 246 с.
19. Сысоева Е. Ю. Профессиональное становление педагога: учебное пособие. – Самара, 2021. – 92 с.
20. Юмсунова Л.Н. Краткий словарь современной педагогики // <https://didacts.ru/slovari/kratkii-slovar-sovremennoi-pedagogiki.html>
21. Aida, S. , Ainur, Z., Ardak, A. , Madina, A., Perizat, K. and Gulnara, R. Formation of professional competencies of a future foreign language teacher in the field of distance education // World Journal on Educational Technology: Current Issues. – Nicosia, 2022. – 14, 1 (Jan. 2022). – P. 268–281. OI:<https://doi.org/10.18844/wjet.v14i1.6724>
22. Chelnokova, E.A., Shobonova, L.Y., Kuznetsova, S.N., Kuznetsov, V.P., Potashnik, Y.S. Paradigm of Formation of Economic Competence of a Teacher of Professional Training in the Economic Profile / In: Popkova, E.G. (eds). // Business 4.0 as a Subject of the Digital Economy // Advances in Science, Technology & Innovation / Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4_28
23. Ozhegova E., Rasskazova I., Savina N. Personal development as a key competence in formation of professional skill teacher// European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS / II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society. – 2021. - Published by European Publisher. – P. 1493 – 1505. DOI: 10.15405/epsbs.2021.09.02.167
24. Rysbayeva G., Buletova L., Kumatova Z., Kumatova Z.. Pedagogical aspects of formation tolerance problem as factor of professional suitability of the teacher. – January, 2014. - Life Science Journal 11(10). – P. 447 - 450.
25. Suguralieva A. Formation of professional competence of the future primary school teacher as a problem of professional training // Polish Journal of Science. - 2020. - № 24-2 (24). - P. 73-75.
26. Svetlana Korlyakova. Formation of Psychoemotional Stability of Students as a Professional Quality of a Teacher // Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 298 / 2nd International Conference on Education Science and Social Development (ESSD 2019). 2019, Published by Atlantis Press. – P. 151-154.
27. Temerbekova A.A., Belokopytova M.Y. Pedagogical conditions of formation of the professional orientations of future mathematics teacher // - 6 (14). – 2014. – P. 309-312

REFERENCES

1. Adzhieva F.M., Grexova I.P. Osobnosti professional`nogo vy`goraniya pedagogov, naxodyashhixsya na razny`x e`tapax professional`nogo stanovleniya // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya / Razdel XXIX. – Psixologiya. – 64 (3). Surgut, 2020 – S. 162 – 165. doi: 10.18411/lj-08-2020-111
2. Arxipovskaya E. P. Model` professional`nogo stanovleniya pedagoga neprery`vnogo obrazovaniya: srednee professional`noe obrazovanie i vy`sshee uchebnoe zavedenie. – Moskva,

2021. - № 8. – S. 56-59.

3. Burov K.S. Professional`noe samoopredelenie kak nauchnoe ponyatie // Vestnik YuUrGU / Seriya «Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki». – 2017. – T. 9, № 4. – S. 57–67.

4. Dikun I.V. Stanovlenie professional`noj kul`tury` specialista v kontekste professional`nogo obrazovaniya // file:///C:/Users/User/Downloads/stanovlenie-professionalnoy-kultury-spetsialista-v-kontekste-professionalnogo-obrazovaniya.pdf

5. Zhukova E.D., Zanin D.S. Polifunktional`naya model` pedagoga professional`nogo obrazovaniya // Izvestiya VGPU/ Pedagogika. - 4(89). – Ufa, 2014. – S. 108-114 s.

6. Zeer. E`F. Psixologiya professij: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov // 3-e izd., pererab., dop. – M., 2005. - 336 s.

7. Il`ina N. F. Postkursovoe soprovozhdenie professional`noj deyatel`nosti pedagoga kak uslovie stanovleniya ego professional`ny`x kompetencij // Nauchno-teoreticheskij zhurnal. – Vy`pusk 2 (43). - 2020. – S. 24 – 32.

8. Katkova L. V., Smy`kovskaya T.K., Rudenko T. B. Stanovlenie professional`noj kul`tury` u budushhix uchitelej // Nauka, obrazovanie, obshhestvo. – 2016. – S. 134-137.

9. Katunina N.P., Petuxova L.P., Seregina N.V., Stratienco E.N., Eliseeva E.V. Professional`ny`e deformacii u pedagogov na razny`x e`tapax professional`nogo stanovleniya // Ucheny`e zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – M., 2022. – № 3 (205). – S. 578 -581. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.3.p578-581

10. Klimov E.A. Puti v professionalizm (Psixologicheskij vzglyad). – M., 2003. - 320 s.

11. Kudryavcev T. V. Psixologiya professional`nogo obucheniya i vospitaniya. – M., 1986. – 108 s.

12. Malanov I.A. Problemy` professional`nogo stanovleniya i razvitiya Sovremenny`x molody`x uchitelej // Vestnik buryatskogo gosudarstvennogo universiteta Obrazovanie. Lichnost`. Obshhestvo. Ulan-Ude`. – 2021/3. – S. 32-36.

13. Markova N.G., Ishimova A.I. Formirovanie kommunikativnoj kompetentnosti budushhego pedagoga kak indikatora uspešnoj professional`noj deyatel`nosti. – Samara, 2022. – T. 11. – № 2. – S. 296-301.

14. Mitina L. M. Psixologiya professional`nogo razvitiya uchitelya. – M., 1998. –S. 200.

15. Muratbaev B.B., E`rgeshova M.A. Zhogorku OKUU zhajlarda bolochok mugalimderdin e`tnopedagogikaly`k zhaktan kesiptik kompetenttylygyn kaly`ptandy`ruu // Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. – Osh, 2020. – S. 163-167.

16. Psixologiya truda: uchebnyk dlya vuzov / E. A. Klimov [i dr.]; pod redakciej E. A. Klimova, O. G. Noskovej. — Moskva: Izdatel`stvo Yurajt, 2022. — 249 s. — (Vy`sshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-00294-2. — Tekst: e`lektronny`j // Obrazovatel`naya platforma Yurajt [sajt]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492050>

17. Sergeeva M.G. Professional`no-lichnostnoe stanovlenie pedagoga-psixologa pri osushhestvlenii professional`noj deyatel`nosti // Problemy` sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. - 2020. – S.209 – 212.

18. Slastenin V.A., Pody`mova L.S. Pedagogika: Uchebnyk i praktikum dlya SPO / pod obshhej redakciej Pody`movoj L.S., Slastenina V.A. - M., 2019. – 246 s.

19. Sy`soeva E. Yu. Professional`noe stanovlenie pedagoga: uchebnoe posobie. – Samara, 2021. – 92 s.

20. Yumsunova L.N. Kratkij slovar` sovremennoj pedagogiki // <https://didacts.ru/slovari/kratkii-slovar-sovremennoi-pedagogiki.html>

21. Aida, S. , Ainur, Z., Ardak, A. , Madina, A., Perizat, K. and Gulnara, R. Formation of professional competencies of a future foreign language teacher in the field of distance education // World Journal on Educational Technology: Current Issues. – Nicosia, 2022. – 14, 1 (Jan. 2022). – R. 268–281. OI:<https://doi.org/10.18844/wjet.v14i1.6724>

22. Chelnokova, E.A., Shobonova, L.Y., Kuznetsova, S.N., Kuznetsov, V.P., Potashnik, Y.S. Paradigm of Formation of Economic Competence of a Teacher of Professional Training in the

Economic Profile / In: Popkova, E.G. (eds). // Business 4.0 as a Subject of the Digital Economy // Advances in Science, Technology & Innovation / Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90324-4_28

23. Ozhegova E., Rasskazova I., Savina N. Personal development as a key competence in formation of professional skill teacher// European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS / II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society. – 2021. - Published by European Publisher. – R. 1493 – 1505. DOI: 10.15405/epsbs.2021.09.02.167

24. Rysbayeva G., Buletova L., Kumatova Z., Kumatova Z.. Pedagogical aspects of formation tolerance problem as factor of professional suitability of the teacher. – January, 2014. - Life Science Journal 11(10). – R. 447 - 450.

25. Suguralieva A. Formation of professional competence of the future primary school teacher as a problem of professional training // Polish Journal of Science. - 2020. - № 24-2 (24). - R. 73-75.

26. Svetlana Korlyakova. Formation of Psychoemotional Stability of Students as a Professional Quality of a Teacher // Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 298 / 2nd International Conference on Education Science and Social Development (ESSD 2019). 2019, Published by Atlantis Press. – R. 151-154.

27. Temerbekova A.A., Velokopytova M.Y. Redagogical conditions of formation of the professional orientations of future mathematics teacher // - 6 (14). – 2014. – R. 309-312

Информация об авторах

Ф.Ф. Гумерова – кандидат педагогических наук, доцент;

Р.М. Латыпова – кандидат филологических наук, доцент;

Г.В. Харрасова – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors

F.F. Gumerova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor;

R.M. Latypova – Candidate of Philological Sciences, Associate Professor;

G.V. Kharrasova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

УДК 37.02

Раиса Мингазитдиновна Иксанова¹, Элина Шамиловна Закирзянова²

^{1,2}ФГБОУ ВО Башкирский Государственный Педагогический Университет им. М.

Акмуллы, Уфа, Россия

¹ iks_raichka@mail.ru,

² zakirzianova@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку: Закирзянова Элина Шамиловна,
zakirzianova@gmail.com*

ПОЛИЛИНГВАЛЬНЫЕ СЛОВАРИ ДЛЯ ШКОЛЫ

Аннотация. В статье аргументирована актуальность создания и использования современных полилингвальных словарей как педагогического условия актуализации процесса обучения в полилингвальной образовательной среде, рассматриваемая в педагогическом, социальном, психологическом, филологическом и культурологическом аспектах учебно-воспитательной деятельности. В данной статье говорится о важной роли словарей в развитии полилингвальных способностей школьников и студентов при усвоении важнейших понятий и явлений теории. Учебный профиль словарей не только может, но и обязывает использовать информацию словарей литературоведческих терминов в различных видах работ, указанных в учебном плане образовательных учреждений - от школы до вуза.

Ключевые слова: полилингвальные словари, особенности лингвистических словарей, лингвистика перевода, полилингвальное образование, методика работы со словарем в школе

Raisa M. Iksanova¹, Elina Sh. Zakirzyanova²

^{1,2}Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmullah, Ufa, Russia,

iks_raichka@mail.ru, zakirzianova@gmail.com²

Corresponding author: Elina Sh. Zakirzyanova, zakirzianova@gmail.com

POLYLINGUAL DICTIONARIES FOR SCHOOL.

Abstract. The article argues for the relevance of the creation and use of co-temporary polylingual dictionaries as a pedagogical condition for updating the learning process in a polylingual educational environment, considered in the pedagogical, social, psychological, philological and cultural aspects of educational activity. This article deals with the important role of dictionaries in developing the polylingual abilities of schoolchildren and students in assimilating the most important ways and phenomena of theory. The educational profile of dictionaries not only can, but also obliges one to use the information of literary terms dictionaries in various types of works indicated in the curriculum of educational institutions - from school to university.

Keywords: polylingual dictionaries, features of linguistic dictionaries, linguistics of translation, polylingual education, methods of working with a dictionary in a school

Язык – это основополагающее явление национального государства, основной механизм народного единства, инструмент формирования и функционирования нации как социокультурной системы. В языке одухотворяется весь народ и его родина. И поэтому роль языка оказывается не только социально-культурной, но и политической [1, с. 31].

В наше время современному человеку свойственно владеть несколькими языками. Полиязычие содействует увеличению способности мыслить и повышает интеллектуальный уровень личности. Знание иностранных языков открывает перспективы обучения за

рубежом в лидирующих университетах мира и создает возможность получения практического опыта во всех странах.

Международное образовательное сообщество определило поликультурность как одну из основных компетенций образования и одно из ведущих направлений формирования мирового образовательного пространства. Владеть несколькими языками не только престижно, но и полезно.

Полилингвальность – веление времени, а, следовательно, существует необходимость создать эффективную модель многоязычного обучения для школьных учреждений, используя инновационные технологии [2, с. 79]. В рамках поликультурного воспитания у участников появляется возможность ознакомиться с политическими, социально-экономическими отношениями различных культур, а также обмен духовными ценностями, которые оказывают непосредственное или косвенное влияние на весь учебный курс и через него на личность [3, с. 336].

Поликультурное образование предлагает пересмотр учебных программ. Успех реализации полилингвальной системы обучения зависит от ряда факторов, таких как содержание, принципы, подходы, модели и технологии внедрения многоязычности в образовательный процесс [4, с. 172].

Именно по этой причине в учебных заведениях нашего государства идет постепенная реализация проекта по введению полилингвального образования, главными целями которого являются понятия «плюрализм», «равенство», «объединение» - приобщение к культурному наследию народов мира средствами нескольких языков, воспитание обучающихся в духе межнационального взаимоуважения при сохранении собственной идентичности [5, с. 57].

В зависимости от экономической и политической ситуации в мире главные аспекты языковой политики совершенствуются, дополняются или изменяются. Происходят кардинальные реформирования системы образования, направленные на широкомасштабное внедрение в процесс обучения как минимум трех языков: родного языка, русского и иностранных языков на всех уровнях образования в рамках ФГОС.

Важнейшей задачей современной школы является модернизация общеобразовательной системы, имеющая первоочередную цель формирования языковой личности с широким кругозором и образованностью. Такая подготовка простирается от элементарной грамотности до многогранных средств подъема языковой личности, от грамотности до формирования лингвистических и социокультурных компетенций в полиэтнической среде.

Федеральными государственными образовательными стандартами установлены единые требования к учащимся школ с обучением как на русском, так и на родном языках. Важную роль в этом должны сыграть методики преподавания, программы и учебники, созданные с учетом новейших аспектов лингвистики, психолингвистики, лингвокультурологии, общая и частная педагогики, этнографической дидактики и с учетом реальной среды, в которой находятся школьники.

На данный момент новые тенденции не в полной мере отражены в современной методике образовательного процесса. Но именно они должны быть во главе реформирования. В том числе, работа над словами должна быть структурирована по-новому, как единицы лексики, грамматического строя и культуры [6, с. 43]. Следует отметить, что советская система образования достигла значительных успехов, ее достижения были признаны всемирно.

Чтобы провести строгую реформу, необходимо сформировать методику организации учебных процессов в полилингвальной среде, рассчитанную на эффективные и скорые результаты, с созданием гибкой и вариативной системы методического обеспечения этих процессов [7, с. 3]. Основой языкового образования и критерием оценки уровня владения языком являются словари. Словари иностранных слов являются важным источником информации, помогающий понять значение слова, его происхождение, грамматические

характеристики и особенности употребления, значительно расширить словарный запас, сделать речь учащегося более грамотной [8, с. 42]. Каждый словарь отражает не только объем языка, но и отношение к нему общества.

Словари могут помочь проверить догадку, наталкивают на верное слово, а также расширяют кругозор, содействуют повышению культуры речи, изучению и пониманию того или иного предмета.

Также словари выполняют социокультурные функции: информативную, приобщая к накопленному поколениями опыту и знаниям, коммуникативную, используя слова родного и иностранного языка, и нормативную, публикуя значения слов литературной речи. Лексикографы и лексикологи изучают изменения словарного состава языка и фиксируют тенденции к изменению, благодаря чему словари помогают в совершенствовании языка как средства общения [9, с. 35]. Поэтому важность использования справочной литературы растёт день ото дня.

Для освоения программы по различным предметам ученики должны понимать лексику, с которой имеют дело. Соответственно требуется ежедневная работа над словарным запасом по каждой дисциплине на каждом занятии. Использование полилингвальных словарей в изучении общеобразовательных и специальных предметов на иностранном языке требует особого внимания как к разработке данных словарей, так и к поиску эффективных методик их применения в образовательном процессе. Благодаря комплексному подходу к методике обучения согласно «идеям межъязыковой гипотезы» у учащихся сформируется свободное проявление речевой активности без чувства страха перед возможными ошибками [10, с. 57].

Существует большое количество разнотипных билингвальных словарей, но недостаточно учебных полилингвальных словарей. В настоящее время активно разрабатываются терминологические трехязычные словари для разных сфер человеческой деятельности. К примеру, издательство «Астрель» опубликовало серию многоязычных справочников: Словарь по медицинской технике на 4-х языках; Словарь ветеринарных терминов на 4-х языках; Словарь по технологии переработки и применения синтетических материалов на 4-х языках; Математический словарь на 4-х языках. В октябре 2020 года Башкирским издательством «Китап» имени Зайнаб Бишевой выпущен англо-башкирско-русский словарь, автором которого стал Мирхат Хасанов. Данное пособие впервые составлено на трех языках и содержит около 7000 слов и словосочетаний, наиболее часто употребляемых в образовательных учреждениях.

