

Вестник¹⁶⁺

Башкирского государственного
педагогического университета
им. М. Акмуллы



Серия:
Естественные науки

1/2025

ВЕСТНИК



**БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. М. АКМУЛЛЫ**

Научно-практический журнал

Серия:

Естественные науки

№ 1/ 2025

Адрес редакции и учредителя:
450077, РБ, г. Уфа,
ул. Октябрьской революции, 3-а,
корп. 3.

Ответственный редактор:
Аманбаева З.С.

Ответственный секретарь:
Масалимова В.В.

Тел.: 8 (347) 246-92-42

E-mail: vestnik.bspu@yandex.ru

© Редакция Вестника БГПУ
им. М. Акмуллы.

© Муратов И.М., обложка, 2024.

Издается с 2000 года.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций. Рег. №: ПИ №ФС77-
87973 от 30 июля 2024 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Саттаров Венер Нуруллович** главный редактор, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии, географии и природопользования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Аюбов Ильгар Гаджи оглу** д-р хим. наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории «Циклоолефины» Института нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамадалиева Министерства науки и образования (г. Баку, Азербайджан).
- Воробьева Светлана Леонидовна** д-р с.-х. наук, проректор по образовательной деятельности и молодежной политике, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» (г. Ижевск, Россия).
- Джафаров Иса Ага оглу** канд. хим. наук, доцент кафедры «Аналитическая и органическая химия» Азербайджанского государственного педагогического университета (г. Баку, Азербайджан).
- Земскова Наталья Евгеньевна** д-р биол. наук, зав. кафедрой «Зоотехния» ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, Россия).
- Измаилов Рамиль Наильевич** канд. ф.-м. наук, доцент, зав. кафедрой физики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Ильясов Рустем Абузарович** д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейробиологии развития ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН (г. Москва, Россия).
- Маликов Рамиль Фарукович** д-р ф.-м. наук, профессор, руководитель научно-исследовательской лаборатории «Системный анализ и математическое моделирование» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Мамедбейли Эльдар Гусейнгулу оглу** д-р хим. наук, профессор, зав. лаборатории «Изучение антимикробных реагентов и биоповреждений» Института нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамадалиева Министерства науки и образования (г. Баку, Азербайджан).

- Маннапов
Альфир
Габдуллоевич** д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева» (г. Москва, Россия).
- Морева
Лариса
Яковлевна** д-р биол. наук, профессор кафедры зоологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (г. Краснодар, Россия).
- Насретдинова
Римма
Наилевна** канд. хим. наук, доцент кафедры физической химии и химической экологии, зам. директора института химии и защиты в чрезвычайных ситуациях по учебной работе ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа, Россия).
- Седых
Татьяна
Александровна** д-р биол. наук, зав. кафедрой генетики и химии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Семенов
Владимир
Григорьевич** д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» (г. Чебоксары, Россия).
- Суханова
Наталья
Викторовна** д-р биол. наук, зав. кафедрой биоэкологии и биологического образования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Улугов
Одилджон
Пардаалиевич** канд. с.-х. наук, зав. кафедрой естествознания ОУ «Таджикский государственный финансово-экономический университет» (г. Душанбе, Таджикистан).
- Юлдашбаев
Юсупжан
Артыкович** д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева» (г. Москва, Россия).
- Юсупов
Азат
Равилевич** канд. ф.-м. наук, директор института физики, математики, цифровых и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шардакова А.В., Галиулин Д.М., Четанов Н.А. 6
МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И
ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА ВОДЯНОГО УЖА *MATRIX TESSELLATA*
LAURENTI, 1768 В КАМСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Шахтахтинская П.Т. 13
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФЛАВАНОИДОВ И ИХ
ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гаджиева Г.Э., Исмаилова С.В. 24
МОНОТЕРПЕНЫ: СИНТЕЗ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Джафарова Н.А. 31
ПРИМЕНЕНИЕ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ
КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИЯХ ОКИСЛЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ

Мамедбейли Э.Г., Бабаева В.Г. 40
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ
ПРОИЗВОДНЫХ БИЦИКЛО[2.2.2]-ОКТАНОВЫХ КИСЛОТ

Мовсумова А.Х., Гасанова Г.Д., Расулов Ч.К., Гейдарли Г.З. 49
СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ХЛОРФЕНОЛОВ

Ибрагимова М.Дж., Пашаева З.Н. 58
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ИОННЫХ
ЖИДКОСТЕЙ

Салманова Ч.К. 68
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНОВ

ЭКОЛОГИЯ

Воробьева С.Л., Попкова М.Ю. 76
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-

**ВИТАМИННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ
В ПЧЕЛОВОДСТВЕ**

Земскова Н.Е. 90
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЛОМИТОВОЙ МУКИ В ПОДСТИЛКЕ
КОРОВ И ПТИЦ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бейгул А.Е., Мутраков О.С., Бейгул Е.А. 94
**ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ
ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Общие положения 106

Рекомендуемая структура публикаций 107

Требования к текстовой части статьи 115

Образцы оформления ссылок на литературу 116

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 598.115.31+ 591.543.1

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-6-12

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА ВОДЯНОГО УЖА *Natrix tessellata* LAURENTI, 1768 В КАМСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Альбина Витальевна Шардакова¹, Данила Минуллович
Галиулин², Николай Анатольевич Четанов³

^{1,3}Пермский государственный гуманитарно-педагогический
университет, Пермь, Россия

²Пермский государственный национальный исследовательский
университет, Пермь, Россия

¹ shardakova04@bk.ru

² galiulindm@gmail.com

³ chetanov@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены данные по микроклиматическим условиям среды обитания и температуры тела водяного ужа *Natrix tessellata* Laurenti, 1768 в Камском Предуралье. Для температуры приземного воздуха обнаружены статистически значимые различия: самки оказались более теплолюбивыми, чем самцы. Различия по другим микроклиматическим параметрам не обладают статистической значимостью. Статистически значимых половых различий в температуре тела также не выявлено. Несмотря на обитание за пределами естественного ареала вида, водяной уж поддерживает температуру тела на значительно более высоком уровне по сравнению с температурой среды обитания.

Ключевые слова: водяной уж, *Natrix tessellata* Laurenti, 1768, температура тела, микроклиматические условия, Камское Предуралье

Для цитирования: Шардакова А.В., Галиулин Д.М., Четанов Н.А. Микроклиматические условия обитания и температура тела водяного ужа *natrix tessellata* laurenti, 1768 в Камском Предуралье // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. №1. С. 6-12.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

MICROCLIMATIC HABITAT CONDITIONS AND BODY TEMPERATURE OF A DICE SNAKE *Natrix tessellata* LAURENTI, 1768 IN THE KAMA CIS-URALS

*Albina V. Shardakova*¹, *Danila M. Galiulin*², *Nikolay A. Chetanov*³

^{1,3} Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

¹ shardakova04@bk.ru

² galiulindm@gmail.com

³ chetanov@yandex.ru

Abstract. The paper presents data on the microclimatic habitat conditions and body temperature of the dice snake *Natrix tessellata* Laurenti, 1768 in the Kama Cis-Urals. Statistically significant differences were found for the surface air temperature, with females exhibiting greater thermophily compared to males. Differences in other microclimatic parameters were not statistically significant. No statistically significant sex-related variations in body temperature were detected. Despite inhabiting outside the natural range of the species, the dice snake maintains body temperature at a significantly higher level compared to the environmental temperature.

Keywords: dice snake, *Natrix tessellata* Laurenti, 1768, body temperature, microclimatic conditions, the Kama Cis-Urals

For citing: Shardakova A.V., Galiulin D.M., Chetanov N.A. Microclimatic habitat conditions and body temperature of a dice snake *natrix tessellata* laurenti, 1768 in the Kama Cis-Urals // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. Series: Natural Sciences. 2025. No1. pp. 6-12.

Введение

На территории Камского Предуралья традиционно можно встретить три вида представителей змей: обыкновенный уж *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758), обыкновенная медянка *Coronella austriaca* (Laurenti, 1768) и обыкновенная гадюка *Vipera berus* (Linnaeus, 1758) [1, с. 68]. В мае 2019 года студенткой ПГИНУ Викторией Савиновой впервые была обнаружена змея, значительно отличавшаяся от ранее известных представителей офидиофауны региона по совокупности морфологических признаков. В результате тщательного изучения было установлено, что эта особь относится к виду водяной уж *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) [2, с. 300]. Ареал обитания этого вида

охватывает побережья Чёрного моря и Крыма в России и на Украине, Предкавказье и Закавказье, а также в Средней Азии и Казахстане. Северная граница ареала проходит через Башкортостан, Самарскую, Саратовскую и Ульяновскую области [3, с. 191]. Тем не менее, на территории Пермского края находка была сделана в селе Ергач в 420 километрах от достоверной ближайшей точки обнаружения водяного ужа [4, с. 91]. Исходя из расположения ареала, можно с уверенностью утверждать, что территория Пермского края не является типичным местом обитания ужа и на данный момент выявленная точка является самым северным достоверно подтвержденным местом находок вида. Можно сделать логичное предположение, что уж не мог совершить такую миграцию естественным путем, следовательно, водяной уж на территории Пермского края является интродуцированным видом.

С точки зрения климатических особенностей, в Башкортостане место обитания водяного ужа характеризуется континентальным климатом с недостаточным увлажнением. Территория района в пределах округа наиболее остепненная [3, с. 190]. Средняя годовая температура +2,3. К концу зимы средняя глубина промерзания почвы достигает 95 см. Относительная влажность воздуха летом 50%, весной и осенью 60-70% [5, с. 189]. Кунгурский район, где водяной уж был обнаружен в Пермском крае, расположен в зоне с достаточным увлажнением. В течение года здесь выпадает около 500 мм осадков. Среднегодовая температура воздуха составляет +2,8 °С. Средняя влажность воздуха колеблется в пределах 70-80%. Грунты промерзают на разную глубину в зависимости от времени года: в декабре – на 33 см, в январе – на 47 см, в феврале – на 61 см, в марте – на 75 см, а в апреле – всего на 3 см [6, с. 134].

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что среда обитания водяного ужа на территории Пермского края и Башкортостана схожа. До 2019 года не было зафиксировано ни одной находки водяного ужа в Камском Предуралье и поэтому данные о температуре его тела и микроклиматических условиях обитания отсутствуют.

Целью данной работы является определение некоторых термобиологических характеристик водяного ужа и микроклиматических условий среды обитания в Камском Предуралье.

Материалы и методы

В основе работы лежат материалы по температуре тела и микроклиматическим условиям обитания водяного ужа, полученные в окрестностях пос. Ергач Кунгурского района Пермского края в период с 2019 по 2024 гг.

Общий объем выборки составил 51 особь (27 самок и 24 самца). Учитывались особи водяного ужа с примерно равными размерными

характеристиками (более 500 мм), сходным физиологическим статусом (не беременные, не переваривающие пищу), отловленные при благоприятных погодных условиях.

Температуры тела, поверхности избираемого субстрата и приземного воздуха измеряли с помощью электронного термометра ТЭН-5 с точностью 0,1°C. Под температурой тела в работе принята температура, измеренная в пищеводе на глубине 6-8 см. Измерение температуры тела проводилось в течение 3-6 с после отлова, температура поверхности выбираемого змеями субстрата и приземного воздуха – в месте первичного обнаружения рептилии в первые 2-3 минуты после отлова. Температура приземного слоя воздуха измерялась на высоте 1-2 см от поверхности субстрата, то есть на высоте тела животного.

Освещенность определялась комбинированным прибором для измерения оптического излучения ТКА-01/3. Относительная влажность приземного воздуха регистрировались прибором ИВТМ-7М. Микроклиматические параметры регистрировались в той точке, где было исходно замечено животное.

Для характеристики выборок применялись стандартные процедуры описательной статистики. Сравнение средних арифметических проводилось с помощью *t*-критерия Стьюдента [7, с.130].

Результаты и обсуждение

Основные данные по температуре тела водяного ужа и микроклиматическим условиям обитания представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Микроклиматические условия обитания и температура тела самок и самцов водяного ужа *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) в Камском Предуралье

Параметр	Самки (<i>n</i> = 27) <i>M</i> ± <i>m</i> <i>min-max</i>	Самцы (<i>n</i> = 24) <i>M</i> ± <i>m</i> <i>min-max</i>	<i>t</i> <i>p</i>
Температура субстрата, ° С	21.6±0.85 16.7-29.8	20.0±0.95 16.5-31	1,28 > 0,05
Температура приземного воздуха, ° С	24.2±0.59 17.9-31.2	22.5±0.57 16.4-26.3	2.13 <0,05

Влажность, %	37.3±2.53 20.3-69.7	38.4±3.28 18.6-62.7	0.29 > 0,05
Удельная мощность видимого света, Вт	235.3±30.7 8.9-490.5	254.2±37.08 17.9-490.5	0.41 > 0,05
Температура тела, ° С	29.2± 0.63 21.1-37.7	28.3±0.71 22-32.5	1.06 > 0,05

Примечание: жирным выделены различия, обладающие статистической значимостью

Как видно из таблицы 1, при рассмотрении температуры приземного воздуха в месте обнаружения рептилии, были выявлены статистически значимые различия: самки несколько более термофильны по сравнению с самцами ($t = 2.13$; $p < 0.05$). Различия в прочих микроклиматических параметрах между самками и самцами не обладают статистической значимостью, что позволяет утверждать об отсутствии обусловленных полом предпочтений в выборе местообитания. Статистически значимых половых различий в температуре тела также не выявлено.

В связи с тем, что достоверных половых различий для температур тела и выбираемого змеями субстрата выявлено не было, при сравнении температуры тела и субстрата используются данные по объединенной выборке, включающей самок и самцов. Водяные ужи обладают значительно более высокой температурой тела (28.8 ± 0.46 °С) по сравнению с субстратом, на котором они находятся (20.9 ± 0.62 °С), различия достоверны в высшей степени ($t = 10.2$; $p < 0.001$). По всей видимости, это следствие эффективного использования солнечной радиации, так как водяные ужи активно выбирают максимально прогреваемые участки в исследованном биотопе. Подобная активная поведенческая терморегуляция позволяет, по всей видимости, выживать такому термофильному виду, как водяной уж, значительно севернее границы естественного ареала.