Явный дефицит базовых полилингвальных словарей, необходимых для использования в учебных заведениях отчетливо наблюдается и в школьной, и в университетской практиках. Методика их применения в процессе обучения также требует кардинальных пересмотров в рамках новой государственной образовательной политики. Этот вопрос определяет важность затронутой темы. С введением программы обучения предметов на многих языках в общеобразовательных школах и высших учебных заведениях возникла актуальность использования полилингвальных словарей в процессе преподавания. Практическое отсутствие специализированных научных разработок по применению учебных словарей в целях системного освоения языков является сложной лингвометодической проблемой.

Изучение полного словарного состава хотя бы одного языка абсолютно невозможно. Он охватывает сотни тысяч основных многозначных лексических единиц. Суть лексической селекции, проводимой в образовательных целях, заключается в выделении из огромного количества слов и устойчивых словосочетаний, входящих в словарный состав языка, тех частей, которые по структуре и объему соответствует целям данного предмета обучения. При этом выбранная лексика должна полностью обеспечивать развитие необходимых речевых навыков. Количество лексических единиц в словаре должно быть предусмотрено программой.

Одними из свойств словарных систем являются их концентричность и постепенный

подход от простого к сложному. Каждый следующий словарь по своему составу больше и сложнее, а также содержит в качестве ядра все содержимое предыдущего. Особенность каждого словаря связана с его направленностью к определенной аудитории и возрастной группе школьников, и должна учитываться на каждом этапе обучения языку.

Значительное внимание уделяется тому, как перевод в словаре отражает языковую картину мира народов с помощью словосочетаний, лексем и предложений. Задача лингвистического анализа перевода предполагает изучение различных типов универсальных ролей в межъязыковом общении, связанных с различными языковыми сочетаниями [11, с. 48]. Представители иного национального языка являются не только носителями культуры, но и носителями иной национальной психологии, иного образа мышления, поэтому важно анализировать особенности языка и культуры страны с учетом менталитета носителя языка. Благодаря словарям сохраняется язык и тем самым сохраняется культурное наследие, диалект и традиции нации. [12, с. 240]

Новое направление образования на трех и более языках требует модернизации лингводидактических основ обучения по всем школьным дисциплинам, а в особенности гуманитарного цикла. Обучение на нескольких языках невозможно без формирования многоязычных учебных словарей, увеличивающих количество слов и учитывающих изменения в родном языке. В настоящее время осознается важность применения подобных словарей по профильным дисциплинам. Актуальная методическая проблема создания полилингвальных словарей требует незамедлительного решения. Существование подобной словарной базы поможет предупредить возможные ошибки при усвоении словарного состава и грамматического строя языков. Использование многоязычного словаря даст учащимся возможность опоры не только на родной язык, но и на другие изучаемые языки, что имеет важное значение для усвоения материала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Бенвенист Э. Общая лингвистика / Э. Бенвенист; Общ. ред., вступ. ст. и коммент. Ю.С. Степанова. Пер. с фр. Ю.Н. Караулова [и др.]. - 2. изд., стер. - М.: УРСС, 2002. - 446, [1] с.
2. Полилингвальность языкового пространства в системе школьного образования / Димитрева, Чадаева, Мандрица [и др.] // Научное мнение. — 2011. — № 4. — С. 78-84.
3. Колобова Л. В. Становление личности школьника в поликультурном образовании: автореферат дис. ... доктора педагогических наук: 13.00.01 / Оренбург. гос. ун-т. - Оренбург, 2006. - 349 с.
4. Основы полилингвального образования / Ф.Г. Ялалов. – Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2021. – 192 с.
5. Поликультурное образование в многонациональном социуме: учебник и практикум для вузов / А. Н. Джурицкий. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 257 с.
6. Формирование лингвокультурологической компетенции учащихся башкирской школы в условиях двуязычия: монография / Р.В. Альмухаметов, Р. Г. Давлетбаева, М. С. Давлетшина, С. А. Тагирова. — Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. — 182 с.
7. Гальскова Н.Д. Современная образовательная модель в области иностранных языков: структура и содержание // Иностранные языки в школе. 2015. – No. 8. – С. 2-8
8. Мусагитова, Г.Н. Культура речи. Нормы. Словари: методические указания / Г. Н. Мусагитова, Е. В. Цупикова. — Омск: СибАДИ, 2022. — 74 с.
9. Лингвистические словари и работа с ними в школе: пособие для учителя / З.А. Потиха, Д.Э. Розенталь. – Москва: Просвещение, 1987. – 128 с.
10. Гальскова Н.Д. Современная методика обучения иностранным языкам: Пособие для учителя. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: АРКТИ, 2003. — 192 с.

11. Комиссаров В.Н. Лингвистика перевода / Предисл. М.Я. Цвиллинга. Изд. 3-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 176с.
12. Актуальные вопросы исследования и преподавания родных языков и литератур: материалы конференции / под редакцией Ж.В. Мурзиной. — Чебоксары: ЧГИКИ, 2020. — 420 с.

REFERENCES:

1. Benvenist E. Obshchaya lingvistika / E. Benvenist; Obshch. red., vstup. st. i komment. Yu.S. Stepanova. Per. s fr. Yu.N. Karaulova [i dr.]. - 2. izd., ster. - M.: URSS, 2002. - 446, [1] s.
2. Polilingval'nost' yazykovogo prostranstva v sisteme shkol'nogo obrazovaniya / Dimit-reva, Chadaeva, Mandrica [i dr.] // Nauchnoe mnenie. — 2011. — № 4. — S. 78-84.
3. Kolobova L. V. Stanovlenie lichnosti shkol'nika v polikul'turnom obrazovanii: avto-referat dis. ... doktora pedagogicheskikh nauk: 13.00.01 / Orenburg. gos. un-t. - Orenburg, 2006. - 349 s.
4. Osnovy polilingval'nogo obrazovaniya / F. G. Yalalov. – Kazan': Akademiya nauk Respub-lik Tatarstan, 2021. – 192 s.
5. Polikul'turnoe obrazovanie v mnogonacional'nom sociume: uchebnik i praktikum dlya vuzov / A.N. Dzhurinskij. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva: Izdatel'stvo Yurajt, 2022. — 257 s.
6. Formirovanie lingvokul'turologicheskoy kompetencii uchashchihsya bashkirskoj shkoly v usloviyah dvuyazychiya: monografiya / R. V. Al'muhametov, R. G. Davletbaeva, M. S. Davletshi-na, S. A. Tagirova. — Ufa: BGPU imeni M. Akmully, 2011. — 182 s.
7. Gal'skova N. D. Sovremennaya obrazovatel'naya model' v oblasti inostrannyh yazykov: struktura i sodержanie // Inostrannye yazyki v shkole. 2015. – No. 8. – S. 2-8
8. Musagitova, G. N. Kul'tura rechi. Normy. Slovarei: metodicheskie ukazaniya / G. N. Mu-sagitova, E. V. Cupikova. — Omsk: SibADI, 2022. — 74 s.
9. Lingvisticheskie slovarei i rabota s nimi v shkole: posobie dlya uchitelya / Z.A. Potiha, D.E. Rozental'. – Moskva: Prosveshchenie, 1987. – 128 s.
10. Gal'skova N.D. Sovremennaya metodika obucheniya inostrannym yazykam: Posobie dlya uchitelya. — 2-e izd., pererab. i dop. — M.: ARKTI, 2003. — 192 s.
11. Komissarov V.N. Lingvistika perevoda / Predisl. M.Ya. Cvillinga. Izd. 3-е. М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. – 176s.
12. Aktual'nye voprosy issledovaniya i prepodavaniya rodneyh yazykov i literatur: materialy konferencii / pod redakciej Zh.V. Murzinoj. — Cheboksary: ChGIKI, 2020. — 420 s.

Информация об авторах:

Р.М. Иксанова – кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой английского языка;

Э.Ш. Закирзянова – магистрант.

Information about the authors:

R. M. Iksanova – Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of English;

E. Sh. Zakirzyanova - master's student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

УДК 378.1

Рита Фанисовна Исхакова

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
ritaishakova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8095-723X>*

СПЕЦИАЛИТЕТ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ И ЕГО ОТЛИЧИЕ ОТ БАКАЛАВРИАТА И МАГИСТРАТУРЫ

Аннотация. В статье представлена сущность и характеристика трех уровней высшего образования в нашей страны: специалитета, бакалавриата и магистратуры. Проведен их сравнительный анализ, определены особенности, достоинства, различия, а также имеющиеся проблемы реализации двухуровневого образования. Обоснованы современные тенденции реформирования системы профессионального обучения и инновационного поступательного развития высшего российского образования, адекватные вызовам и потребностям времени.

Ключевые слова: специалитет, бакалавриат, магистратура, уровень высшего образования, инновационные тенденции, реформирование, инновационное развитие.

Rita F. Iskhakova

*St Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
ritaishakova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8095-723X>*

SPECIALIST'S DEGREE PROGRAM IN HIGHER EDUCATION AND ITS DISTINCTION FROM THE BACHELOR'S AND MASTER'S

Abstract. The article focuses on the three level of higher education in Russia: a specialist's degree, a bachelor's degree and a master's degree. The author compares them, describes their features, advantages, differences and also mentions some issues of a two-level system. The author also gives arguments for innovative and adequate trends in reforming professional education and its development.

Key words: a specialist's degree program, a bachelor's degree program, a master's degree program, innovative trends, reforming, innovative development

Современный этап развития российского высшего образования характеризуется переосмыслением философского основания и стратегии его дальнейшего поступательного движения и совершенствования. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации в мае 2022 года, приняло решение о выходе из Болонского процесса (в связи с приостановлением Болонской Наблюдательной группой VFUG представительства нашей страны в нем) и разработке национальной модели высшего образования. За 19-летний период нахождения России в составе этого процесса были достигнуты значительные результаты в модернизации образования, повышающие его конкурентоспособность и престиж, несмотря на несоответствие некоторых положений и требований Болонской системы российским реалиям. Следует подчеркнуть, что Болонская система, в отличие от советской и российской, является практико-ориентированной, в которой фундаментальность пребывает на втором плане. Некоторый перекокс такого типа в перспективном развитии российского образовательного процесса в обязательном порядке должен нивелироваться.

Происходящие глобальные изменения в мире в настоящее время и грядущие перемены в стране и образовательной системе сопряжены с постепенным решением множества сложных проблем и трудоемких задач. «Будущее – за нашей собственной

уникальной системой образования, в основе которой должны лежать интересы национальной экономики и максимальное пространство возможностей для каждого студента», - отметил министр Фальков В.Н., обозначая задачи образовательной реформы [2]. Новая система, по его определению, будет учитывать предыдущий опыт развития, отвечать национальным интересам, а также привлекательной для иностранцев [8].

Безусловно, реформирование и модернизация высшего образования будут базироваться на накопленном позитивном как международном, так и национальном опыте организации преподавания и обучения. Следует признать несомненную уникальность многих традиций высшего образования в нашей стране, особенно, в период приоритетной реализации специалитета, который в полной мере обеспечивал рынок труда. «Советское образование в целом соответствовало потребностям массового индустриального общества» [9, с.23]. Цели высшей школы определялись задачами овладения фундаментальными, как было отмечено ранее, общенаучными и специальными знаниями, развивающими общее и аналитическое мировоззрение, а также творческие способности. Особо следует отметить высокий уровень практической подготовки, осуществляемой в высших учебных заведениях.

Вышесказанное, в определенной степени, относилось и к средним образовательным учреждениям страны. Образно и весьма корректно оценил в свое время уровень нашего школьного образования президент США Дж. Ф. Кеннеди: «Космос мы проиграли русским за школьной партией». Несмотря на множество споров по поводу этого высказывания, следует отметить, что в тот период постоянно проводилась аналогия американской и советской систем образования и научного потенциала, что свидетельствует о признании результативных успехов нашей страны. Бесспорно, значительные научные достижения во многих сферах и областях не вызывают никаких сомнений и являются убедительным подтверждением высококачественного уровня как советского, так и российского образования.

Система высшего образования была представлена институтами, которые готовили, в основном, специалистов для экономических отраслей, включающих все сферы производства и услуг, а также университетами, которые осуществляли подготовку специалистов гуманитарных и творческих отраслей с преимущественным решением задач формирования у студентов философского мировоззрения, мыслительных и креативных способностей, исследовательских умений и навыков, как базовых компонентов личностно-профессионального становления [6, с. 100]. Обучение в высших учебных заведениях, особенно в университетах, квалифицировалось как престижная возможность и занятие, поступление в них сопрягалось с высоким конкурсом. Самым престижным и самым большим вузом являлся Московский Государственный университет. Обучение в вузах нашей страны было бесплатным. При всех университетах и некоторых институтах имелись аспирантуры, как очные, так и заочные, соответственно, трех и четырехлетним обучением. Главным содержанием обучения являлось, как и в настоящее время, проведение научно-исследовательской работы по актуальной и оригинальной проблеме с написанием и публичной защитой диссертации для получения ученой степени.

Необходимо отметить, что немалое количество выпускников университетов тех лет продолжили обучение в аспирантурах по своим специальностям, стали кандидатами и докторами наук и пополнили ряды ученых, преподавателей вузов и научных исследователей нашей страны. «Благодаря выстроенной системе высшего образования страна дала миру плеяду выдающихся ученых, среди которых немало лауреатов Нобелевской премии» [3, с. 10]. Нельзя не согласиться с выводом исследователей образовательного процесса в СССР о том, что «Советская система высшего образования являлась тем фундаментом, на котором формировался интеллектуальный потенциал нашей страны многие десятилетия» [3, с. 11].

Среди основных достоинств специалитета исследователи выделяют следующие:

- фундаментальные энциклопедические знания, основанные на новейших научно-технических достижениях,

- высокий уровень положительной мотивации и стимулов достижения успеха в обучении у студентов,
- уважительное отношение в высших учебных заведениях, а также, в обществе к труду преподавателя.

Что касается характеристики высшего образования, реализуемого специалитетом в целом, прежде всего, следует отметить, как его важнейшую особенность, высокий научно-профессиональный уровень профессорско-преподавательского состава, ядро которого было представлено великими учеными и исследователями этого периода.

До введения Болонской системы специалитет, как уровень образования, был классической и единственной моделью получения высшего образования в нашей стране, реализующий, преимущественно, пятилетний курс обучения (в медицинских – шестилетний) с присвоением квалификации специалиста по завершению специального теоретического и практического курса по соответствующим образовательным программам, а также результатам проведенного исследования и защиты дипломной работы. После присоединения в 2003 году нашей страны к Болонскому процессу и введения европейской двухуровневой системы обучения был осуществлен переход на реализацию трех уровней профессионального высшего образования: бакалавриат, магистратура, специалитет, с преимущественным внедрением в вузах бакалавриата и магистратуры.

Эти уровни различаются как по содержанию образования, так и по организации и продолжительности. Для поступления и обучения в бакалавриате и специалитете достаточно среднего общего образования, для магистратуры же необходимо – высшее. Срок обучения в бакалавриате составляет 4 года, в магистратуре – 2 года. Соответственно правилам Болонской декларации, завершившим образование лицам присваиваются звания или степень. Бакалавр (от лат. *baccalaureus* – «бедный или молодой рыцарь, владелец поместья», другой вариант от лат. *baccalaureatus* – «украшенный лавром») – это звание выпускника, получившего высшее образование по программам какого-либо направления бакалавриата. Магистр (от лат. *magister* – «наставник, учитель») – это академическая степень, присваиваемая выпускнику магистратуры после освоения программы по определенному направлению с параллельным проведением научного исследования, написания и защиты выпускной магистерской диссертации.