Выводы:

Проведенная работа позволяет сделать ряд предварительных выводов.

1. У водяного ужа в условиях Камского Предуралья не проявляется значительных половых различий в выборе мест обитания, хотя самки несколько более термофильны;

2. Несмотря на обитание за пределами естественного ареала вида, водяной уж поддерживает температуру тела на значительно более высоком уровне по сравнению с температурой среды обитания.

Скорее всего, это объясняется активной поведенческой терморегуляцией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Литвинов Н.А., Четанов Н.А., Ганщук С.В. Амфибии и рептилии Камского Предуралья. Пермь: Астер Диджитал, 2023. 242 с.
2. Галиулин Д.М., Печенкина К.О., Четанов Н.А. О находках водяного ужа *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) на территории Пермского // Фундаментальные и прикладные аспекты биологии: сборник статей Международной конференции ученых-биологов (г. Пермь, ПГНИУ, 30 октября – 3 ноября 2023 г.). Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2024. С. 299-303.
3. Змеи Волжско-Камского края / А.Г. Бакиев, В.И. Гаранин, Н.А. Литвинов, А.В. Павлов, В.Ю. Ратников. Самара: СамНЦ РАН, 2004. 192 с.
4. Водяной уж *Natrix tessellata* в Башкортостане: первое достоверное местообитание / А.Г. Яковлев, И.Р. Сабирзянов, Т.И. Яковлева, А.Г. Бакиев // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2016. № 4. С. 90–93.
5. Агроклиматические ресурсы Башкирской АССР. Уфа: Гидрометеиздат, 1976. 196 с.
6. Климат // География Пермской области. Пермь.: Пермское книжное издательство, 1973. 136 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 135 с.

REFERENCES

1. Litvinov N.A., Chetanov N.A., Ganshchuk S.V. Amfibii i reptilii Kamского Preduralia. Perm: Aster Didzhital, 2023. 242 s.
2. Galiulin D.M., Pechenkina K.O., Chetanov N.A. O nakhodkakh vodianogo uzha *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) na territorii Permskogo // Fundamentalnye i prikladnye aspekty biologii: sbornik statei Mezhdunarodnoi konferentsii uchenykh-biologov (g. Perm, PGNIU, 30 oktiabria – 3 noiabria 2023 g.). Perm: Permskii gosudarstvennyi natsionalnyi issledovatel'skii universitet, 2024. S. 299-303.
3. Zmei Volzhsko-Kamskogo kraia / A.G. Bakiev, V.I. Garanin, N.A. Litvinov, A.V. Pavlov, V. Iu. Ratnikov. Samara: SamNTs RAN, 2004. 192 s.
4. Vodianoi uzh *Natrix tessellata* v Bashkortostane: pervoe dostovernoe mestoobitanie / A.G. Iakovlev, I.R. Sabirzianov, T.I. Iakovleva, A.G. Bakiev // Samarskaia Luka: problemy regionalnoi i globalnoi ekologii, 2016. № 4. S. 90–93.
5. Agroklimaticheskie resursy Bashkirskoi ASSR. Ufa: Gidrometeoizdat, 1976. 196 s.

6. Klimat // Geografiia Permskoi oblasti. Perm.: Permskoe knizhnoe izdatelstvo, 1973. 136 s.
7. Lakin G.F. Biometriia. M.: Vysshaia shkola, 1980. 135 s.

Информация об авторах

А.В. Шардакова – студент 3 курса естественнонаучного факультета ПГГПУ;

Д.М. Галиулин – аспирант кафедры зоологии позвоночных и экологии ПГНИУ;

Н.А. Четанов – канд. биол. наук, доцент кафедры биологии и географии ПГГПУ.

Information about the authors

A.V. Shardakova – 3rd year student of the Natural Sciences Faculty of PSU;

D.M. Galiulin – postgraduate student of the Department of Vertebrate Zoology and Ecology of PSU;

N.A. Chetanov – PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Biology and Geography of PSU.

Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации 28.02.2025.

The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication 28.02.2025.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.5:615.322.1.

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-13-23

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФЛАВАНОИДОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ

Пери Турабхан гызы Шахтактинская ©

*Сумгаитский государственный университет, Сумгаит,
Азербайджан, perisahtaktinskaya@gmail.com*

Аннотация. Флаванойды являются продуктами естественного происхождения и относятся к вторичным метаболитам растительных организмов. Они нашли широкое применение в биомедицинских исследованиях благодаря своей высокой биологической активности. В этой работе нами рассмотрены наиболее важные результаты исследований в области применения флаванойдов и их производных в фармацевтической промышленности и фармакохимии.

Ключевые слова: флаванойды, фенольные соединения, антимикробные и цитотоксичные препараты, биологическая активность

Для цитирования: Шахтактинская П.Т. Биологическое значение флаванойдов и их применение в биомедицине // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 13-23.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

Peri Turabkhan Shakhtaktinskaya

*Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan,
perisahtaktinskaya@gmail.com*

BIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF FLAVANOIDS AND THEIR APPLICATION IN BIOMEDICINE

Abstract. Flavanoids are products of natural origin and are secondary metabolites of plant organisms. They have found wide application in biomedical research due to their high biological activity. In this work we consider the most important results of research in the field of application of flavonoids and their derivatives in pharmaceutical industry and pharmacology.

Keywords: flavonoids, phenolic compounds, antimicrobial and cytotoxic drugs, biological activity

For citing: Shakhtakhtinskaya P.T. Biological significance of flavonoids and their application in biomedicine // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 13-23.

Уникальная и обширная фармакологическая активность флавоноидов сделала их объектом исследовательского интереса [14]. Это привело к использованию различных методов для их выделения и характеристики с целью определения их потенциальной пользы для здоровья. Лекарственные ценности флавоноидов растительного происхождения, описанные авторами этой работы, стремятся обобщить фармакологическую активность этих вторичных метаболитов из 22 выбранных семейств растений. Фармакологические данные, представленные в литературе, доказали, что флавоноиды проявили противораковую, противомикробную, антиоксидантную, противовоспалительную, противогрибковую, противовозвездную и противоотечную активность. Из них 30% показали антиоксидантную активность, ключевую для защиты организма от свободных радикалов. Кроме того, 18% ссылок показали противомикробную и противораковую активность. Дальнейшие литературные отчеты показали, что флавоноиды из этих семейств проявляют противовоспалительное и противоотечное действие (9%), противовирусное и противовозвездное (5%), противогрибковое, антиноцицептивное и антигистаминное (2%). Фармакологическая активность флавоноидов из различных источников, рассмотренных в этом исследовании, показывает, что вторичные метаболиты могут стать основой для разработки мощных противораковых препаратов в будущем.

Флавоноиды относятся к классу фенольных соединений, которые широко распространены в природе и являются составной частью различных частей растительных организмов [8]. В этой работе авторы обсуждают современные направления по разработке новых областей применения флаванодов, в том числе в области биомедицинских исследований.