Бакалавриат, как первый уровень образования, как было отмечено, имеет практико-ориентированную направленность. После завершения обучения бакалавр получает право занимать должности, соответствующие квалификационным требованиям, предусмотренным его высшим профессиональным образованием. Впрочем, он, как и специалист, имеет возможность продолжать обучение по любому выбранному им направлению в магистратуре, предполагающей научно-исследовательскую, а также педагогическую направленность. Такая преемственность подготовки (бакалавриат-магистратура) позволяет оперативно и гибко реагировать на потребности рынка труда, создавать новые направления, соответствующие современным потребностям развития страны, эффективно активизировать профессорско-преподавательский потенциал вуза и стимулировать их научную и учебно-методическую деятельность. При этом некоторые эксперты полагают, что четырехлетний срок обучения в бакалавриате недостаточен для создания необходимой фундаментальной базы для будущего профессионала (как известно, реализуемой на уровне специалитета) и чрезмерна низка вероятность разрешения этой проблемы в магистратуре, поскольку она реализует подготовку студентов в узком направлении по конкретной тематике магистерской диссертации. При возможном увеличении срока обучения в специалитетах до 6 лет, а такая вероятность тоже не исключается, фундаментальная подготовка в них возрастет и станет существенно отличаться от магистратуры. Эти вопросы становятся все более актуальными и должны найти обязательного разрешения в предстоящем реформировании высшего образования. Несмотря на некоторые проблемы, нельзя не признавать значимые приоритеты двухуровневой структуры высшего образования и было бы нецелесообразно отказываться от

них в настоящее время.

За годы реализации Болонской декларации в нашей стране прослеживались заметные положительные тенденции изменения количественного и качественного состава студентов в магистратурах. Среди обучающихся магистрантов в российских вузах абсолютное большинство составляют трудоустроенные студенты, имеющие опыт работы. В связи с этим следует подчеркнуть, как немаловажную особенность продолжения учения в магистратуре, возможность его совмещения с выполнением трудовой деятельности, которая способствует профессиональной реализации и оптимальной социализации студента. Трудовое законодательство Российской Федерации разрешает трудоустройство магистранта на полную ставку – 40-часовую рабочую неделю. После завершения обучения магистр, как и специалист, располагает возможностью продолжать обучение в аспирантуре и докторантуре.

Существенных внешних различий в организации и реализации специалитета и магистратуры не выявляется. Оба уровня образования характеризуются примерным формальным равенством показателей подготовки специалиста и магистра по формам обучения (очное, очно-заочное, заочное), основам и структуре учебных программ, сущности конкурсного приема студентов и их выпуска, за исключением, сроков учебы и сложностей признания диплома специалиста за пределами страны.

Следует отметить, что в России в течение длительного времени на рынке труда более предпочтительным был диплом специалиста. Однако в результате кардинальных изменений образовательной политики и проведения образовательных реформ в нашей стране «магистратура прочно заняла образовавшуюся в последние годы нишу для обучения и переобучения специалистов», а также бакалавров [1, с. 102]. В настоящее время повышается ее востребованность, а также самокупаемость, что свидетельствует о наличии достаточного потенциала данного уровня образования для перспективного развития в российских вузах [1, с. 102]. Поэтому с большой вероятностью можно предполагать, что в вузовском обучении России дальнейшее распространение и развитие получают все три уровня высшего образования.

В последние годы на основе мониторинга и анализа происходящих позитивных процессов в развитии высшего образования в нашей стране происходит переоценка резервов и возможностей магистратуры и признания ее как эффективного и гибкого механизма институциональных преобразований [1, с. 104]. Меняются целевые ориентиры и специфика магистратуры, создаются новые направления, в том числе узкоспециальные с учетом запросов работодателей. Магистерские программы создаются на основе современных образовательных тенденций и практик, качественно видоизменяется и детализируется их содержание. Направления образовательной политики страны на современном этапе обуславливают и стимулируют, в определенной степени, совершенствование качества высшего образования. Пятилетний «Проект 5-100» (запущенный в 2012 году и продленный до 2020 года при участии 21 вуза) и программа «Приоритет – 2030» (заявленная в 2021 году и завершенная в 2022 году с отбором 80 лучших вузов страны), целями которых были стимулирование развития вузов и повышение их конкурентоспособности, в значительной степени, активизировали инновационную деятельность университетов, в целом, и, в частности, магистратуры. По оценке исследователей «программы магистратуры стали драйвером и эффективным инструментом преобразований» вузовского обучения [7, с. 16]. Подытоживая вышесказанное, следует признать, что накоплен большой позитивный опыт в развитии отечественного высшего образования, представленного всеми уровнями образования, который нужно видоизменять и обогащать с учетом современных реалий.

Немало примеров достойных достижений, характеризующих качество человеческого капитала и уровень высшего образования в России, признанных на международном уровне. Например, в 2017 году 10 российских вузов вошли в группу 500 лучших университетов мира по физическим наукам (журнал Times Higher Education), (при этом Московский физико-технический институт поднялся с 78 на 48 место), МГУ и НГУ возглавили рейтинг вузов

британской компании Quacquarelli Symonds по развивающимся странам Европы и Центральной Азии и 23 российских вуза вошли в первую сотню [9, с. 18]. В 2016 году 24 российских вуза были включены в число 300 лучших университетов рейтинга THE BRICS и Emerging Economies University Rankings – 16 вузов. Три российских вуза были включены в Шанхайский рейтинг лучших университетов мира ARWU [9, с. 19]. В 2017 году в чемпионате мира по профессиональному мастерству World-Skill, представленному 77 странами (1300 человек), из 52 компетенций российские участники получили золотые медали по шести профессиям, серебряные – по четырем и бронзовую – по одной [9, с. 20]. Нельзя переоценивать успехи российского образования, учитывая наметившиеся проблемы развития вузов, однако не стоит и недооценивать реальный, достаточно высокий уровень и качество отечественного высшего образования.

В связи с этим следует отметить, что международные рейтинги недостаточно объективно оценивают эффективность и качество работы университетов. Экс-министр образования и науки Фурсенко А.А. оценивает рейтинги как «инструмент конкурентной борьбы на рынке образовательных услуг» [4, с.18]. По мнению ректора МГУ Садовниченко В.А. составители рейтингов пренебрегают содержательным анализом вузовского обучения. По его мнению, программы российского образования по глубине и фундаментальности остаются лучшими в мире [4, с.18]. Действительно, отправными критериями оценки деятельности вузов являются формальные параметры (материально-техническая оснащенность, количество преподавателей и студентов, в том числе иностранных, карьерный потенциал, позиция работодателей). Тем не менее, результаты рейтингов выявляют важные проблемы развития высшего образования и способствуют определению векторов модернизации современного университетского обучения.

Сложные задачи реформирования и усовершенствования российского образования в нашей стране, вне всякого сомнения, найдут адекватное решение. Выход из Болонской системы должен стать поводом переосмысления и переоценки постсоветского опыта организации вузовского процесса и обращения «к истории и опыту нашего образования... и перестроение вузовского образования на российской культурно-идентичной основе, включающей в себя все проверенное временем и мировым опытом» [10, с. 10]. Наступил период изменения ориентиров, дифференциации стратегий, целей и демократизации механизмов развития нашей высшей школы с учетом новых вызовов и новой ситуации, перед которыми стоит страна [10, с. 44]. В настоящее время актуализируются вопросы конкуренции, цифровизации и создания цифровых технологий, нахождения новых маркетинговых инструментов достижения оригинальности и уникальности образовательных услуг.

Экономические и социально-политические вызовы настоящего времени требуют принципиально новых подходов к обновлению и оптимизированию образовательной политики и образовательного процесса. Как абсолютно точно, отмечают исследователи современных тенденций решения проблем и задач поступательного развития обучения в вузах, «изменения на рынке труда предполагают реформатирование всей системы профессионального образования, в том числе его структуры и уровней» [5, с. 28]. Безусловно, все уровни образования высшей школы, как бакалавриат, так и магистратура и специалитет, в перспективном развитии должны постоянно видоизменяться, соответственно инновационным образовательным тенденциям и адекватным потребностям времени. И в реализации этих задач «все большую роль будет играть качество образовательной среды» включающее как систему вузовского, так и вневузовского образования [5, с. 30].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Буркова И.Н. Магистрант 3++: портрет и новые запросы // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 10. С. 102-117.

2. Васильева А. Минобрнауки подтвердило «Ъ» намерение отказаться от Болонской системы [Электронный ресурс] // Коммерсант. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5367629> (дата обращения 10.05.2023).
3. Гемранова А.Д. К истории высшего университетского образования СССР в период перестройки (80-90-е гг. XX века) // Образование: прошлое, настоящее и будущее: материалы IV Междунар. науч. конф. г. Краснодар февраль 2018 г. Краснодар: Новация, 2018. С. 9-11.
4. Джурицкий А.Н. Актуальные проблемы развития и качества высшего образования в России. // Преподаватель XXI века. 2016. Т. 1. № 1. С. 9-19.
5. Клячко Т.Л. Образование в России и мире. Основные тенденции. // Образовательная политика. 2020. № 1(81). С 26-40.
6. Лубинская Т.Н. Исследовательские умения и навыки как базовые компоненты становления личности. // Вестник Вятского государственного университета. 2009. Т. 1. № 2. С. 99-101.
7. Магистратура в условиях внешних вызовов и внутренних противоречий. / Аржанова И.В., Барышникова М.Ю., Вашурина Е.В., Заварыкина Л.В., Нагорнов В.А., Перфильева О.В. Под ред. И.В. Аржановой. Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2021. 208 с.
8. Министр образования впервые рассказал, чем заменят Болонскую систему [Электронный ресурс] // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/06/01/924725-ministr-vpervie-rasskazal-chem-zamenyat> (дата обращения 10.05.2023).
9. Положихина М.А. Система образования в России с точки зрения формирования человеческого капитала. // Экономические и социальные проблемы России: Сб. науч. тр. РАН. ИНИОН. 2018. № 2. С. 8-36.
10. Тхагапсоев Х.Г., Яхутлов М.М. Расставаясь, обрести: к ориентирам «пост-болонского» развития вузовского образования в России. // Высшее образование в России. 2022. Т.31. № 10. С. 44-55.

REFERENCES

1. Burkova I.N. Magistrant 3++: portret i novye zaprosy // Vyssheye obrazovanie v Rossii. 2022. Т. 31. №10. S. 102-117.
2. Vasilieva A. Minobrnauki podtverdilo “Ъ” namerenie otkazat’sya ot Bolonskoy sistemy [Elektronnyi resurs] // Kommersant. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5367629> (date 10.05.2023).
3. Gemranova A.D. K istorii vysshego universitetskogo obrazobaniya SSSR v period perestroyki (80-90-e gg. XX veka) // Obrazovanie: proshloe, nastoyashee i budushee: materialy IV Mezhdunar. nauch. konf. g. Krasnodar February 2018. Krasnodar: Novatsia, 2018. S. 9-11.
4. Dzhurinskiy A.N. Aktualnuye problem razvitiya i kachestva vyshego obrazovaniya v Rossii // Prepodavatel XXI veka. 2016. Т. 1. №1. S. 9-19.
5. Klyachko T.L. Obrazovanie v Rossii i mire. Osnovnye tendentsii. // Obrazovatel’naya politika. 2020. №1 (18). S. 26-40.
6. Lubinskaya T.N. Issledovatel’skie umenia y navyki kak bazovye komponenty stanovleniya lichnosti. // Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. Т. 1№2. S. 99-101.
7. Magistratura v usloviyakh vneshnikh vyzovov i vnutrennikh protivorechiy. / Arzhanova I.V., Baryshnikova M.U., Vashurina E.V., Zavarykina L.V., Nagornov V.A., Perfil’eva O.V. Pod red. I.V. Arzhanovoy. Moskva: Vash Format, 2021. 208 s.
8. Ministr obrazovaniya vpervye rasskazal, chen zamenyat Bolonskuyu sistemu [Elektronnyi resurs] // Vedomosti. URL: <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/06/01/924725-ministr-vpervie-rasskazal-chem-zamenyat> (date 10.05.2023)

9. Polozhikhina M.A. Sistema obrazovaniya v Rossii s tochki zreniya formirovaniya chelovecheskogo kapitala. // Ekonomicheskiye I sotsial'nye problem Rossii: Sb. nauch. tr. RAN. INION. 2018. №2. S. 8-36.

10. Tkhagapsoev Kh.G. Yakhutlov M.M. Rasstavayas', obresti: k orientiram "post-bolonskogo" razvitiya vuzovskogo obrazovaniya v Rossii. // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2022. T. 31. №10. S. 44-55.

Информация об авторе

Р.Ф. Исхакова – канд. филологических наук, доцент

Information about the author

R.F. Iskhakova – Candidate of philological sciences, an associate professor

УДК 378.1; 371.3

Сергей Викторович Морин¹, Наталья Владимировна Логинова², Ольга Анатольевна Козырева³

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

²Средняя общеобразовательная школа № 26, Новокузнецк, Россия

³Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

¹msv7@list.ru

²lgnva-nv@yandex.ru

³kozireva-oa@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку: Ольга Анатольевна Козырева,
kozireva-oa@yandex.ru*

УРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УРОВНЕВЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ КАК РЕСУРСЫ САМООРГАНИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ТЕОРЕТИЗАЦИИ ДИДАКТИЧЕСКОГО И НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Аннотация: Детерминированы и системно теоретизированы основы уровневого моделирования и использования уровневых методологических подходов. Уровневое моделирование определяется в классической и инновационной педагогике. Теоретизация основ уровневого моделирования в классической педагогике сводится к детерминации и использованию широкого, узкого и локального смыслов. Теоретизация основ уровневого моделирования в инновационной педагогике раскрывается многообразием использования современной педагогической методологии (адаптивный, синергетический, персонифицированный, унифицированный и пр. смыслы). Уровневые методологические подходы определяются системностью и поливариативностью реализации потребностей личности в среде и принятия совокупности ограничений и требований в возрастосообразной деятельности личности (например, конструктор педагогических условий). В мультисреде как системе принятия и реализации идей нормального распределения способностей и здоровья можно использовать совокупность трёх уровневых подходов – адаптивно-продуктивного, репродуктивно-продуктивного и креативно-продуктивного подходов. Уровневое моделирование и уровневые методологические подходы позволяют повысить качество постановки и решения задач развития и управления возможностями создания и использования дидактического и научного знания. Выделены педагогические условия повышения и объективизации качества развития, управления и теоретизации дидактического и научного знания на основе использования уровневого моделирования и уровневых методологических подходов.

Ключевые слова: уровневое моделирование; уровневые методологические подходы; научное знание; дидактическое знание; теоретизация; управление; развитие; мультисреда; педагогические условия

Sergey V. Morin¹, Natalya V. Loginova², Olga A. Kozyreva³

¹Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

²Secondary school No. 26, Novokuznetsk, Russia

³Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

¹msv7@list.ru

²lgnva-nv@yandex.ru

³kozireva-oa@yandex.ru

Corresponding author: Olga A. Kozyreva, kozireva-oa@yandex.ru

LEVEL MODELING AND LEVEL METHODOLOGICAL APPROACHES AS RESOURCES FOR SELF-ORGANIZING THE QUALITY OF DEVELOPMENT, MANAGEMENT AND THEORETIZATION OF DIDACTIC AND SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Abstract. The foundations of level modeling and the use of level methodological approaches are determined and systematically theorized. Level modeling is defined in classical and innovative pedagogy. Theorizing the foundations of level modeling in classical pedagogy is reduced to the determination and use of broad, narrow and local meanings. Theorizing the foundations of level modeling in innovative pedagogy is revealed by the diversity of the use of modern pedagogical methodology (adaptive, synergistic, personalized, unified, etc. meanings). Level methodological approaches are determined by the consistency and poly-variability of the implementation of the needs of the individual in the environment and the adoption of a set of restrictions and requirements in the age-appropriate activity of the individual (for example, the construct of pedagogical conditions). In a multi-environment as a system for accepting and implementing the ideas of a normal distribution of abilities and health, a combination of three level approaches can be used - adaptive-productive, reproductive-productive and creative-productive approaches. Level modeling and level methodological approaches improve the quality of setting and solving problems of development and management of the possibilities of creating and using didactic and scientific knowledge. Pedagogical conditions for improving and objectifying the quality of development, management and theorization of didactic and scientific knowledge are identified based on the use of level modeling and level methodological approaches.

Keywords: level modeling; level methodological approaches; scientific knowledge; didactic knowledge; theorizing; control; development; multi-environment; pedagogical conditions

Введение

Интеграция образования, науки и культуры определяет перспективы и условия использования моделирования и методологии в теоретизации и управлении качеством постановки и решения задач развития личности и обеспечения функциональности среды, раскрывающей способности личности к различным образовательно, социально, профессионально ориентированным способам самоопределения и рефлексии, самовыражения и самореализации, сотрудничества и самопрезентации.