В продолжение этого направления авторы других работ сообщают о возможности применения флаванодов с точки зрения

эпидемиологических исследований [4, 5]. В этой обзорной статье показаны особенности структуры флаваноидов, а также оценивается их значение для здоровья людей и растительных организмов, структурные особенности флаваноидов, их полезные роли для здоровья человека и значение в растениях, а также их микробное производство.

В настоящее время предполагается, что природные флавоноиды, встречающиеся во фруктах и растительных продуктах питания, важны не только из-за органолептических свойств или технологических причин, но и из-за их потенциального воздействия на здоровье, как предполагают имеющиеся экспериментальные и эпидемиологические исследования [10]. В работе также представлена химическая классификация флаваноидов, а также их биологически активных свойств с точки зрения фармацевтических критериев.

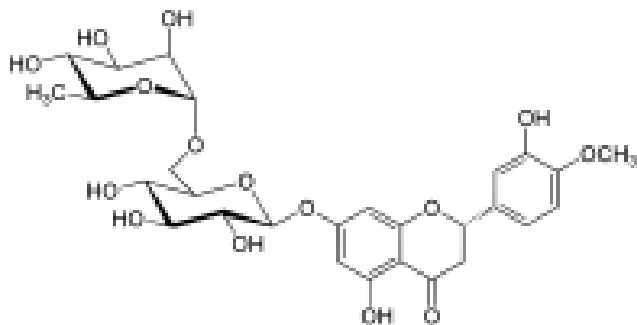
Флавоноиды являются широко распространенными вторичными метаболитами с различными метаболическими функциями в растениях [1, 15]. Выяснение путей биосинтеза, а также их регуляция MYB, основными факторами спираль-петля-спираль (bHLH) и факторами транскрипции типа WD40, позволило осуществить метаболическую инженерию растений посредством манипуляции различными конечными продуктами с ценными приложениями. В настоящем обзоре описывается регуляция биосинтеза флавоноидов, а также биологические функции флавоноидов в растениях, такие как защита от УФ-В-излучения и патогенной инфекции, образование клубеньков и фертильность пыльцы. Кроме того, мы обсуждаем различные стратегии и достижения посредством генной инженерии биосинтеза флавоноидов с использованием в промышленности и комбинаторного биосинтеза в микроорганизмах путем реконструкции пути для получения больших количеств специфических соединений.

Несколько современных и большинство традиционных лекарств были разработаны из природных источников. Флавоноиды или биофлавоноиды, наиболее распространенные полифенольные соединения, являются вторичными метаболитами растений и грибкового происхождения. Помимо их биологических функций в растениях (защита от травоядных, ультрафиолетового излучения и патогенов), они выполняют множество фармакологических действий и у людей [6]. Хотя флавоноиды не признаны как питательные вещества, тем не менее их регулярный прием считается плодотворным для здоровья человека. Флавоноиды биосинтезируются через фенилпропаноидный путь и содержат углеродный каркас C6-C3-C6. В настоящем обзоре рассмотрены химия, структура и классификация флавоноидов. Кроме того, также были изучены их распространение и химические свойства. Более того, мы обсуждаем различные механизмы, посредством которых флавоноиды действуют как прямая очистка от радикалов, иммобилизация лейкоцитов и взаимодействие с

различными ферментами. Флавоноиды обладают рядом фармакологических активностей, таких как противопаркинсоническое, противоязвенное, спазмолитическое, антидепрессивное, антибактериальное, антигипертензивное, противодиабетическое, противовоспалительное и противораковое. Целью этого обзора является предоставить здоровую информацию для формирования новой фармацевтической формулы на основе флавоноидов, действующей против различных заболеваний.

В работе [12] сообщается, что флавоноиды, разнообразная группа природных полифенольных соединений, содержащихся в различных источниках, таких как фрукты и овощи, привлекли внимание своей разнообразной биологической активностью, включая антиоксидантные, антибактериальные и противогрибковые свойства. Этот всесторонний обзор углубляется в механизмы, посредством которых флавоноиды борются с окислительным стрессом и препятствуют росту бактерий и грибов. С точки зрения антиоксидантного действия, флавоноиды демонстрируют свою эффективность, нейтрализуя активные формы кислорода посредством донорства атомов водорода и электронов, усиливая эндогенную антиоксидантную активность ферментов и хелатируя ионы переходных металлов. Их антибактериальное действие направлено как на грамположительные, так и на грамотрицательные бактерии, разрушая клеточные мембраны, ингибируя ключевые ферментативные процессы и подавляя откачивающие насосы, что в совокупности препятствует росту бактерий и вызывает гибель клеток. Кроме того, флавоноиды проявляют противогрибковые свойства, вмешиваясь в целостность клеточной мембраны грибка, нарушая биосинтез эргостерола и модулируя критические пути передачи сигнала, в конечном итоге препятствуя росту и патогенности грибка. Это тонкое понимание механизмов действия флавоноидов не только обещает терапевтические разработки, но и вдохновляет будущие достижения в фармакологических исследованиях.

Естественно многофункциональный *Rutaceae* гесперидин и его агликон гесперетин обладают большим разнообразием биофармацевтических активностей, например, противораковой, противовоспалительной, антиоксидантной и противоопухолевой; однако влияние молекулярных структур гесперидина и гесперетина, и в частности структурных свойств, таких как гибкость и динамические характеристики белка, на биологическую активность этих биоактивных соединений остается неоднозначным [7].

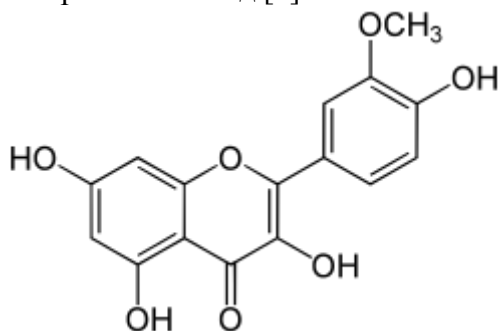


гесперидин

В настоящем исследовании биомолекулярное распознавание важнейшего биополимера – альбумина из сыворотки человека (HSA) с *Rutaceae*, различия в распознавании между HSA–гесперидином и HSA–гесперетином, ключевые элементы, которые приводят к расхождениям, а также структурные характеристики белка для процессов распознавания были сравнительно изучены с использованием биофизических подходов на молекулярном уровне. Результаты отчетливо продемонстрировали, что (1) агликон гесперетин может образовывать более прочные нековалентные связи с HSA и обладать более высокой стабильностью распознавания по сравнению с гесперидином. Это явление предполагает, что введение гликозидной структуры в флаванон, возможно, не сможет увеличить нековалентное распознавание флаванона биополимером, и наоборот, это событие, вероятно, уменьшит способность распознавания. (2) Хотя гесперидин и гесперетин могут быть расположены в субдоменах IIА и IIIА, соответственно, конформационная стабильность флаванонов в субдомене IIА больше, чем в субдомене IIIА; в результате способность распознавания субдомена IIIА с флаванонами явно меньше, чем в субдомене IIА. Эти расхождения, вероятно, происходят из-за уникальных характеристик соответствующей полости, или, более конкретно, субдомен IIА в основном является закрытым пространством, тогда как субдомен IIIА является полуоткрытой областью. Между тем, подробный анализ среднеквадратичной флуктуации интерпретировал распознавание флаванонов субдоменом IIА на HSA, что вызвало бы более крупные конформационные изменения в нескольких аминокислотных остатках, и аналогичное явление также присутствует в субдомене IIIА, что означает, что гибкие характеристики различных участков связывания в белке могут оказывать довольно заметное влияние на распознавание HSA-флаванонов. Более того, интегральные структурные изменения HSA демонстрируют некоторые различия из-за различий в способности распознавания биовзаимодействий белок-флаванон, и все эти выводы получили дальнейшие убедительные подтверждения от экспериментов

по флуоресценции и круговому дихроизму в растворе. Возможно, работа, представленная здесь, могла бы не только помочь нам лучше оценить биодоступность природных флаванолов с гликозидом или без него, но и понять наброски трехмерной структурной черты определенных биомолекул для лечебных свойств флавоноидов в организме человека.