Идеи научного поиска и научного познания могут быть системно обозначены через использование педагогической методологии в системе непрерывного образования [1, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 23, 25], обоснование и уточнение качества традиционного и инновационного способов представления задач научного исследования в педагогике как науке, теоретизацию успешности продуктивного становления личности в системе непрерывного образования [1-25], разграничение объективной, субъектной и субъективной составляющих благополучия как ценности и нормы современной культуры и непрерывного образования, определение научной, технической и гуманистической позиций развития личности и общества [2, 3, 4, 9, 10, 12, 17, 18, 19], теоретизацию гносеологических, дидактических, воспитательных, социально ориентированных, профессиональных и адаптивно-акмепедагогических связей и способов уточнения качества развития личности и системы непрерывного образования [1-25].

В задачах научной теоретизации наиболее популярными являются бинарно или дихотомически определяемые и решаемые проблемы и условия объективации потребностей и возможностей развития и управления через выделение, с одной стороны, ориентированной на личность среды, с другой стороны, педагогических условий, регламентирующих качество функционирования данной среды и продуктивности личности, определяющей свои возможности развития через деятельность и общение в созданной комфортной для развития личности среде [2, 4, 5, 6, 11, 12, 18, 18, 20].

Целостность образовательных систем и культуросообразность идей развития, гибкого управления качеством функционирования системы и продуктивности деятельности личности могут быть заложены в основу теоретизации типологии и технологии возрастосообразного развития личности. В выделенном направлении поиска можно определить в качестве условия возрастосообразного развития основу и технологии формирования культуры самостоятельной работы личности, в структуре выделенного процесса могут быть прослежены основы использования уровневого педагогического моделирования и уровневой педагогической методологии.

Цель работы: изучение и теоретизация основ уровневого моделирования и уровневых методологических подходов в контексте самоорганизации качества развития, управления и теоретизации дидактического и научного знания.

Материалы и методы

Методами исследования определены теоретизация, моделирование, шкалирование, классифицирование, эксперимент.

Методология на общепедагогическом уровне используется в конструктах традиционного подхода и инновационного подхода.

Методология на общепрофессиональном и частно-предметном уровне будет определена через системное использование адаптивно-продуктивного, репродуктивно-продуктивного, креативно-продуктивного подходов, основы реализации которых в профессиональной деятельности педагога могут быть обеспечены за счет использования технологий фасилитации, поддержки, научного донорства, технологий психорелаксации и психокоррекции, т.е. арт-терапия, сказкотерапия, библиотерапия, музыкальная терапия, танцевальная терапия, фитнес-терапия, логотерапия, куклотерапия, игротерапия, психогимнастика, хобби-терапия, технологии хендмейка, мульт-терапия, трудотерапия, ритуалотерапия (например, празднование «Дней Знаний») и т.д.

Результаты и их обсуждение

Уровневое моделирование определяется в классической и инновационной педагогике в контексте целостности идей научного познания и варибельности условий трансляции и уточнения, создания и использования нового знания и новых средств, гарантирующих повышение результативности решения задач развития и управления качеством деятельности.

Уровневое моделирование – вид моделирования, определяющий через уровневую структуру возможность теоретизации и решения задач научного поиска и научно-педагогической деятельности.

Теоретизация основ уровневого моделирования в классической педагогике сводится к детерминации и использованию широкого, узкого и локального смыслов.

Теоретизация основ уровневого моделирования в инновационной педагогике может быть определена через системное использование современной педагогической методологии (синергетический смысл, персонифицированный смысл, унифицированный смысл и пр.), совокупность методологических подходов рассматривается как уровень развития общества и педагогической науки.

В структуре теоретизации и уточнения понятийного аппарата все конструкты уровневого моделирования определяют то или иное направление построения нового научного знания в педагогике.

Использование широкого, узкого и локального смыслов обеспечивает постановку и решение задач на макро-, мезо- и микроуровнях теоретизации и регламентации использования научного поиска и научно-педагогической деятельности, в том числе при обучении различным профессиональным и педагогическим возможностям и основам теоретизации (дидактическая теоретизация).

Широкий смысл раскрывает и уточняет изучаемый объект в создаваемых моделях как категорию, систему, матрицу знаний, ценностей, конструктов, подходов и пр.

Узкий смысл определяет изучаемый объект в создаваемых моделях как процесс,

свойство, продукт, условие, функцию, способ, практику, технологию, модель и прочие мезоуровневые способы теоретизации.

Локальный смысл теоретизирует изучаемый объект в создаваемых моделях как процедуру, ситуативное действие, уточнение и прочие ситуативные и микроуровневые способы детерминации основ профессиональной и педагогической деятельности.

Уровневые методологические подходы определяются системностью и поливариативностью реализации потребностей личности в среде, гарантируют возможность унификации и принятия совокупности ограничений и требований в возрастосообразной деятельности личности (например, конструктор педагогических условий).

В мультисреде как системе принятия и реализации идей нормального распределения способностей и здоровья можно использовать совокупность трёх уровневых подходов – адаптивно-продуктивного, репродуктивно-продуктивного и креативно-продуктивного, в единстве обеспечивающих и личность, и общество потенциально популяризируемыми возможностями гуманизации и оздоровления личности и непрерывного образования.

Адаптивно-продуктивный подход – методологический подход, основы и возможности развития личности в котором определяются с учётом уровня здоровья и сформированности потребностей личности в развитии и образовании. В данном уровне выборе рекомендовано использовать для перехода от адаптивных способов решения к продуктивным способам решения задач и проблем совокупность средств, методов и технологий адаптивного и игрового обучения, технологии фасилитации, поддержки и научного донорства. Адаптивно-продуктивный подход является условием и ресурсом гуманизации современного развития личности и системы непрерывного образования.

Репродуктивно-продуктивный подход – методологический подход, раскрывающий основы и возможности уровневого построения и уточнения способов научной теоретизации качества развития личности. Данная практика уникальна, ее возможности по репродуктивно-продуктивному уточнению качества создаваемых моделей и способов решения проблем обеспечивает современное образование всевозможными технологиями и инновациями, направленными на реализацию идей развития общего количества или большинства субъектов непрерывного образования (70-90% от всей генеральной совокупности обучающихся одного возраста и детерминированного в научном поиске уровня развития и способа решения задач развития и сотрудничества). Репродуктивно-продуктивный подход является традиционным способом и механизмом управления качеством развития личности и системы непрерывного образования.

Креативно-продуктивный подход – методологический подход, раскрывающий основы и возможности уровневого развития личности, в основе которого определяется единство креативности и продуктивности личности, системность постановки и решения задач управления качеством деятельности личности и функциональности общества на основе вариативности и целостного уточнения условий продуцирования различных научно-педагогических ресурсов и новообразований, стимулирующих к обеспечению высоких показателей качества деятельности и функциональности непрерывного образования и антропологически обусловленных отношений. Креативно-продуктивный подход определяется в реализации идей развития с одаренными обучающимися, показатели качества решения задач которых превышают по многим направлениям сравнения качество и результативность у среднестатистического обучающегося по выделенному профилю сравнения и сопоставления результативности и успешности, продуктивности и креативности, скорости и точности и пр.

Педагогические условия повышения и объективизации качества развития, управления и теоретизации дидактического и научного знания на основе использования уровневого моделирования и уровневых методологических подходов – совокупность системно регламентируемых и вариативно уточняемых противоречий, решение которых осуществляется в соответствии с выделенными возможностями теоретизации и управления

качеством повышения и объективизации потребностей в дидактическом и научном знании в деятельности педагога и обучающегося в системе непрерывного образования.

Педагогические условия повышения и объективизации качества развития, управления и теоретизации дидактического и научного знания на основе использования уровневого моделирования и уровневых методологических подходов:

- системность и наукосообразность постановки и решения задач научной теоретизации в развитии личности в системе непрерывного образования;

- культуросообразность в постановке и решении задач развития, в результате чего определяются составляющие и перспективы формирования культуры здоровья, культуры самостоятельной работы, культуры научного поиска и научной деятельности, культуры самовыражения и самопрезентации, культуры самопознания и психорелаксации и пр.;

- определение возможностей и стимулирование активности личности в поиске персонифицированных решений задач возрастосообразной самоактуализации как способа выбора метода и технологии развития;

- объективизация потребностей личности в системе социально и образовательной ориентированных отношений;

- выстраивание, уточнение, оптимизация, возрастосообразная модификация, антропологически интегрированная самоорганизация и ситуативная, гносеологическая и смысловая коррекция модели «хочу, могу, надо, есть»;

- обеспечение системной безопасности развития личности и стимулирование личности к психологической, социальной, профессиональной и биологической самозащите;

- пропаганда развития личности в ориентированной на потребности среде как модели и технологии системного анализа качества и возможностей продуктивного становления личности в деятельности и общении при учёте общих закономерностей развития Мирового пространства;

- доступность развития личности в различных плоскостях унифицированных и персонифицированных способах решения задач развития и управления;

- уровневость построения развития личности в контексте теоретизации и реализации модели перехода от создания и использования дидактического знания к созданию и уточнению научного знания в системе непрерывного образования и профессионально-трудовых отношений;

- синергетическая корректность в выборе моделей и технологий социализации и самореализации личности;

- формирование мировоззрения, мышления личности и коллектива на основе последних достижений науки и техники;

- включенность личности в систему непрерывного образования и поливариативное уточнение качества решения задач развития и продуктивного становления в контексте учета уровневости развития и целесообразности повышения качества продуктов возрастосообразной деятельности.

Выводы

Уровневое моделирование и уровневые методологические подходы позволяют повысить качество постановки и решения задач развития и управления возможностями использования дидактического и научного знания. Педагогические условия повышения и объективизации качества развития, управления и теоретизации дидактического и научного знания на основе использования уровневого моделирования и уровневых методологических подходов определяют перспективы постановки и решения задач научного поиска.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агзамова, А.Б. Категориально-понятийный аппарат современной педагогики / А.Б. Агзамова, Ф.Ш. Терегулов // *Alma mater* (Вестник высшей школы). – 2017. – № 8. – С. 25-33.

2. Асташова, Н.А. Позитивная образовательная среда как условие качества школьного образования / Н.А. Асташова, С.К. Бондырева, К.А. Черкасова // Мир образования - образование в мире. – 2018. – № 4 (72). – С. 48-58.
3. Баева, И.А. Готовность педагогов к реализации инноваций в профессиональной деятельности и ее взаимосвязь с психологической безопасностью и комфортностью образовательной среды школы / И.А. Баева // Научное мнение. – 2015. – № 12-2. С. – 40-45.
4. Баева, И.А. Психологическая безопасность образовательной среды / И.А. Баева // Профессиональное образование. Столица. – 2016. – № 4. – С. 9-13.
5. Баева, И.А. Психологическая безопасность образовательной среды в структуре комплексной безопасности образовательной организации / И.А. Баева // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 6 (125). – С. 12-18.
6. Балицкая, Н.В. Теоретизация успешности продуктивного становления личности в системе непрерывного образования / Н.В. Балицкая, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2020. – № 3 (78). – С.130-142.
7. Богуславский, М.В. Разработка конкурентных образовательных продуктов в сфере высшего образования: методологические основания / М.В. Богуславский, Е.В. Неборский // Проблемы современного образования. 2017. № 3. С. 45-51.
8. Вербицкий, А.А. Проблемы адекватности понятийного аппарата современного образования / А.А. Вербицкий, Е.Г. Трунова // Педагогика. – 2017. – № 8. – С. 3-15.
9. Знаков, В.В. Понимание как психология возможного / В.В. Знаков // Сибирский психологический журнал. – 2019. – № 72. – С. 6-20.
10. Иванова, Е.О. Дидактические требования к информационно-образовательной среде и ее компонентам / Е.О. Иванова, И.М. Осмоловская // Ярославский педагогический вестник. – 2015. – № 5. – С. 19-24.
11. Калимуллина, О.А. Сущность социально-культурной среды дополнительного образования / О.А. Калимуллина, Л.А. Кучекеева, Н.В. Горбунова // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. – 2019. – № 2. – С. 99-103.
12. Листвина, Е.В. Образовательная среда: социокультурный аспект / Е.В. Листвина // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Философия. Психология. Педагогика. – 2018. – Т. 18. – № 4. – С. 474-477.
13. Лутфуллин, Ю.Р. Метод исследования как важный аспект культуры мышления научного сообщества / Ю.Р. Лутфуллин, Л.Н. Баянова // Теория и практика мировой науки. – 2020. – № 1. – С. 22-26.
14. Осмоловская, И.М. Инновационные образовательные практики в образовательном пространстве школы / И.М. Осмоловская // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2018. – Т. 1. – № 3 (50). – С. 120-131.
15. Осмоловская, И.М. Информационно-образовательная среда как стратегическая модель образовательного процесса / И.М. Осмоловская, И.В. Шалыгина, Ю.Е. Шабалин // Совет ректоров. – 2016. – № 5. – С. 65-75.
16. Осмоловская, И.М. Методология педагогики в контексте современного научного знания / И. М. Осмоловская // Проблемы современного образования. 2016. № 5. С. 149-158.
17. Поляков, С.Д. Психопедагогика: становление и проблематизация предмета исследования / С.Д. Поляков // Поволжский педагогический поиск. – 2019. – № 1 (27). – С. 20-30.
18. Сериков, В.В. Проблема целостности образовательных систем / В.В. Сериков // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2017. – № 3. – С. 14-20.
19. Терегулов, Ф.Ш. Образование - залог грядущего / Ф.Ш. Терегулов // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2017. – № 1. – С. 40-47.
20. Устьянцев, В.Б. Ценности гуманизма в жизненном пространстве человека / В.Б. Устьянцев // Цивилизация - Общество - Человек. – 2018. – № 6-7. – С. 5-7.

21. Федоров, А.А. Образование будущего в новой реальности / А.А. Федоров, Е.Ю. Илалтдинова, С.В. Фролова // Вестник МНЭПУ. – 2019. – Т. 1. – № 5. – С. 382-384.
22. Федоров, А.А. Проектирование воспитательного пространства образовательной организации / Фролова С.В., Илалтдинова Е.Ю. // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – С. 329.
23. Хазиев, В.С. Конвергенция рациональных и иррациональных методологий в педагогике / В.С. Хазиев, Е.В. Хазиева, Н.В. Сафонова // Социально-гуманитарные знания. – 2019. – № 10. – С. 156-162.
24. Шакурова, М.В. Культура образовательной организации в контексте теории воспитательных систем / М.В. Шакурова // Известия Воронежского государственного педагогического университета. – 2018. – № 1 (278). – С. 48-51.
25. Шульмин, С.А. Инновационные подходы в системе современного образования / С.А. Шульмин, Ю.Р. Лутфуллин // Современное педагогическое образование. – 2019. – № 2. – С. 25-30.

REFERENCES

1. Agzamova, A.B. Kategorial'no-ponyatijny`j apparat sovremennoj pedagogiki / A.B. Agzamova, F.Sh. Teregulov // Alma mater (Vestnik vy`sshej shkoly). – 2017. – № 8. – С. 25-33.
2. Astashova, N.A. Pozitivnaya obrazovatel'naya sreda kak uslovie kachestva shkol'nogo obrazovaniya / N.A. Astashova, S.K. Bondy`reva, K.A. Cherkasova // Mir obrazovaniya - obrazovanie v mire. – 2018. – № 4 (72). – С. 48-58.
3. Bayeva, I.A. Gotovnost' pedagogov k realizatsii innovatsiy v professional'noy deyatel'nosti i yeye vzaimosvyaz' s psikhologicheskoy bezopasnost'yu i komfortnost'yu obrazovatel'noy sredy shkoly / I.A. Bayeva // Nauchnoye mneniye. – 2015. – № 12-2. С. – 40-45.
4. Baeva, I.A. Psixologicheskaya bezopasnost` obrazovatel'noj sredy` / I.A. Baeva // Professional'noe obrazovanie. Stolicza. – 2016. – № 4. – С. 9-13.
5. Baeva, I.A. Psixologicheskaya bezopasnost` obrazovatel'noj sredy` v strukture kompleksnoj bezopasnosti obrazovatel'noj organizacii / I.A. Baeva // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. – 2017. – № 6 (125). – С. 12-18.
6. Baliczskaya, N.V. Teoretizaciya uspehnosti produktivnogo stanovleniya lichnosti v sisteme nepreryv'nogo obrazovaniya / N.V. Baliczskaya, N.A. Kozy`rev, O.A. Kozy`reva // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. – 2020. – № 3 (78). – С.130-142.
7. Boguslavskij, M.V. Razrabotka konkurentny`x obrazovatel'ny`x produktov v sfere vy`sshego obrazovaniya: metodologicheskie osnovaniya / M.V. Boguslavskij, E.V. Neborskij // Problemy` sovremennogo obrazovaniya. 2017. № 3. С. 45-51.
8. Verbiczkij, A.A. Problemy` adekvatnosti ponyatijnogo apparata sovremennogo obrazovaniya / A.A. Verbiczkij, E.G. Trunova // Pedagogika. – 2017. – № 8. – С. 3-15.
9. Znakov, V.V. Ponimaniye kak psikhologiya vozmozhnogo / V.V. Znakov // Sibirskij psikhologicheskij zhurnal. – 2019. – № 72. – С. 6-20.
10. Ivanova, E.O. Didakticheskie trebovaniya k informacionno-obrazovatel'noj среде i ee komponentam / E.O. Ivanova, I.M. Osmolovskaya // Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik. – 2015. – № 5. – С. 19-24.
11. Kalimullina, O.A. Sushhnost` social'no-kul'turnoj sredy` dopolnitel'nogo obrazovaniya / O.A. Kalimullina, L.A. Kuchekeeva, N.V. Gorbunova // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury` i iskusstv. – 2019. – № 2. – С. 99-103.
12. Listvina, Ye.V. Obrazovatel'naya sreda: sotsiokul'turnyy aspekt / Ye.V. Listvina // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Filosofiya. Psikhologiya. Pedagogika. – 2018. – Т. 18. – № 4. – С. 474-477.
13. Lutfullin, Yu.R. Metod issledovaniya kak vazhny`j aspekt kul'tury` my`shleniya nauchnogo soobshhestva / Yu.R. Lutfullin, L.N. Bayanova // Teoriya i praktika mirovoj nauki. – 2020. – № 1. – С. 22-26.
14. Osmolovskaya, I.M. Metodologiya pedagogiki v kontekste sovremennogo

nauchnogo znaniya / I. M. Osmolovskaya // Problemy` sovremennogo obrazovaniya. 2016. № 5. S. 149-158.

15. Osmolovskaya, I.M. Informacionno-obrazovatel`naya sreda kak strategicheskaya model` obrazovatel`nogo processa / I.M. Osmolovskaya, I.V. Shaly`gina, Yu.E. Shabalin // Sovet rektorov. – 2016. – № 5. – S. 65-75.

16. Osmolovskaya, I.M. Innovacionny`e obrazovatel`ny`e praktiki v obrazovatel`nom prostranstve shkoly` / I.M. Osmolovskaya // Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika. – 2018. – T. 1. – № 3 (50). – S. 120-131.

17. Polyakov, S.D. Psixopedagogika: stanovlenie i problematizaciya predmeta issledovaniya / S.D. Polyakov // Povolzhskij pedagogicheskij poisk. – 2019. – № 1 (27). – S. 20-30.

18. Serikov, V.V. Problema tselostnosti obrazovatel'nykh sistem / V.V. Serikov // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2017. – № 3. – S. 14-20.

19. Teregulov, F.Sh. Obrazovanie - zalog gryadushhego / F.Sh. Teregulov // Alma mater (Vestnik vy`sšej shkoly`). – 2017. – № 1. – S. 40-47.

20. Ust'yantsev, V.B. Tsennosti gumanizma v zhiznennom prostranstve cheloveka / V.B. Ust'yantsev // Tsivilizatsiya - Obshchestvo - Chelovek. – 2018. – № 6-7. – S. 5-7.

21. Fedorov, A.A. Obrazovanie budushhego v novej real`nosti / A.A. Fedorov, E.Yu. Ilaltdinova, S.V. Frolova // Vestnik MNE`PU. – 2019. – T. 1. – № 5. – S. 382-384.

22. Fedorov, A.A. Proektirovanie vospitatel`nogo prostranstva obrazovatel`noj organizacii / Frolova S.V., Ilaltdinova E.Yu. // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 6. – S. 329.

23. Xaziev, V.S. Konvergenciya racional`ny`x i irracional`ny`x metodologij v pedagogike / V.S. Xaziev, E.V. Xazieva, N.V. Safonova // Social`no-gumanitarny`e znaniya. – 2019. – № 10. – S. 156-162.

24. Shakurova, M.V. Kul'tura obrazovatel'noy organizatsii v kontekste teorii vospitatel'nykh sistem / M.V. Shakurova // Izvestiya Voronezhskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2018. – № 1 (278). – S. 48-51.

25. Shul`min, S.A. Innovacionny`e podxody` v sisteme sovremennogo obrazovaniya / S.A. Shul`min, Yu.R. Lutfullin // Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie. – 2019. – № 2. – S. 25-30.

Информация об авторах

С.В. Морин – кандидат технических наук, доцент;

Н.В. Логинова – преподаватель;

О.А. Козырева – кандидат педагогических наук, доцент.

Information about the authors

S.V. Morin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

T.V. Loginova – teacher;

O.A. Kozyreva – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor.

СЛОВО – МОЛОДЫМ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМ

УДК81.373(082)

Светлана Айдаровна Хазиахметова¹

¹*Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы, Уфа, Россия, svetlanika99@yandex.ru*

Научный руководитель – Н.В. Семенова, к.ф.н, доцент кафедры английского языка ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы».

ПЕРЕВОДЧЕСКИЕ СООТВЕТСТВИЯ АНГЛИЙСКИХ И НЕМЕЦКИХ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ - ЗООНИМОВ

Аннотация. В данной статье были проанализированы фразеологизмы английского и немецкого языков с компонентом-зоонимом, выявленные методом сплошной выборки из видео и аудио фрагментов таких ютуб-каналов, как BBC English и 6 minute English, Easy German и Dein Sprachcoach в период с 2020 по 2022 гг и их русские корреляции. В статье впервые исследуются зоонимные фразеологические единицы трёх разноструктурных языков. Методами исследования послужили: метод сплошной выборки, сравнительно-сопоставительный метод и метод статистического анализа. В результате исследования нами были выявлены сходства и различия во фразеологии исследуемых языков и установлены переводческие соответствия этих единиц в русском языке.

Ключевые слова: фразеологизмы, зоонимы, животные, видео, идиомы, язык, культура

TRANSLATION CORRESPONDENCES OF ENGLISH AND GERMAN PHRASEOLOGICAL UNITS-ZOONYMS

Abstract. The given article deals with English and German phraseological units of with a zoonym component, identified by a continuous sampling method from videos from 2020 to 2022, taken from videos of such YouTube channels as BBC English, 6 minute English, Easy German and dein Sprachcoach and their Russian correlations. The relevance of this topic lies in the fact that we analyzed phraseological units of three languages for the first time. The article aims at implementing the contrasting and comparative analysis of both English and German phraseological units with the Russian units revealing the same meaning as well as a methods of continuous sampling, and a statistics method. As a result of our research, we disclosed similarities and differences in the phraseology of the languages studied and revealed their Russian translation correspondences.

Keywords: phraseological units, zoonyms, animals, videos, idioms, language, culture

Зоонимы традиционно выполняют важную роль в сознании языковой личности. Это обусловлено тем, что человек с давних пор тесно взаимодействует с животным миром. Данный тезис подтверждается достаточно частым и продуктивным использованием этих единиц в художественных произведениях, публицистике, в различного рода афоризмах и в повседневном общении, что указывает на воздействие животного мира на язык и лингвистику в целом. По мнению Ахмановой О.С, фразеологизм или фразеологическая единица есть такое словосочетание, в котором «семантическое единение (цельность именованной) преобладает над структурной раздельностью составляющих его элементов (выделение признаков предмета подчинено его целостному обозначению), вследствие чего оно совершает работу в структуре предложения как эквивалент отдельного слова»[1]. В дальнейшем мы будем пользоваться данным определением понятия фразеологизм.

Согласно классификации В.Виноградова выделяют три основных вида фразеологизмов: идиомы, фразеологические единства и фразеологические сочетания. *Фразеологические сращения (идиомы)* - устойчивые сочетания, обобщенно-целостное значение которых не выводится из значения составляющих их компонентов, т. е. не мотивировано ими с точки зрения современного состояния лексики. *Фразеологические единства (идиоматические сочетания)* - устойчивые сочетания, обобщенно-целостное значение которых отчасти связано с семантикой составляющих их компонентов, употребленных в образном значении. *Фразеологические сочетания* - устойчивые обороты, значение которых мотивировано семантикой составляющих их компонентов, один из которых имеет фразеологически связанное значение. [2].

В соответствии с данной классификацией было выявлено, что большинство исследованных фразеологизмов относятся к фразеологическим единствам. В ходе анализа семантики фразеологизмов было обнаружено, что среди английских и немецких фразеологизмов существуют совпадающие по компонентному составу фразеологизмы. К ним относятся: в английском языке - *to have butterflies in your stomach* и *to make a monkey out of someone*, а в немецком языке *Schmetterlinge im Bauch haben* и *sich zum Affen machen*.

Но больше всего было полных соответствий среди фразеологизмов в паре русский язык и немецкий, что свидетельствует о близости русской и немецкой картин мира. К таким единицам принадлежат: *Aus einer Mücke einen Elefanten machen* - делать из мухи слона, *da liegt der Hund begraben* вот где собака зарыта, *Die Gänsehaut haben* - иметь гусиную кожу, *Schmetterlinge im Bauch haben* - влюбиться, *hundemüde sein* - уставший как собака, *wie ein Elefant im Porzellan sein* - быть как слон в посудной лавке, *weder Fisch noch Fleisch* - ни рыба ни мясо, *wie ein Fisch im Wasser sein* - чувствовать себя как рыба в воде, *die Katze im Sack kaufen* - купить кота в мешке, *schlau wie ein Fuchs* - хитрый как лиса, *Adleraugen haben* - иметь орлиный глаз.

Далее мы обратимся к понятию переводческое соответствие. По Комиссарову В.Н. переводческое соответствие - единица ПЯ, регулярно используемая для перевода данной единицы ИЯ. Фразеологические единицы обладают образностью и в зависимости от того, есть ли в ПЯ фразеологизм, в состав которого входит похожий образ способы перевода также отличаются. Существуют три варианта перевода фразеологических единиц:

- 1) ФЕ имеет в ПЯ точное, не зависящее от контекста полноценное соответствие;
- 2) ФЕ можно передать на ПЯ тем или иным соответствием, обычно с некоторыми отступлениями от полноценного перевода;
- 3) ФЕ не имеет в ПЯ ни эквивалентов, ни аналогов и непереводима в словарном порядке.

Из исследованных нами единиц 40% имеют приблизительный эквивалент, 37% не имеют ни эквивалентов, ни аналогов и 23% имеют полный эквивалент в русском языке. Далее приведен список наиболее употребительных в повседневной жизни носителей языка фразеологизмов с животными с переводческими соответствиями в русском языке[4].

Сравнительно-сопоставительный метод – это система приемов исследования как родственных, так и разноструктурных языков с целью выявления в них общих и отличительных свойств и признаков [3].

Нами было проанализировано 114 фразеологических единиц в трёх языках. В результате компонентного анализа исследованных фразеологизмов было выявлено, что 36 фразеологизмов английского и немецкого языков имеют переводческое соответствие в русском языке также содержащее зооним. К ним относятся; в английском языке *A little bird told me* - сорока на хвосте принесла, *hold your horses* - придержи лошадей, *when pigs fly* - когда рак на горе свистнет, в немецком языке это *Besser einen Spatz in der Hand als eine Taube auf dem Dach* - Лучше синица в руках, чем журавль в небе, *Aus einer Mücke einen Elefanten machen* - делать из мухи слона, *Zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen* - убить двух зайцев, *wie ein Murmeltier schlafen* - спать как сурок, *Da liegt der Hund begraben* - вот где собака зарыта,

hundemüde sein-быть уставшим как собака, *Leserratte*- книжный червь, *Bärenhunger haben*-быть голодным как волк, *Bärenstark sein*- быть сильным как бык, *schlau wie ein Fuchs*-хитрый как лиса, *ein alter Hase*- стреляный воробей, *wie ein Elefant im Porzellanen sein*- быть как слон в посудной лавке, *weder Fisch noch Fleisch*- ни рыба ни мясо, *wie ein Fisch im Wasser sein*- чувствовать себя как рыба в воде, *die Katze im Sack kaufen*- купить кота в мешке. В результате мы можем сделать вывод о том, что в языковой паре русский и немецкий больше таких соответствий, чем в паре русский и английский: 6 фразеологизмов в английском и 30 фразеологизмов в немецком языке соответственно. Далее представлен список фразеологических единиц, используемых нами в исследовании.

Английские фразеологизмы, переводческие соответствия которых не включают зооним

Английская ФЕ с зоонимом	Структурно-семантическая характеристика	Переводческое соответствие
to be in a dog house	V+ Prep+ Adv.M.	не пользоваться популярностью;
to have butterflies in your stomach	V+ Subs+ Adv.M.	влюбиться
to hear straight from the horse's mouth	V+Adv+Adv.M	слышать из первых уст
to flog a dead horse	V+Adj+Subs	напрасно тратить силы
to make a pig's ear out of something	V+Adj+Subs+Subs+Adv.M	делать что-то очень плохо
knee-high to a grasshopper	Adj+ Subs	от горшка два вершка
to have ants in your pants	V+Subs+Adv.M	ждать с нетерпением
isn't enough room to swing a cat	V+ Adv+ Subs+V+Subs	очень тесное пространство
to let the cat out of the bag	V+Subs+Adv. M	раскрыть чей-то секрет
to put the cat among the pigeons	V+Subs+Prep+Subs	действовать кому- то на нервы
the hair of the dog	Subs+Prep+Subs	состояние, когда кто-то выпил лишнего и наутро пьёт еще, чтобы стало легче
to monkey around	V+Adv	дурачиться
monkey business	Adj+Subs.	надувательство
to make a monkey out of someone	V+Subs+ Adv.M	выставлять на посмешище себя или кого-то
There's something fishy about this	Pron.+V+ Pron.+Adj+Prep+Pron	что-то тут нечисто;
a fish out of water	Subs+ Adv.M	оказаться не в своей тарелке
busy as a bee	Adj+ Conj+Subs	очень занятой
bee's knees	Adj+Subs.	превосходное качество
to have a bee in your bonnet	V+ Subs+Adv.M	очень сильно беспокоиться по поводу чего-то
pigs might fly	Subs+V+V	это невозможно

Английские фразеологизмы, переводческое соответствие которых включает зооним

Английская ФЕ с зоонимом	Структурно-	Переводческое соответствие
--------------------------	-------------	----------------------------

	семантическая характеристика	
bird brain	Adj+Subs	куриные мозги
to have a bird's eye view	V+Adv+Adj+Subs	орлиный глаз
a little bird told me	Adj+Subs+ V+Pron	сорока на хвосте принесла
to eat like a horse	V+Conj+Subs	есть как свинья
when pigs fly	Adv+ Subs+V	когда рак на горе свистнет
A big fish in a small pound	Adj+Subs+Adv.M	молодец среди овец, а на молодца- сам овца

Немецкие фразеологизмы, переводческое соответствие которых не включает зооним

Немецкая ФЕ с зоонимом	Структурно-семантическая характеристика	Переводческое соответствие
Der frühe Vogel fängt den Wurm	Adj+Subs+V+Subs	кто рано встаёт- тому Бог подаёт
sich zum Affen machen	V+Adv.M	выставлять себя или кого-то дураком
Da steppt der Bär	Adv+V+Subs	хорошая вечеринка
Schwein haben	Subs+V	быть удачливым
Wo sich Fuchs und Hase gute Nacht sagen	Adv+V+Subs+ Subs+Adj+Subs	у чёрта на куличках
Der Pleitegeier über etwas kreisen	Subs+Adv-M+V	стать банкротом
Die Gänsehaut haben	Subs+V	иметь гусиную кожу
Schmetterlinge im Bauch haben	V+ Subs+ Adv.M.	влюбиться
hamstern	V	делать запасы на всякий случай
Wasserratte	Subs	человек, который любит плавать
Einen Vogel haben	Subs+V	быть сумасшедшим
einen Frosch im Hals haben	Subs+Adv.M+V	иметь пропавший голос
einen Katzensprung	Subs	в двух шагах отсюда

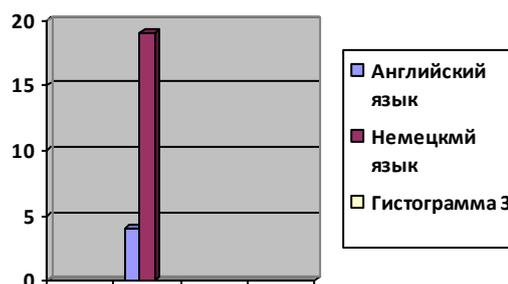
Немецкие фразеологизмы, переводческое соответствие которых включает зооним