Изучено общее содержание фенольных соединений, в том числе и флавоноидов в экстрактах/фракциях растения *Nitraria retusa*, и были идентифицированы четыре основных флавоноида: изорамнетин, изорамнетин-3-О-гликозид, изорамнетин-3-О-рутинозид и изорамнетин-3-О-робинобиозид [3].



изорамнетин

Результаты показали связь между активностью экстрактов/фракций и содержанием в них флавоноидов. Более того, экстракт хлороформа, обогащенный агликоновым флавоноидом изорамнетин, проявил самую высокую активность. Активность флавоноидов *N. retusa* сравнивали с активностью модельных флавоноидов, кверцетина, изокверцитрина и рутина. Во всех случаях агликоновые соединения были более активны, чем их гликозилированные производные. Флавоноиды на основе изорамнетина продемонстрировали более высокую антипролиферативную активность, чем флавоноиды на основе кверцетина, в то время как наблюдались схожие антиоксидантные свойства. Ферментативное ацилирование изорамнетин-3-О-гликозида с этиллауратом и этилбутиратом усилило его способность ингибировать ксантиноксидазу и его антипролиферативную активность, но снизило его активность по удалению радикалов.

В работе [13] были определены оптимальные рабочие и технологические параметры для метода ферментативного гидролиза и ультразвуковой экстракции (EHUE) флавоноидов, извлеченных из ветвей и листьев *Taxus cuspidata* (TCBL), и была оценена биологическая активность полученных флавоноидов. Согласно экспериментам с однофакторным и центральным композитным дизайном, оптимальными ключевыми экспериментальными

параметрами для ЕНУЕ были: концентрация фермента пектиназы 0,10 мг·мл⁻¹, температура ферментативного гидролиза 48°C и время ферментации 39 мин. Выход флавоноидов из ТСВЛ в оптимизированных условиях составил 5,23% ± 0,18%. Четыре очищенных флавоноидных соединения из экстракта ТСВЛ были идентифицированы как 1) (Е)-1-метокси-2-О-(р-кумароил)-мио-инозитол, 2) катехин, 3) эпикатехин и 4) кверцетин-3-О-глюкозид. Среди 4 соединений соединения 2 и 3 показали более высокую антиоксидантную способность, ингибирующую активность α-амилазы и α-глюкозидазы. Статистический анализ показал, что эпикатехин и катехин являются мощными антиоксидантами и активными агентами для ингибирования диабета II типа. Кроме того, все 4 соединения проявили явную противоопухолевую активность против клеток MCF-7, Hela и HepG2. В частности, соединение 4 имело самую высокую противоопухолевую способность против MCF-7 и Hela, в то время как соединение 1 было лучшим в подавлении пролиферации клеток HepG2.

Аналогичные исследования также были проведены в работах [11, 20]. На основе результатов этих исследований было показано, что как поглощенные флавоноиды, так и их метаболиты могут проявлять антиоксидантную активность *in vivo*, что экспериментально подтверждается повышением антиоксидантного статуса плазмы, щадящим эффектом на витамин Е мембран эритроцитов и липопротеинов низкой плотности, а также сохранением полиненасыщенных жирных кислот мембран эритроцитов. В этом обзоре представлены современные знания о структурных аспектах и антиоксидантной способности *in vitro* наиболее распространенных флавоноидов, а также антиоксидантной активности *in vivo* и влиянии на эндогенные антиоксиданты.

В работе [2] было разработано для определения антиоксидантной, антибактериальной и цитотоксической активности флавоноидного соединения (F1), извлеченного из семян *Capsicum annum L.* Соединение показало большую антибактериальную активность против грамположительных (*Staphylococcus aureus* и *Streptococcus aureus*) бактерий, чем против грамотрицательных (*Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* и *E. coli*) с использованием метода диффузии дисков. Экстракт показал высокую активность против *Streptococcus aureus* с зоной ингибирования (40 мм), чем против *E. coli* (20 мм) при концентрации 60 мг/мл. Антиоксидантная, восстанавливающая способность и хелатирующая активность ионов железа также были значительно выше у флавоноидного соединения (F1). Было обнаружено, что эти активности увеличивались по мере увеличения концентрации экстракта (с использованием трех концентраций 15 мг/мл, 30 мг/мл и 60 мг/мл,

соответственно). Результаты показали, что флавоноидное соединение F1 не оказывало цитотоксичного действия на эритроциты человека во всех исследованных концентрациях (в диапазоне от 0,5 до 200 ppm) при использовании раствора ДМСО в качестве контроля.

Флавоноидные гликозиды метаболизируются в фенольные кислоты через агликоны кишечной микрофлорой человека, продуцирующей α -рамнозидазу, экзо- β -глюкозидазу, эндо- β -глюкозидазу и/или β -глюкуронидазу [17]. Рутин, гесперидин, нарингин и понцирин трансформировались в свои агликоны бактериями, продуцирующими α -рамнозидазу и β -глюкозидазу или эндо- β -глюкозидазу, а байкалин, пуэарин и даидзин трансформировались в свои агликоны бактериями, продуцирующими β -глюкуронидазу, С-гликозидазу и β -гликозидазу соответственно. Антитромбоцитарная активность и цитотоксичность метаболитов флавоноидных гликозидов кишечными бактериями человека были более эффективными, чем у исходных соединений. 3,4-дигидроксифенилуксусная кислота и 4-гидроксифенилуксусная кислота были более эффективны, чем рутин и кверцетин, по антиагрегационной активности тромбоцитов. 2,4,6-тригидроксibenзальдегид, кверцетин и понциретин были более эффективны, чем рутин и понциретин, по цитотоксичности для линий опухолевых клеток. Авторы считают, что эти флавоноидные гликозиды должны быть натуральными пролекарствами.

Флавоноиды, класс вторичных метаболитов полифенолов, широко представлены в растениях и диетах [9]. Считается, что они обладают различными биоактивными эффектами, включая противовирусные, противовоспалительные, кардиопротекторные, противодиабетические, противораковые, антивозрастные и т. д. Их основные структуры состоят из колец С6-С3-С6 с различными моделями замещения для получения ряда соединений подкласса, и корреляции между химическими структурами и биоактивностями изучались ранее. Однако, учитывая их низкую биодоступность, информация о связях между структурой и биологической судьбой ограничена.

Показано [18], что цитрусовые являются одной из крупнейших и самых популярных фруктовых культур, выращиваемых в коммерческих целях по всему миру. Они важны не только с точки зрения экономики, но и популярны из-за своих питательных преимуществ для человека и сельскохозяйственных животных. После переработки около 50% фруктов остаются неиспользованными и выбрасываются как отходы. К последним относятся остатки мякоти плодов, кожура и семена. Прямая утилизация этих отходов в окружающую среду вызывает серьезные проблемы, поскольку они содержат биологически активные соединения. Выброс этих биологически активных соединений на открытые свалки вызывает

неприятный запах и распространение болезней, а утилизация в водоемы или просачивание в грунтовые воды ухудшает качество воды и наносит вред водной флоре и фауне. В связи с этим ряд исследований сосредоточен на разработке лучших методов повторного использования для получения фитохимикатов с добавленной стоимостью, а также для безопасной утилизации. Важные фитохимические вещества, полученные из цитрусовых, включают эфирные масла, флавоноиды, лимонную кислоту, пектин и т. д., которые теперь стали популярными темами в промышленных исследованиях.

Род *Humanaea* принадлежит к семейству *Fabaceae* и широко распространен, распространенные от Центральной Америки до Южной Америки в Амазонии. Древесина этих видов широко используется в гражданском строительстве, а листья, корни, сок и кора — для лечения воспалительных и респираторных заболеваний, инфекций, опухолей и боли [19]. Целью этого систематического обзора было выявление биологической активности, связанной с танинами и флавоноидами в *Humanaea courbaril* и *Humanaea stigonocarpa*. *Humanaea* AND флавоноиды AND танины AND биологическая активность AND лекарственное растение, в базах данных PubMed Central, Web of Science, Scopus и Science Direct. Полученные результаты показывают, что танины и флавоноиды являются одними из основных соединений, связанных с потенциальными противогрибковыми и термитицидными эффектами, в дополнение к антиоксидантному, антибактериальному, противодиарейному, противоязвенному, противовоспалительному, миорелаксантному, противовирусному и ларвицидному действию для *Aedes aegypti*. Фитохимическое разнообразие этих растений и различные виды биологической активности помогают расширить научные знания об этих видах, способствуя в конечном итоге производству новых продуктов и/или новых технологий.

Таким образом, из представленного обзора можно сделать вывод о том, что флаваноиды являются яркими представителями класса фенольных соединений, которые содержатся в определенном количестве в составе растительных организмов. Они обладают высокой биологической активностью и могут находить весьма широкое применение в фармацевтической промышленности [16]. В связи с этим, продолжение интенсивных исследований в области химии флаваноидов, изучение их биологически активных свойств и определение новых областей их применения имеет значительную актуальность на современном этапе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Al-Fartosy A.M., Zearah S., Al-Kanany Gh. Antioxidant, Antibacterial and Cytotoxicity Activities of Flavonoid Extract From

Capsicum annum L. Seeds // Iraqi National Journal of Chemistry. – 2013. – Vol. 49. – pp. 100-112.

2. Avtar R., Bhawna G. Chemistry and Pharmacology of Flavonoids- A Review // Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. – 2019. – Vol. 53. – N 1. – pp. 8-20.

3. Brodowska K.M. Natural flavonoids: classification, potential role, and application of flavonoid analogues // European Journal of Biological Research. – 2017. – Vol. 7. – N 2. – pp. 108-123.

4. Czczot H. Biological activities of flavonoids – a review // Polish Journal of Food Nutrition Sciences. – 2000. – Vol. 50. – N 4. – pp. 3-13.

5. Ding F., Peng W. Biological activity of natural flavonoids as impacted by protein flexibility: an example of flavanones // Molecular BioSystems. – 2015. – Vol. 11. – N 4. – pp. 1119-1133.

6. Dong K., Jung E., Sohng I., Han J. Intestinal bacterial metabolism of flavonoids and its relation to some biological activities // Archives of Pharmacal Research. – 1998. – Vol. 21. – pp. 17-23.

7. Ekalu A., Habila J.D. Flavonoids: isolation, characterization, and health benefits // Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci. – 2020. – Vol. 9. – N 45. – pp. 59-67.

8. Ferreyra M., Rius S., Casati P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications // Front Plant Sci. – 2012. – Vol. 3. – pp. 41-48.

9. Jiang P., Zhao Y., Xiong J., Wang F., Xiao L., Bao S., Yu, X. (2021). Extraction, purification, and biological activities of flavonoids from branches and leaves of *TAXUS CUSPIDATA S. et Z.* // BIORESOURCES. – 2021. – Vol. 16. – N 2. – pp. 2655-2682.

10. Kim J-S. Flavonoids, an Overview: Chemical Structures, Dietary Sources, and Biological Properties // Food Engineering Progress. – 2020. – Vol. 24. – N 3. – pp. 151-163.

11. Kumar Sh., Pandey A.K. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview // Scientific World Journal. – 2013. – N 1. – pp. 13-27

12. Mehmood A., Sonia J., Faraz M.Kh., Khawaja Sh. In vitro total phenolics, total flavonoids, antioxidant and antibacterial activities of selected medicinal plants using different solvent systems // BMC Chemistry. – 2022. – Vol. 16. – pp. 64-71.

13. Mutha R., Anilkumar T., Surana S. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview // Future Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2021. – Vol. 7. – pp. 26-32.

14. Panche A.N., Diwan A.D., Chandra S.R. Flavonoids: an overview // Journal of Nutriyion Science. – 2016. – N 12. – pp. 342-348.

15. Pietta P-G. Flavonoids as Antioxidants // J. Nat. Prod. – 2000. – Vol. 63. – N 7. – pp. 1035-1042.

16. Rodriguez B., Pacheco L., Bernal I., Pina Y.M. Mechanisms of action of flavanoids – antioxidant, antibacterial and antifungal properties / *Ciencia, Ambiente y Clima*. – 2023. – Vol. 6, No. 2. – pp. 33-66.

17. Salem J.H., Chevalot I., Harscoat-Schiavo C., Paris C. Biological activities of flavonoids from *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch. and their acylated derivatives // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 124. – N 2. – pp. 486-494.

18. Sharma K., Mahato N., Lee Y. Extraction, characterization and biological activity of citrus flavonoids // *Reviews in Chemical Engineering*. – 2018. – Vol. 3. – N 4. – pp. 27-31.

19. Silva C., Nascimento E., Miranda B., Aguiar J. Biological activities associated with tannins and flavonoids present in *Hymenaea stigonocarpa* and *Hymenaea courbaril*: A systematic review // *Research, Society and Development*. – 2022. – Vol. 11. – N 12. – pp. 137-142.

20. Wang T., Li Q., Biks G. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. // *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2017. – Vol. 13. – N 1. – pp. 12-23.

Информация об авторе

П.Т. Шахтактинская – кандидат химических наук, доцент Сумгайтского государственного университета.