Besser einen Spatz in der Hand als eine Taube auf dem Dach	Adj+Subs+Adv.M+ Conj+Subs+Adv.M	Лучше синица в руках, чем журавль в небе
Aus einer Mücke einen Elefanten machen	Prep+Subs+Subs+V	делать из мухи слона
Zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen	Num+Subs+Prep+Subs+V	убить двух зайцев
wie ein Murmeltier schlafen	Conj+ Subs+ V	спать как сурок

Da liegt der Hund begraben	Adv+V+Subs+V	вот где собака зарыта
Die Gänsehaut haben	Subs+V	иметь гусиную кожу
hundemüde sein	Adj+V	быть уставшим как собака
Leserratte	Subs	книжный червь
Bärenhunger haben	Subs+V	быть голодным как волк
Bärenstark sein	Adj+V	быть сильным как бык
Adleraugen haben	Subs+V	иметь орлиный глаз
schlau wie ein Fuchs	Adj+Conj+Subs	хитрый как лиса
ein alter Hase	Adj+ Subs	стреляный воробей
wie ein Elefant im Porzellanen sein	Conj+Subs+Adv.M+V	быть как слон в посудной лавке
weder Fisch noch Fleisch	Conj+Subs+Conj+Subs	ни рыба ни мясо
wie ein Fisch im Wasser sein	Conj+Subs+Adv.M.+V	чувствовать себя как рыба в воде
die Katze im Sack kaufen	Subs+Adv.M+V	купить кота в мешке

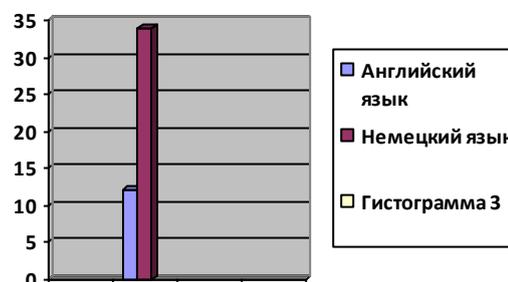
По результатам исследования мы пришли к следующим выводам:

1) Во фразеологическом составе немецкого языка больше фразеологизмов, совпадающих по компонентному составу с русским языком, чем в английском- 0,3% и 19% соответственно



2) 46% изученных фразеологизмов относятся к идиоматическим сочетаниям;

3) Во фразеологическом составе немецкого языка больше фразеологизмов с зоонимом, которые в русском языке имеют переводческие соответствия, также с зоонимом в сравнении с английским языком- 10% и 30% соответственно.



4) Корреляция между фразеологизмами трех языков отсутствует.

5) В паре английский и русский положительную коннотацию имеют 0,8% фразеологизмов, отрицательную коннотацию имеют 31% фразеологизмов. В паре немецкий и русский положительную коннотацию имеют 31% фразеологизмов и 23% фразеологизмов имеют отрицательную коннотацию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов / О.С. Ахманова – М.:, 2013. – 608 с.
2. Виноградов В. В. Избранные труды. Лексикология и лексикография. - М., 1977. - С. 140-161
3. Гак В.Г. К проблеме семантической синтагматики // Проблемы структурной лингвистики [Текст] / В.Г. Гак. - М.: Наука, 1972. - с. 362-369.
4. Комиссаров, В.Н. Теория перевода. [Текст]: (лингв.аспекты): [учеб. для студентов вузов] / В.Н. Комиссаров.- Репр.изд. –М.: Альянс, 2013
5. Коновалова, Э. К. Особенности способов и приемов перевода фразеологизмов различных языковых культур / Э. К. Коновалова, Е. О. Григорян. – Текст : непосредственный // Филология и лингвистика в современном обществе : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Москва, май 2012г.). – Москва.
6. Кунин А.В. Курс фразеологии современного английского языка: Учеб. для ин-тов и фак. иностр. яз. - 2-е изд., перераб. [Текст] / А.В. Кунин. - М.: Высшая школа, Дубна: Изд. центр «Феникс», 1996 - 381 с.
7. Тишкина Д. А., Сахно Н. А. Лингвистическая составляющая при подготовке переводчиков в сфере профессиональной коммуникации / Социально-гуманитарные дисциплины в системе межкультурной коммуникации: Сборник трудов. – Казань, 2006.

Электронные ресурсы

<https://www.youtube.com/watch?v=dRMscxeKUPU>
<https://www.youtube.com/watch?v=2GQLmubN-eI>
<https://www.youtube.com/watch?v=KV2UhtRxJSc&t=542s>
<https://www.youtube.com/watch?v=gdU1sFMI5uo>
<https://www.youtube.com/watch?v=cOYJ4BniZnY&t=405s>
<https://www.youtube.com/watch?v=a39steTTOc4>
<https://www.youtube.com/watch?v=YQVTE4YIFvg&t=1s>

REFERENCES

1. Axmanova O.S. Slovar` lingvisticheskix terminov / O.S. Axmanova – M.:, 2013. – 608 s.
2. Vinogradov V. V. Izbranny`e trudy`. Leksikologiya i leksikografiya. - M., 1977. - S. 140-161
3. Gak V.G. K probleme semanticheskoy sintagmatiki // Problemy` strukturnoj lingvistiki [Tekst] / V.G. Gak. - M.: Nauka, 1972. - s. 362-369.
4. Komissarov, V.N. Teoriya perevoda. [Tekst]: (lingv.aspekty`): [ucheb. dlya studentov vuzov] / V.N. Komissarov.- Repr.izd. –M.: Al`yans, 2013
5. Konovalova, E`. K. Osobennosti sposobov i priemov perevoda frazeologizmov razlichny`x yazy`kovy`x kul`tur / E`. K. Konovalova, E. O. Grigoryan. – Tekst : neposredstvenny`j // Filologiya i lingvistika v sovremennom obshhestve : materialy` I Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, maj 2012g.). – Moskva.
6. Kunin A.V. Kurs frazeologii sovremennogo anglijskogo yazy`ka: Ucheb. dlya in-tov i fak. inostr. yaz. - 2-e izd., pererab. [Tekst] / A.V. Kunin. - M.: Vy`sshaya shkola, Dubna: Izd. centr «Feniks», 1996 - 381 s.
7. Tishkina D. A., Saxno N. A. Lingvisticheskaya sostavlyayushhaya pri podgotovke perevodchikov v sfere professional`noj kommunikacii / Social`no-gumanitarny`e discipliny` v sisteme mezhkul`turnoj kommunikacii: Sbornik trudov. – Kazan`, 2006.

Elektronny`e resursy`

<https://www.youtube.com/watch?v=dRMscxeKUPU>
<https://www.youtube.com/watch?v=2GQLmubN-eI>
<https://www.youtube.com/watch?v=KV2UhtRxJSc&t=542s>
<https://www.youtube.com/watch?v=gdU1sFMI5uo>
<https://www.youtube.com/watch?v=cOYJ4BniZnY&t=405s>
<https://www.youtube.com/watch?v=a39steTTOc4>
<https://www.youtube.com/watch?v=YQVTE4YIFvg&t=1s>

Информация об авторах

С. А. Хазиахметова – студентка 5 курса.

Information about the authors

S. A. Khaziakhmetova – a 5th year student.

Данил Артурович Шухлеев

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия, shuhleev.danil.arturovich@mail.ru

СРАВНЕНИЕ КАК СТИЛИСТИЧЕСКИЙ ПРИЁМ В РАССКАЗЕ ДЖ. ДЖОЙСА “A LITTLE CLOUD”

Аннотация. Статья посвящена анализу употребления стилистического приёма сравнения в рассказе Дж. Джойса «Облачко» с точки зрения содержательного и формального аспектов. В статье подробно описываются представленные в рассказе сравнения, каждое из которых, выступая в качестве элемента единой системы, служит раскрытию образа главного героя, его внутреннего мира, избираемых им способов мироописания. Концентрация случаев применения стилистического приёма сравнения, содержащего экспрессивно-негативный компонент, в относительно небольшом фрагменте текста рассказа оказывается значимым способом раскрытия художественного замысла произведения.

Ключевые слова: сравнение, форма, содержание, экспрессивно-негативные сравнения, меланхолия, Джеймс Джойс

Danil A. Shukhleev

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia, shuhleev.danil.arturovich@mail.ru

SIMILE AS A STYLISTIC DEVICE IN J. JOYCE’S SHORT STORY “A LITTLE CLOUD”

Abstract. The article is devoted to the analysis of the use of the stylistic device of simile in the short story “A Little Cloud” by J. Joyce from the point of view of the substantial and formal aspects. The article gives a detailed examination of the similes presented in the story, each of which, acting as an element of a single system, serves to reveal the main character’s personality, his inner world and life philosophy. The concentration of the similes with an expressive-negative component in a relatively small fragment of the text turns out to be an effective way of revealing the idea of the artistic whole.

Keywords: simile, form, substance, expressive-negative similes, melancholy, James Joyce

Сравнение, наряду с метафорой и эпитетом, является одним из самых используемых в художественной литературе стилистических приёмов. Его распространённость обусловлена относительной лёгкостью применения и большим художественным потенциалом, позволяющим создавать яркие образы и проводить точные сопоставления.

Писатель Джеймс Джойс не является исключением, когда речь заходит об употреблении сравнений в литературных произведениях. Приём появляется у него в текстах и имеет определённый эффект, который кажется нам весьма интересным.

В данной статье мы проанализируем сравнения в соответствии с двумя аспектами, содержащимися в любом художественном произведении: с точки зрения формальных особенностей (рассмотрев структуру сравнений и их расположение в тексте) и с точки зрения особенностей содержательных (предложив интерпретацию сравнений и рассмотрев создаваемый ими эффект). Именно совокупность формальных и содержательных элементов позволяет нам воспринять художественное явление как целостное, раскрывающее единство художественного замысла и согласованность эстетических принципов, лежащих в основе произведения [1, с. 13].

В качестве материала исследования нами был выбран входящий в сборник «Дублинцы» рассказ Дж. Джойса “A Little Cloud”, из которого мы выписали все найденные в нем сравнения. Они воспроизведены в тексте статьи поочерёдно и в сопровождении наших комментариев.

Рассказ повествует о Крошке Чендлере (*Little Chandler*), работающем в адвокатской палате и видящим себя поэтом, но при этом не публикующимся. История начинается с рассуждений главного героя по поводу предстоящей встречи с его близким другом Игнатием Галлагером (*Ignatius Gallaher*). Уже здесь появляется мотив сопоставления двух персонажей. В течение встречи друзья обсуждают, как сложились их жизни, чем они занимаются и что планируют делать дальше. Крошке Чендлеру досаждают, что его друг, теперь лондонский журналист и путешественник, обрёл такой успех в жизни, а он, Чендлер – нет: его жизнь обыденна, работа скучна, брак, как мы увидим дальше в рассказе, выхолощен и даже ненавистен герою, а что волнует его более всего остального – нереализованность в качестве поэта: поэта, воспевающего меланхолию. Однако другом он всё же восхищается. Их беседа занимает большую часть текста рассказа, а завершив разговор, Крошка Чендлер отправляется домой, где жена на короткое время оставляет под его ответственность их ребёнка-младенца. Герой мысленно оценивает свои взаимоотношения с женой, в это время ребёнок, прежде спавший, просыпается и начинает плакать, Крошка Чендлер не справляется с младенцем, жена возвращается и ругает мужа, который теперь сам рыдает от стыда и раскаяния.

Рассказ демонстрирует нам человека слабого, не способного принимать решения и боящегося совершить нечто выдающееся, что выходило бы за рамки той бытовой рутины, в которую герой помещён. Однако он не лишён поэтического таланта (основным поэтическим мотивом героя, напомним, является меланхолия), Джойс прописывает образ персонажа таким образом, чтобы мы это увидели. Одним из приёмов, используемых писателем, является сравнение, в дальнейшем мы также увидим, как используемые автором сравнения согласуются с идеей, темой рассказа, а также с раскрытием художественного образа персонажа.

Перейдём к анализу сравнений.

1. *The half-moons of his nails were perfect and when he smiled you caught a glimpse of a row of childish white teeth* [2, с. 48].

Сравнение основывается на общеизвестном представлении, согласно которому у ребёнка зубы обычно белые и в состоянии, близком к идеальному, так как время и обстоятельства ещё не успели их коснуться. Таким образом, с помощью данного сравнения передаётся подобное состояние зубов, их чистота и свежесть, сравнение подчёркивает живость и неувядающую с годами красоту друга главного героя; следует подчеркнуть, что сопоставление образов двух обозначенных персонажей конституирует одну из главных тем рассказа и является, следовательно, существенно важным мотивом текста в целом.

Структурно сравнение образовано с помощью суффикса *-ish*, т.е. по модели, свойственной английскому и ряду других языков, в который не входит язык русский. Эта структурная особенность делает данное сравнение особенно интересным и необычным для нас.

Интересно, что стёртым является первый компонент сравнения *childish white*, однако в сочетании со вторым компонентом образованная конструкция классифицироваться как стёртая не может, так как элемент *white* привносит в него оригинальность, и в таком виде частотность употребления сравнения в речи падает.

2. *They stood or ran in the roadway or crawled up the steps before the gaping doors or squatted like mice upon the thresholds* [2, с. 49].

Всё предложение целиком пронизывается элементами, не входящими в структуру собственно сравнения, но существенно важными для семантической и художественной полноценности последнего. В нём приводятся действия детей, каждое из которых сравнивается с действиями мышей. В предложении утверждается не то, что дети имеют

внешнее сходство с мышами, но то, что *они стояли или бегали, или ползли, или сидели, как мыши*. Основой данного сравнения является поведение мышей и сходное с ним поведение детей.

В большинстве культур, включая обширную, многосоставную западноевропейскую, мыши и крысы считаются вредителями и, следовательно, оцениваются в негативном ключе как нечто отвратительное, как то, от чего стоит избавиться; мыши – паразиты. В данном случае с этими паразитами сравниваются дети. Мы уже отметили, что основой сравнения является не вышеизложенное положение о мышах как мерзких вредителях, а скорее совокупность их телодвижений, поведение мышей, в связи с которым, частично, и сформировалось представление о них как неприятных животных. Когда с чем-то подобным сравниваются дети, это может вызвать возмущение у читателя, именно поэтому сравнение выглядит таким живым и резким; этому также способствует тот факт, что называются несколько действий, типичных для мышей, последние описываются подробно, и каждый образ-действие соотносится с активностью ребёнка, точнее – нескольких детей, эта коллективность также важна в рамках приведённого сравнения, поскольку чем больше мышей – тем хуже, количество, по законам диалектической логики, переходит в качество, и образ группы или стаи мышей представляется более страшным, мерзким и опасным, чем образ одиночной мыши.

Если обратиться к контексту, к содержанию рассказа, из которого взято сравнение, можно увидеть, что с помощью данного сравнения автор описывает ощущения и мысли главного героя; дети сравниваются с мышами в его мироощущении, что отражается также в конце рассказа, когда герой не может справиться с собственным ребёнком, и это обстоятельство доводит его до слёз.

3. *He picked his way deftly through all that minute vermin-like life and under the shadow of the gaunt spectral mansions in which the old nobility of Dublin had roistered* [2, с. 49].

Формально данное сравнение также является специфичным для английского языка, так как образовано по модели *noun(-)“like”*.

Содержательно предложение, в целом, выглядит весьма поэтично и передает «сладкую меланхолию», тема которой проходит красной нитью через весь рассказ. В таком контексте сравнение жизни с паразитами выглядит подходящим, т.е. соответствующем «радостной грусти» текста. Эта *похожая на паразитов жизнь* главного героя противопоставляется *веселящейся дублинской знати*, что делает высказывание ещё более экспрессивным за счёт яркого контраста. Данное сравнение, следовательно, служит выражению осознаваемого главным героем различия между ним и дублинской знатью, отражению отчётливого противопоставления, терзающего сознание главного героя.

Само по себе сравнение создаёт эффект, перекликающийся с эффектом вышерассмотренного сравнения. Не сложно заметить семантическую связь между мышами и паразитами. В таком случае, действительно, возможно рассматривать данное сравнение как характеризующее веселящуюся знать, а не главного героя. Наряду со знатью, это относится, таким образом, и к детям-мышам, сводя родовое понятие (паразиты) с видовым (мыши) в единое целое, в которое входят все, кроме героя-поэта, ещё не публикуемого, но «уже-в-будущем-не-признанного».

4. *Their faces were powdered and they caught up their dresses, when they touched earth, like alarmed Atalantas* [2, с. 49].