Information about author

P.T. Shakhtakhtinskaya – candidate of chemical sciences docent of Sumgayit State University.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2025; принята к публикации 18.02.2025.
The article was submitted 21.11.2025; accepted for publication 18.02.2025.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-24-30

МОНОТЕРПЕНЫ: СИНТЕЗ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Гюльсум Энвер гызы Гаджиева¹, Самира Вагиф гызы Исмаилова² ©

^{1,2}*Институт нефтехимических процессов Министерства науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан, gulsum.mete@mail.ru*

Аннотация. Монотерпены и их кислородсодержащие функционально-замещенные производные (монотерпеноиды) находят широкое применение в органической химии в качестве синтонов для получения различных ценных химических соединений, а также в синтезе фармакологических препаратов, биологически активных компонентов, добавок к полимерным материалам и др. В этой работе рассмотрены основные направления применения монотерпенов, а также ключевые методы синтеза этих соединений.

Ключевые слова: монотерпены, терпеноиды, биологически активные препараты, фармакологические соединения, синтоны и интремедиаы

Для цитирования: Гаджиева Г.Э., Исмаилова С.В. Монотерпены: синтез и области применения // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмиллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 24-30.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Gulsum Enver Hajiyeva¹, Samira Vaqif Ismayilova²

^{1,2}*Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, gulsum.mete@mail.ru*

MONOTERPENS: SYNTHESIS AND APPLICATIONS

Abstract. Monoterpenes and their oxygen-containing functionally substituted derivatives (monoterpenoids) are widely used in organic chemistry as synthons for obtaining various valuable chemical compounds, as well as in the synthesis of pharmacological preparations, biologically active components, additives to polymeric materials, etc. In this paper, we

consider the main areas of application of monoterpenes, as well as key methods for the synthesis of these compounds.

Keywords: monoterpenes, terpenoids, biologically active drugs, pharmacological compounds, synthons and intermediates

For citing: Hajiyeva G.E., Ismayilova S.V. Monoterpenes: synthesis and applications // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 24-30.

Монотерпены являются крупнейшим классом вторичных метаболитов растений и обычно встречаются в эфирных маслах [3]. Монотерпены и их производные являются ключевыми ингредиентами в разработке и производстве новых биологически активных соединений. Среди монотерпенов следует отметить гераниол, тимол, миртеналь, пинен, камфора, борнеол и их модифицированные структуры. Эти соединения имеют важное значение в биологических и медицинских приложениях [10].

Терпеноиды представляют собой класс ценных натуральных продуктов, широко применяемых как в промышленности, так и в здравоохранении, но их получение из природы или из нефтехимических продуктов больше не является устойчивым. Микробный биосинтез терпеноидов стал наиболее коммерчески выгодным вариантом для их крупномасштабного производства. Однако экономически выгодные титры и производительность в основном сдерживаются ограниченной доступностью основных предшественников в их биосинтезе, пренолфосфатов, в *Saccharomyces cerevisiae* [11]. В этой работе авторы решают эту проблему, устанавливая пути образования предшественников на основе пути использования изопентенола в *S. cerevisiae* для усиления нативного пути мевалоната, обходя конкуренцию со стороны биосинтеза стеролов. Эти результаты обеспечивают универсальную и эффективную дрожжевую платформу для производства разнообразных терпеноидов.

Инженерные микробы для производства ценных натуральных продуктов часто затрудняются регулированием собственных конкурирующих метаболических сетей в хозяине. Это особенно очевидно в случае синтеза терпеноидов в дрожжах, где канонические предшественники терпеноидов тесно связаны с биосинтезом стеролов, необходимых для жизнеспособности дрожжей. Один из способов обойти это ограничение – инженерные пути продукта, менее связанные с собственным метаболизмом хозяина. В этой работе авторы представляют двухэтапный путь утилизации изопентенола (IUP) в *Saccharomyces cerevisiae* для увеличения собственного пути мевалоната путем предоставления кратчайшего пути к синтезу обычных предшественников терпеноидов, изопентенилдифосфата (IPP) и

диметилаллилдифосфата (DMAPP). Таким образом, IUP был способен увеличить пул IPP/DMAPP в 147 раз по сравнению с собственным путем.

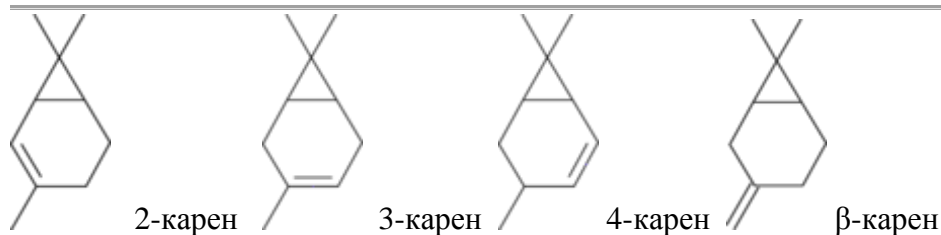
Авторы также демонстрируют, что совместное кормление изопренолом и пренолом увеличивает содержание геранилдифосфата (GPP) для биосинтеза монотерпенов. Что еще более важно, авторы разработали синтетический трехэтапный путь для эффективного синтеза ди- и тетратерпенового предшественника геранилгеранилдифосфата (GGPP), обходя конкуренцию с фарнезилдифосфатом (FPP) для биосинтеза стероидов и повышая уровень GGPP в 374 раза. Авторы объединяют эти поддерживаемые IUP платформы формирования предшественников с последующими терпенсинтазами, чтобы использовать их потенциал и улучшить производство промышленно значимых терпеноидов в несколько раз. Подобные исследования предоставляют универсальную и эффективную платформу для поддержки синтеза терпеноидов в дрожжах.

Терпеноиды являются одним из крупнейших и наиболее разнообразных семейств природных соединений [5]. Они широко используются в промышленности, и тенденция направлена на разработку модифицированных микроорганизмов, которые производят высокие уровни специфических терпеноидов. Большинство исследований были сосредоточены на создании специфических гетерологичных путей для сесквитерпенов в *Escherichia coli* или дрожжах.

Авторы подвергли ген *Saccharomyces cerevisiae* ERG20 (кодирующий фарнезилдифосфатсинтазу) набору аминокислотных мутаций в каталитическом сайте в позиции K197. Было показано, что мутировавшие штаммы демонстрируют различную скорость роста, количество стероидов и способность продуцировать монотерпенол. Эти результаты обсуждаются в контексте потенциального использования этих мутировавших штаммов для гетерологичной экспрессии монотерпеноидсинтаз, которая была исследована с использованием гераниолсинтазы *Ocimum basilicum*.

Результаты, полученные с гераниолом до 5 мг/л, предполагают значительное улучшение по сравнению с предыдущими доступными системами экспрессии, такими как *Escherichia coli* или штаммы дрожжей с немодифицированным геном ERG20, которые соответственно обеспечивали количества в диапазоне 10 и 500 мг/л, или даже ранее охарактеризованная мутация K197E, которая обеспечивала количества в диапазоне 1 мг/л.

В работе [4] рассмотрены изомеры природного терпена – карена и их применение в синтезе диметильных производных циклопропанов.