Данное сравнение, в соответствии с классификацией Е.А. Некрасовой [3], можно определить как сравнение, построенное на неожиданном сопоставлении, потому что упоминание Аталант является интертекстуальной ссылкой, а сами Аталанты обозначаются именем собственным.

Сравнение отсылает читателя к известному образу Аталанты – бегуньи из греческих мифов, бегавшей так быстро, что ногам она почти не касалась земли. Таким образом, девушки, подбирающие платья, сравниваются с непревзойденными мифическими бегуньями,

но это не просто Аталанты, а *встревоженные Аталанты*: не Аталанты, испугавшиеся того, что переходят на ходьбу или что их кто-то, наконец, догонит, а девушки, испугавшиеся того, что их платья испачкаются, коснувшись земли. Встревоженность девушек возможностью запачкать платье сделала их Аталантами, наделила их мифическими скоростью, уверенностью и дикостью, позволяющими практически лететь при беге, т.е. так, чтобы платье не могло коснуться земли. В этом заключается основа данного сравнения, создающего, таким образом, комичный эффект за счёт сопоставления чего-то профанного, возможно даже вульгарного, с чем-то сакральным, могущественным и в другой ситуации несоответствующим выбранному для сравнения образу.

5. *He chose the darkest and narrowest streets and, as he walked boldly forward, the silence that was spread about his footsteps troubled him, the wandering silent figures troubled him; and at times a sound of low fugitive laughter made him tremble like a leaf* [2, с. 49].

Само по себе данное сравнение не представляет особого интереса и уже почти приобрело статус стёртого (*trite*), так как частотность его употребления в речи возрастает, и оно, таким образом, теряет оригинальность, «стирается». В пользу этого говорит и то обстоятельство, что, например, в русском языке мы с лёгкостью находим аналогичное и по форме, и по значению сравнение, являющееся фразеологизмом: *дрожать как осиновый лист*.

Однако рассмотрим сравнение в контексте предложения, в котором оно появляется. Его место в структуре предложения играет важную роль в создании необходимого эффекта. Сравнение располагается в конце, высказывание им завершается, подводя итог весьма поэтичным образом. Основная часть предложения, предшествующая сравнению, словно подготавливает читателя к восприятию финального образа, отражающего страх героя, нарастающий с начала предложения в результате использования ряда других образов, которые раскрывают причины этого страха. Предложение продолжается, вводя описания новых объектов, и к его концу, когда в сознании читателя складывается полноценная картина города с его *тёмными и узкими улицами, распространяющейся тишиной, блуждающими безмолвными фигурами и звуком низкого беглого смеха*, – автор завершает высказывание лаконично выраженным образом дрожащего от страха листа, который аккумулирует описанное в предложении и подводит ему итог.

6. *They seemed to him a band of tramps, huddled together along the riverbanks, their old coats covered with dust and soot, stupefied by the panorama of sunset and waiting for the first chill of night bid them arise, shake themselves and begone* [2, с. 50].

Обращаясь к классификации В.А. Кухаренко [4, с. 109], мы определяем данное сравнение как скрытое (*disguised*), так как соединительный элемент выражен глаголом *seemed*.

Данное сравнение представляет интерес также и потому, что может являться распространённым (классификация В.В. Вомперского, рассматривающего сравнение в контексте русского языка, однако в данном случае предложенная им система может быть успешно применена и к английскому языку) [5]. Исключая придаточные части из предложения, мы теряем полноту сравнения и широту образа, им представленного.

В данном случае низкие дома (*stunted houses*) сравниваются с бандой бродяг, далее в предложении наделяемых определёнными характеристиками, развивающими обозначенный образ. Важно, что сравнение описывает мироощущение главного героя, он видит дома таким образом, каким подобает поэту. Семантика сравнения напрямую зависит от его распространённости, эффект достигается широтой образа. Сравнение домов с бандой бродяг соответствует восприятию мира героя, описывавшемуся в рассказе прежде. Он видит детей стайей мышей, жизнь – подобной паразитам, а дома – бандой бродяг. У бродяг, по определению, нет дома, но в данном случае они сами сравниваются с домами. Этот неожиданный образ создает яркий художественный эффект, передаёт «бездомность домов», их неприкаянность в огромном мире, в котором, как считает герой, даже свой домашний очаг

не спасает от одиночества. Домам, т.е. чему-то, что обычно мыслится как основательное и недвижимое (хоть они и названы «низкорослыми» в данном случае), приписываются свойства живых существ с той только целью, чтобы они, испугавшись холода, «ушли прочь в своих старых и грязных пальто». Это раскрывает мироощущение главного героя, его глубокую меланхолию, тема которой, как было отмечено прежде, пронизывает рассказ в качестве ключевого для героя ощущения.

7. *He was not sure what idea he wished to express but the thought that a poetic moment had touched him took life within him like an infant hope* [2, с. 50].

Мы считаем данное сравнение очень точным, так как обозначаемому было выбрано лучшее из возможных обозначаемых. Как известно, дети чувствуют всё, что с ними происходит, интенсивнее, чем взрослые, как радости, так и несчастья воспринимаются ими острее и резче. С целью выразить силу возникнувшей мысли и отношение к ней героя, Джойс и использует этот образ младенческой надежды. Надежда сущностно близка к вере, которую можно определить как сильнейшее из доступных человеку чувств, а если её, к тому же, ощущает ребёнок (самое интенсивно чувствующее существо), то два образа складываются в один, выражая эту интенсивность вдвойне. Именно так герой воспринимает коснувшееся его поэтическое вдохновение, что раскрывает его отношение к себе как к поэту, как к человеку, способному видеть и чувствовать поэзию.

8. *Why was it so unconscious and ladylike?* [2, с. 57]

Данное сравнение, как и представленное в пункте 3, образовано по специфичной для английского языка модели *noun(-)“like”*, кроме того (и в отличие от вышеупомянутого сравнения) оно является, в соответствии с классификацией В.А. Кухаренко [4, с. 109], стёртым (*trite*), поскольку в современном английском языке стало общеупотребительным и потеряло оригинальность.

Представленное сравнение подразумевает женский тип поведения. Рассмотрим его в контексте. В том отрывке рассказа, где мы находим сравнение, речь идёт об отношениях между главным героем и его женой. Он вспоминает о том, как подарил ей блузку, она его поблагодарила, а затем, помещая между двумя абзацами восклицательное «Хм...», повествователь сосредотачивает внимание на фотографии жены, главный герой холодно смотрит *в глаза фотографии, а они холодно отвечают*. Герой *находит в этом что-то подлое (mean)*, и сразу после этого в тексте появляется вопрос, содержащий рассматриваемое сравнение. Последнее относится к жене, к её глазам и лицу, которое герой считает слишком женским и *бессознательным (unconscious)*, что также можно перевести как *бесчувственный*). Излишняя женскость жены явно неприятна для героя, он чувствует раздражение, когда видит эту женскость в спокойствии её глаз, в их бесстрастности и безжизненности. Сравнение служит выражению этой мысли.

Итак, мы детально проанализировали каждое сравнение, представленное в рассказе «A Little Cloud». Теперь рассмотрим их вместе с точки зрения содержательного и формального аспектов и сделаем выводы.

Говоря о форме, стоит отметить, что элементы ряда реципрокных сравнений (пункты 2-7) располагаются в тексте очень близко друг к другу, примерно на двух страницах. Эта структурная черта имеет влияние на восприятие рассказа в целом, концентрация сравнений на «малом участке» отражает мироощущение и способы мироописания главного героя. Упомянутую систему взаимосвязанных сравнений мы называем *экспрессивно-негативными сравнениями*.

Два оставшихся сравнения (пункты 1, 8) формально обрамляют остальные. В начале рассказа, описывая своего друга, рассказчик использовал сравнение, создающее позитивный эффект, указывающее на живость, красоту друга и свежесть его белых зубов, но затем, переходя к описанию собственной жизни и собственного мироощущения, герой употребляет ряд экспрессивно-негативных сравнений, так или иначе индицирующих близкую ему меланхолию, с её контрастами и амбивалентностью. Последним по счёту сравнением, не

входящим в выделяемую нами экспрессивно-негативную цепочку по причине своего расположения в тексте рассказа, герой структурно ставит точку в повествовании.

Весьма важным нам кажется то обстоятельство, что семь из восьми сравнений располагаются очень близко друг к другу в тексте рассказа, они сконцентрированы примерно на двух страницах и по мере развития повествования сменяют одно другое с минимальными интервалами. Мы видим в этом существенную черту рассказа, играющую роль в создании художественного целого и производимого им эффекта,

Рассказ повествует о человеке, мыслящем себя поэтом, желающим им быть и, соответственно, выражать собственное мировосприятие в форме поэзии. Если брать во внимание этот факт, то обилие случаев стилистического приёма сравнения, развёртывающееся в «узком пространстве», оказывается действенным и валидным способом характеристики персонажа. Герой видит мир как поэт и описывает его соответствующим образом: используя стилистические приёмы и художественные образы, которые согласуются друг с другом по теме и содержательному наполнению. Только два сравнения (первое и последнее по счёту) не входят в эту семантически взаимосвязанную цепочку: первое выпадает из-за тематического несоответствия, а второе, хоть и содержит экспрессивно-негативный компонент, но сильно отстоит от остальных сравнений в пространстве расположения текста. Образ «детей-мышей» сменяет «жизнь-паразит», которая, после упоминания «девушек-Аталант» (воспринимаемых в негативном ключе как женщины, которые придают преувеличенную значимость своему внешнему виду, одежде и степени её чистоты), переходит к образу «дрожащего от страха листа», а тот, в свою очередь, предшествует «домам-бродягам», дожидаящимся от холода приказа уйти. Не сложно заметить, что для каждого приведённого сравнения конституирующим является присутствующий в них компонент *негативной экспрессивной оценки*. Всех их объединяет «сладкая меланхолия», отмеченная нами в качестве одной из ключевых тем рассказа. Сравнения с негативным оценочным компонентом отражают мироощущение и мировоззрение главного героя: поэта, желающего писать «сладко-грустные» стихотворения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Никулина А.К. Художественный мир романов Торнтон Уайлдера. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2007. – 188 с.
2. Джойс Дж. Дублинцы: сборник на англ. яз. – М.: Т8, 2014. – 164 с.
3. Некрасова Е.А. Сравнения // Языковые процессы современной русской художественной литературы. Поэзия. – М.: Наука, 1977. – С. 240-295.
4. Кухаренко В.А. Практикум по стилистике английского языка. Seminars in Stylistics: учеб. пособие. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 184 с.
5. Вомперский В.В. К характеристике стиля М.Ю. Лермонтова: стилистические функции сравнения / Русский язык в школе. – 1964. – №5. – С. 25-32.

REFERENCES

1. Nikulina A.K. Hudozhestvennyj mir romanov Torntona Uajldera. – Ufa: Izd-vo BGPU, 2007. – 188 s.
2. Dzhoyjs Dzh. Dublincy: sbornik na angl. yaz. – M.: T8, 2014. – 164 s.
3. Nekrasova E.A. Sravneniya // YAzykovye processy sovremennoj russkoj hudozhestvennoj literatury. Poeziya. – M.: Nauka, 1977. – S. 240-295.
4. Kuharenko V.A. Praktikum po stilistike anglijskogo yazyka. Seminars in Stylistics: ucheb. posobie. – M.: Flinta: Nauka, 2009. – 184 s.
5. Vomperskij V.V. K harakteristike stilya M.YU. Lermontova: stilisticheskie funkicii sravneniya / Russkij yazyk v shkole. – 1964. – №5. – S. 25-32.

Информация об авторах

Д.А. Шухлеев – студент 4 курса Института филологического образования и межкультурных коммуникаций.

Information about the authors

D.A. Shukhleev – 4th year student of the Institute of Philological Education and Intercultural Communications.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Уважаемые коллеги!

При подготовке статей в журнал
просим руководствоваться следующими правилами

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научный журнал «Вестник БГПУ им. М. Акмуллы» публикует статьи по следующим разделам:

- Достижения науки. Известные учёные. Хроника.
- Фундаментальные и прикладные исследования:
 - гуманитарные науки;
 - естественно-математические;
 - психолого-педагогические.
- Искусство и культура.
- Дискуссии и обсуждения.
- Книговедение.
- Из опыта работы экспериментальных площадок и лабораторий.
- Слово – молодым исследователям.

Основным требованием к публикуемому материалу является соответствие его высоким научным критериям (актуальность, научная новизна и другое).

Авторский материал может быть представлен как:

- обзор (до 16 стр.);
- оригинальная статья (до 8 стр.);
- краткое сообщение (до 2 стр.).

Работы сопровождаются *аннотацией и ключевыми словами*. К статье молодых исследователей (студентов, магистрантов, аспирантов) следует приложить заключение научного руководителя о возможности опубликования её в открытой печати.

Все принятые к работе оригиналы проходят проверку с помощью программы «Антиплагиат».

Всем авторам необходимо предоставить в редакцию отдельным файлом:

а) персональные данные по предложенной форме:

Фамилия Имя Отчество	
Место учебы / работы	
Должность	
Учёная степень	
Почтовый адрес (домашний)	
Факультет, курс, специальность	
Тел.: рабочий / мобил., дом.	
E-mail	
Тема работы	
Рубрика для публикации	

б) согласие на обработку персональных данных по форме (<https://bspu.ru/unit/251/docs>);

в) оформленная строго по требованиям научная статья;

г) заключение научного руководителя (студентам и аспирантам).

Название файла и письма должны соответствовать фамилии автора/ авторов.

Материалы отправляются по электронному адресу: vestnik.bspu@yandex.ru

РЕКОМЕНДУЕМАЯ СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ

В начале статьи в левом верхнем углу на отдельной строке ставится индекс УДК.

Далее на первой странице данные идут в следующей последовательности:

1. Фамилия и инициалы (полностью), наименование, адрес организации, где выполнена работа, электронный адрес
2. Полное название статьи (прописными буквами по центру)
3. Аннотация (содержит основные цели предмета исследования, главные результаты и выводы объемом не более 8 строк)
4. Ключевые слова (не более 10)
5. Текст публикации
6. Список источников (по центру), оформленная в соответствии с требованиями.

Далее пункты 1,2,3,4 дублируются на английском языке.

Список источников в конце статьи представляется в транслитерации.

Основные сведения об авторе содержат:

- имя, отчество, фамилию автора (полностью);
- наименование организации (учреждения), её подразделения, где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.);
- адрес организации (учреждения), её подразделения, где работает или учится автор (город и страна);
- электронный адрес автора (e-mail);
- открытый идентификатор учёного (Open Researcher and Contributor ID – ORCID) (при наличии).

Адрес организации (учреждения), где работает или учится автор, может быть указан в полной форме.

Электронный адрес автора приводят без слова “e-mail”, после электронного адреса точку не ставят.

ORCID приводят в форме электронного адреса в сети «Интернет». В конце ORCID точку не ставят.

Наименование организации (учреждения), её адрес, электронный адрес и ORCID автора отделяют друг от друга запятыми.

Пример –

Сергей Юрьевич Глазьев

Финансовый университет, Москва, Россия, serg1784@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-4616-0758>

1. В случае, когда автор работает (учится) в нескольких организациях (учреждениях), сведения о каждом месте работы (учёбы), указывают после имени автора на разных строках и связывают с именем с помощью надстрочных цифровых обозначений.

Пример –

Арник Ашотовна Асратян^{1, 2}

¹*Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи, Москва, Россия, zasratyan@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1288-7561>*

²*Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия*

2. Если у статьи несколько авторов, то сведения о них приводят с учётом нижеследующих правил.

Имена авторов приводят в принятой ими последовательности.

Сведения о месте работы (учёбы), электронные адреса, ORCID авторов указывают после имён авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений ¹⁾.

Пример –

Пётр Анатольевич Коротков¹, Алексей Борисович Трубянов², Екатерина Андреевна Загайнова³

¹*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, korotr@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0340-074X>*

²*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, true47@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2342-9355>*

³*Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, e.zagaynova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5432-7231>*

3. Если у авторов одно и то же место работы, учёбы, то эти сведения приводят один раз.

Пример –

Юлия Альбертовна Зубок¹, Владимир Ильич Чупров²

^{1, 2}*Институт социально-политических исследований, Федеральный научно-исследовательский социологический центр, Российская академия наук, Москва, Россия*

¹*uzubok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3108-261>*

²*chuprov443@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7881-9388>*

После сведений обо всех авторах на отдельной строке в начале статьи.

Пример –

Автор, ответственный за переписку: Иван Васильевич Перов, ivp@mail.ru

Corresponding author: Ivan V. Perov, ivp@mail.ru

4. Когда приводят электронный адрес только одного автора или данный автор указан отдельно как ответственный за переписку, электронные адреса других авторов приводят в дополнительных сведениях об авторах в конце статьи.

5. Сведения об авторе (авторах) повторяют на английском языке после заглавия статьи на английском языке. Имя и фамилию автора (авторов) приводят в транслитерированной форме на латинице полностью, отчество сокращают до одной буквы (в отдельных случаях, обусловленных особенностями транслитерации, – до двух букв).

Пример –

Sergey Yu. Glaz'ev

Financial University, Moscow, Russia, serg1784@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-4616-0758>

6. Дополнительные сведения об авторе (авторах) могут содержать:
- полные имена, отчества и фамилии, электронные адреса и ORCID авторов, если они не указаны на первой полосе статьи (см. 4.9.2.2);
 - учёные звания;
 - учёные степени;
 - другие, кроме ORCID, международные идентификационные номера авторов.

Дополнительные сведения об авторе (авторах) приводят с предшествующими словами «Информация об авторе (авторах)» (“Information about the author (authors)”) и указывают в конце статьи после «Списка источников».

Пример –

Информация об авторах

***Ю.А. Zubok – доктор социологических наук, профессор;
В.И. Чупров – доктор социологических наук, профессор.***

Information about the authors

***Ju.A. Zubok – Doctor of Science (Sociology), Professor;
V.I. Chuprov – Doctor of Science (Sociology), Professor.***

Пример –

Информация об авторе

С. Ю. Глазьев – д-р экон. наук, проф., акад. Рос. акад. наук.

Information about the author

S. Yu. Glaz'ev – Dr. Sci. (Econ.), Prof., Acad. of the Russ. Acad. of Sciences.

7. Аннотацию формируют по ГОСТ Р 7.0.99. Объем аннотации не превышает 250 слов. Перед аннотацией приводят слово «Аннотация» (“Abstract”).

Вместо аннотации может быть приведено резюме. Объем резюме обычно не превышает 250–300 слов.

8. Ключевые слова (словосочетания) должны соответствовать теме статьи и отражать её предметную, терминологическую область. Не используют обобщённые и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты.

Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 3 и больше 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» (“Keywords:”), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят.

Пример –

Книгоиздание России в 2019 г.

Галина Викторовна Перова¹, Константин Михайлович Сухоруков²

^{1, 2}Российская книжная палата, Москва, Россия

¹perova_g@tass.ru

²a-bibliograf@mail.ru

Аннотация. Авторы приводят основные статистические показатели отечественного книгоиздания за 2019 г., анализируя состояние выпуска печатных изданий и тенденции развития издательского дела в России.

Ключевые слова: издательское дело, статистика книгоиздания, Российская книжная

Publishing in Russia in 2019

Galina V. Perova¹, Konstantin M. Sukhorukov²

^{1, 2}Russian Book Chamber, Moscow, Russia

¹perova_g@tass.ru

²a-bibliograf@mail.ru

Abstract. *The authors provide the main statistics of the Russian book publishing in 2019, analyzing the output indicators of printed publications and trends in the publishing industry in Russia.*

Keywords: *publishing, publishing statistics, Russian Book Chamber, Russia.*

9. После ключевых слов приводят слова благодарности организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи, проектах, научно-исследовательских работах, в рамках или по результатам которых опубликована статья.

Эти сведения приводят с предшествующим словом «Благодарности:». На английском языке слова благодарности приводят после ключевых слов на английском языке с предшествующим словом “Acknowledgments:”.

Пример –

Благодарности: *работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 17-77-3019; авторы выражают благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море.*

Acknowledgments: *the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 17-77-300; the authors are grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea.*

10. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.0.1 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (-ов) или других правообладателей и года публикации статьи.

Знак охраны авторского права приводят внизу первой полосы статьи с указанием фамилий и инициалов авторов и года публикации статьи.

© Олесова Е.И., 2022

или

© Левитская Н.Г., Бойкова О.Ф., Киян Л.Н., 2022.

11. Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**». Использование слов «Библиографический список», «Библиография» не рекомендуется.

12. В перечень затекстовых библиографических ссылок включают записи только на ресурсы, которые упомянуты или цитируются в основном тексте статьи.

Библиографическую запись для перечня затекстовых библиографических ссылок составляют по ГОСТ Р 7.0.5.

13. Отсылки на затекстовые библиографические ссылки оформляют по ГОСТ Р 7.0.5.

14. Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок

нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи.

15. Дополнительно приводят перечень затекстовых библиографических ссылок на латинице (“**REFERENCES**”) согласно выбранному стилю оформления перечня затекстовых библиографических ссылок, принятому в зарубежных изданиях: Harvard, Vancouver, Chicago, ACS (American Chemical Society), AMS (American Mathematical Society), APA (American Psychological Association) и др. (см. Приложение). Нумерация записей в дополнительном перечне затекстовых библиографических ссылок должна совпадать с нумерацией записей в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.

16. Пристатейный библиографический список помещают после перечня затекстовых ссылок с предшествующими словами «Библиографический список».

17. В пристатейный библиографический список включают записи на ресурсы по теме статьи, на которые не даны ссылки, а также записи на произведения лиц, которым посвящена статья.

Библиографическую запись для пристатейного библиографического списка составляют по ГОСТ 7.80, ГОСТ Р 7.0.100.

18. Библиографические записи в пристатейном библиографическом списке нумеруют и располагают в алфавитном или хронологическом порядке.

19. Приложение (приложения) к статье публикуют с собственным заглавием. В заглавии или подзаголовочных данных приложения приводят сведения о том, что данная публикация является приложением к основной статье.

При наличии двух и более приложений их нумеруют.

20. В статье могут быть внутритекстовые, подстрочные и затекстовые примечания.

21. Внутритекстовые примечания помещают внутри основного текста статьи в круглых скобках.

22. Подстрочные примечания помещают внизу соответствующей страницы текста статьи.

22. Затекстовые примечания помещают после основного текста статьи перед «Списком источников» с предшествующим словом «Примечания».

23. Затекстовые и подстрочные примечания связывают с текстом, к которому они относятся, знаками выноски или отсылки.

24. Внутритекстовые и подстрочные примечания, содержащие библиографические ссылки, составляют по ГОСТ Р 7.0.5.

25. При публикации статьи, переведённой с языка народов Российской Федерации или иностранного языка, а также при перепечатке статьи из другого источника в подстрочном примечании на первой полосе статьи приводят библиографическую запись на оригинальную статью по ГОСТ 7.80, ГОСТ Р 7.0.100.

26. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят в конце статьи после «Информации об авторах». Этим сведениям предшествуют слова «Вклад авторов:» (“Contribution of the authors:”). После фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т. д.).

Пример –

Вклад авторов:

Артемяева С. С. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Митрохин В. В. – участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Artemyeva S. S. – scientific management; research concept; methodology development; participation in development of curricula and their implementation; writing the draft; final conclusions.

Mitrokhin V. V. – participation in development of curricula and their implementation; follow-on revision of the text; final conclusions.

27. Сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализацию такого конфликта в случае его наличия приводят в конце статьи после «Информации об авторах». Если в статье приводят данные о вкладе каждого автора, то сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов указывают после них.

Пример –

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ СТАТЬИ

Текст статьи предоставляется в редакцию в виде файла с названием, соответствующим фамилии первого автора статьи в формате .doc (текстовый редактор Microsoft Word 6.0 и выше), и должен отвечать нижеприведенным требованиям.

Компьютерную подготовку статей следует проводить посредством текстовых редакторов, использующих стандартный код ASCII (Multi-Edit, Norton-Edit, Lexicon), MS Word for Windows или (предпочтительно) любой из версий пакета TeX.

- Параметры страницы: формат – А4; ориентация – книжная; поля: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 2 см, правое – 2 см.

- Шрифт Times New Roman; размер шрифта – 12 pt; межстрочный интервал – 1; отступ (абзац) – 1,25.

Следует различать дефис (-) и тире (–). Дефис не отделяется пробелами, а перед тире и после ставится пробел.

Перед знаком пунктуации пробел не ставится.

Кавычки типа « » используются в русском тексте, в иностранном – “ ”.

Кавычки и скобки не отделяются пробелами от заключенных в них слов, например: (при 300 К).

Все сокращения должны быть расшифрованы.

Подписи к таблицам и схемам должны предшествовать последним. Подписи к рисункам располагаются под ними и должны содержать четкие пояснения, обозначения, номера кривых и диаграмм. На таблицы и рисунки должны быть ссылки в тексте, при этом не допускается дублирование информации таблиц, рисунков и схем в тексте. Рисунки и фотографии должны быть предельно четкими (по возможности цветными, но без потери смыслового наполнения при переводе их в черно-белый режим) и представлены в формате *.jpg, *.eps, *.tif, *.psd, *.psx. Желательно, чтобы рисунки и таблицы были как можно компактнее, но без потери качества. В таблице границы ячеек обозначаются только в «шапке». Каждому столбцу присваивается номер, который используется при переносе таблицы на следующую страницу. Перед началом следующей части в правом верхнем углу курсивом следует написать «Продолжение табл. ...» с указанием ее номера. Сложные схемы, рисунки, таблицы формулы желательно привести на отдельном листе. Не допускается создание макросов Microsoft Word для создания графиков и диаграмм.

Расстояние между строками формул должно быть не менее 1 см. Следует четко различать написание букв n, h и u ; g и q ; a и d ; U и V ; ξ и ζ ; v, ϑ и ν и т.д. Прописные и строчные буквы, различающиеся только своими размерами (C и c , K и k , S и s , O и o , Z и z и др.), подчеркиваются карандашом двумя чертами: прописные – снизу, строчные – сверху ($\underline{\underline{P}}, \underline{\underline{p}}; \underline{\underline{S}}, \underline{\underline{s}}$). Латинские буквы подчеркиваются волнистой чертой снизу, греческие – красным цветом, полужирные символы – синим.

Индексы и показатели степени следует писать четко, ниже или выше строки, и отчеркивать дужкой (\frown – для нижних индексов и \smile – для верхних) карандашом. Цифра 0 (ноль), а также сокращения слов в индексах подчеркиваются прямой скобкой – $_$.

Употребление в формулах специальных, в частности, готических и русских букв, а также символов (например, $\mathcal{L}, \mathcal{P}, \mathcal{A}, \mathcal{D}, \mathcal{M}, \mathcal{G}, \mathcal{F}, \mathcal{Z}, \mathcal{P}, \mathcal{R}, \nabla, \oplus, \exists$ и др.) следует особо отмечать на полях рукописи.

Нумерация математических формул приводится справа от формулы курсивом в круглых скобках. Для удобства форматирования следует использовать таблицы из двух столбцов, но без границ. В левом столбце приводится формула, в правом – номер формулы.

Ссылки на математические формулы приводятся в круглых скобках курсивом и сопровождаются определяющим словом. Например: ... согласно уравнению (2) ...

Транскрипцию фамилий и имен, встречающихся в ссылке, необходимо по возможности представлять на оригинальном языке (преднамеренно не русифицируя), либо приводить в скобках иноязычный вариант транскрипции фамилии.

Список источников литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 в порядке цитирования. Литературный источник в списке литературы указывается один раз (ему присваивается уникальный номер, который используется по всему тексту публикации).

ОБРАЗЦЫ ОФОРМЛЕНИЯ ССЫЛОК НА ЛИТЕРАТУРУ

Общая схема библиографического описания:

КНИГА С ОДНИМ, ДВУМЯ или ТРЕМЯ АВТОРАМИ:

ЗАГОЛОВОК (фамилия, инициалы авторов) ОСНОВНОЕ ЗАГЛАВИЕ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ (учеб. пособие)

СВЕДЕНИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ (И.О. Фамилия редактора, составителя; университет)

СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДАНИИ (2-е изд., перераб. и доп.)

МЕСТО ИЗДАНИЯ (Москва, Новосибирск)
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГОД ИЗДАНИЯ.
КОЛИЧЕСТВО СТРАНИЦ.

Если нет какой-либо области описания – пропускаем.

Примеры:

Книга с одним автором:

Росляков А. В. ОКС №7: архитектура, протоколы, применение. Москва: ЭкоТрендз, 2010. 315 с.

Книга с двумя авторами:

Ручкин В. Н., Фулин В. А. Архитектура компьютерных сетей. Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2010. 238 с.

Книга с тремя авторами:

Тарасевич Л. С., Гребенников П. И., Леусский А. И. Макроэкономика: учебник. Москва: Высш. образование, 2011. 658с.

Максименко В. Н., Афанасьев В. В., Волков Н. В. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи / под ред. О. Б. Макаревича. Москва: Горячая линия-Телеком, 2009. 360 с.

Книга с четырьмя и более авторами: Описание начинается с ОСНОВНОГО ЗАГЛАВИЯ. В сведениях об ответственности указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в квадратных скобках сокращения "и другие" [и др.]

1. История России в новейшее время: учебник / А. Б. Безбородов, Н. В. Елисеева, Т. Ю. Красовицкая, О. В. Павленко. Москва: Проспект, 2014. 440с.

или

1. История России в новейшее время: учебник / А. Б. Безбородов [и др.]. Москва: Проспект, 2014. 440 с.

Книга без автора:

Страхование: учебник / под ред. Т. А. Федоровой. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Магистр, 2011. 106 с.

Многотомное издание:

Экономическая история мира. Европа. Т. 3 / под общ. ред. М. В. Конотопова. Москва: Издат.-торг. корпорация «Дашков и К», 2012. 350 с.

Учебное пособие вуза:

Заславский К. Е. Оптические волокна для систем связи : учеб. пособие / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2008. 96 с.

или

Заславский К. Е. Оптические волокна для систем связи: учеб. пособие. Новосибирск: СибГУТИ, 2008. 96 с.

Нормативные документы:

Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-

вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике: РД153-34.0-03.298-2001. Введ. с 01.05.2001. М., 2002. 91с.

ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. Введ. 2001-07-01. М., 2000. 7с.

Общая схема описания статей из журналов:

Фамилия И. О. автора статьи. Название статьи // Название журнала. Год. №. С.

Статья с одним автором:

Волков А. А. Метод принудительного деления полосы частот речевого сигнала // Электросвязь. 2010. № 11. С. 48-49.

Статья с тремя авторами:

Росляков А., Абубакиров Т., Росляков Ал. Системы поддержки операционной деятельности провайдеров услуг VPN // Технологии и средства связи. 2011. № 2. С. 60-62.

Статья с четырьмя и более авторами:

Сверхширокополосные сигналы для беспроводной связи / Ю. В. Андреев, А. С. Дмитриев, Л. В. Кузьмин, Т. И. Мохсени // Радиотехника. 2011. № 8. С. 83-90.

Общая схема описания электронного документа:

ЗАГОЛОВОК (фамилия, инициалы авторов) ОСНОВНОЕ ЗАГЛАВИЕ
ОБЩЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА [Электронный ресурс]
СВЕДЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ЗАГЛАВИЮ : справочник
СВЕДЕНИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ / под ред. И.И. Бун
МЕСТО ИЗДАНИЯ ГОРОД
ИМЯ ИЗДАТЕЛЯ
ДАТА ИЗДАНИЯ
ПРИМЕЧАНИЯ

1. Смирнов А.И. Информационная глобализация и Россия [Электронный ресурс]: вызовы и возможности. М., 2005. 1 CD-ROM.

Описание ресурсов удаленного доступа (интернет-ресурсы) описание сайта:

Название сайта [Электронный ресурс]: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (это данные о составителях сайта). Город: Имя (наименование) издателя или распространителя, год. URL: http: // www. (дата обращения: __.)

Пример:

1. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Т. В. Власенко ; Web-мастер Н. В. Козлова. Москва: Рос. гос. б-ка, 1997. URL : http://www.rsl.ru. (дата обращения: 11.12.13)

2. Исследовано в России [Электронный ресурс] : научный журнал / Моск. физ.-техн. ин-т. Долгопрудный : МФТИ, 1998 . URL: http://zhurnal.mipt.rssi.ru. (дата обращения: 11.12.13)

**ВЕСТНИК
БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. М. АКМУЛЛЫ**

№2 (70) 2023

**Редакция не всегда разделяет
мнение авторов.
Статьи публикуются в авторской редакции.**

Лиц. на издат. деят. Б848421 от 03.11.2000 г.
Компьютерный набор.
Гарнитура Times.