Разработка методов синтеза и изучение областей применения некоторых монотерпенов рассматривалась в работах [13, 12].

Растение *Lavandula* накапливает нерегулярные монотерпены неизвестного биосинтетического происхождения. Авторы статьи [14] клонировали цис-пренилдифосфатсинтазу (цис-PDPS), которая производит предшественника нерегулярных монотерпенов в лаванде. В отличие от других растений, которые используют транс-PDPS, *Lavandula* использует цис-PDPS для иницирования биосинтеза нерегулярных монотерпенов. Это первый отчет об участии цис-PDPS в нерегулярном биосинтезе монотерпенов.

Среди других областей применения монотерпеновых углеводов и их функционально-замещенных производных особо следует отметить возможность их использования в качестве потенциальных возобновляемых видов транспортного топлива, либо в качестве смесей с нефтью, либо в качестве заменителей для использования в транспортных средствах (как тяжелых, так и легких) или в авиации [2].

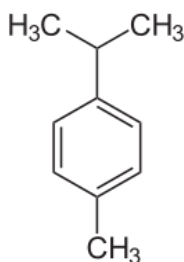
Также следует выделить наличие фотосинтетической способности для некоторых монотерпенов, в частности в период развития хвои для сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) [6]. В этом исследовании авторы проанализировали взаимосвязи между активностью синтазы монотерпенов хвои, эндогенными пулами хранения монотерпенов и выбросами монотерпенов хвоей в течение двух последовательных лет на участке бореального леса в Финляндии.

Сообщается [1], что лимонен – важный монотерпен, используемый в качестве химического продукта и прекурсора для производства биотоплива, ароматизаторов и лекарственных соединений. В этой статье авторы сконструировали *Escherichia coli*, встроив два экзогенных гена, кодирующих лимоненсинтазу (LS) и геранилдифосфатсинтазу (GPPS) для производства лимонена. Из 12 штаммов *E. coli*, трансформированных различными плазмидами, лучший с p15T7-ls-gpps производил лимонен с титром 4,87 мг/л. Для повышения продукции лимонена два фермента, ограничивающих скорость в эндогенном пути MEP *E. coli*, 1-дезоксисилулозо-5-фосфатсинтаза (DXS) и изопентенилдифосфатизомераза (IDI), были последовательно сверхэкспрессированы на векторе pET21a+, что привело к продукции 17,4 мг лимонена/л за 48 ч. После

предварительной оптимизации среды в двухфазной системе культивирования, состоящей из н-гексадекана (1/50, V_{org}/V_{aq}), конечная продукция лимонена была увеличена до 35,8 мг/л, что представляет собой примерно 7-кратное улучшение по сравнению с исходным титром.

Краткий синтез энантиомерных форм винного лактона, эпивинного лактона, укропного эфира и эпи-укропного эфира был выполнен, исходя из энантиомерных форм п-мента-1,8(10)-диен-3,9-диола [7]. Последние соединения были ранее получены с высокой оптической чистотой с помощью липазно-опосредованного кинетического разделения, и они были общими строительными блоками для этого расходящегося синтеза. Ключевыми шагами были ряд хемо- и диастереоселективных реакций, из которых окисление до лактона, диастереоселективное восстановление до лактонов и восстановление енолефира до эфира были изучены всесторонне. Эффективность этого нового синтетического подхода позволяет получить производные монотерпенов п-ментана, которые представляют значительный интерес для парфюмерной промышленности, с высоким выходом и за несколько простых экспериментальных стадий.

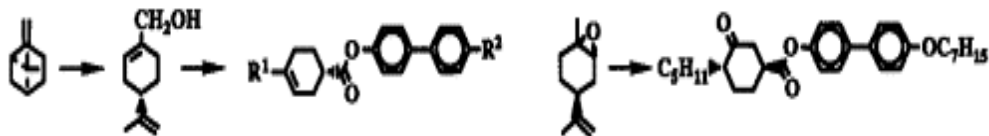
Патент [8] раскрывает способ каталитического синтеза п-цимола из циклических монотерпенов (C₁₀H₁₆) из биомассы или цитрусовых масел с использованием диметилсульфоксида в качестве стехиометрического окислителя в кислой среде и в присутствии катализатора диоксомолибдена(VI).



цимол

Хиральные жидкокристаллические соединения были синтезированы энантиоселективно из монотерпенов [9]. Оптическая чистота (S)-(-)- и (R)-(+)-периллового спирта, (S)-(-)- и (R)-(+)-1-пентил-4-гидроксиметил-1-циклогексена и (2S,5S)-2-пентил-5-гидроксиметил-1-циклогексанона была определена с помощью анализа ЯМР ¹H с использованием хиральных сдвигающих реагентов. Были охарактеризованы мезоморфные фазы и температуры перехода соединений. Некоторые хиральные жидкокристаллические соединения, содержащие 1,4-дизамещенные циклогексеновые кольца или транс-2,5-

дизамещенное циклогексаноновое кольцо, были синтезированы энантиоселективно из монотерпенов.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Fischer M., Meyer S., Claudel P., Bergdoll M., Karst F. Metabolic engineering of monoterpene synthesis in yeast // *Biotechnology and Bioengineering*. – 2011. – Vol. 108. – N 8. – pp.1883-1892.
2. Fu-Liang D., Hui-Lei Y., Jian X., Chun X. Enhanced limonene production by optimizing the expression of limonene biosynthesis and MEP pathway genes in *E. coli* // *Bioresources and Bioprocessing*. – 2014. – Vol. 1. – pp. 10-17.
3. Geron C., Rasmussen R., Arnts R., Guenther A. A review and synthesis of monoterpene speciation from forests in the United States // *Atmospheric Environment*. – 2000. – Vol. 34. – pp. 1761-1781.
4. Macaev F., Malkov A. Use of monoterpenes, 3-carene and 2-carene, as synthons in the stereoselective synthesis of 2,2-dimethyl-1,3-disubstituted cyclopropanes // *Tetrahedron*. – 2006. – Vol. 62. – pp. 9-29.
5. Pat. 2024231588. WO. 2024. Method for catalytic synthesis of para-cymene from monoterpenes.
6. Serra S., Fuganti C. Natural p-Menthene Monoterpenes: Synthesis of the Enantiomeric Forms of Wine Lactone, Epi-wine Lactone, Dill Ether, and Epi-dill Ether Starting from a Common Intermediate // *Helvetica Chimica Acta*. – 2004. – Vol. 87. – pp. 2100-2109.
7. Vanhatalo A., Ghirardo A., Juurola E., Schnitzer J-P., Zimmer I. Long-term dynamics of monoterpene synthase activities, monoterpene storage pools and emissions in boreal Scots pine // *Biogeosciences*. – 2018. – Vol. 15. – N 16. – pp. 5047-5060.
8. Wang Q., Shi Y-F., Wong H., Zhong L. Enantioselective synthesis of chiral liquid crystalline compounds from monoterpenes // *Tetrahedron*. – 1993. – Vol. 49. – N 3. – pp. 619-638.
9. Yongshuo M., Yuexuan Z., Huang S., Stephanopoulos G. Engineering a universal and efficient platform for terpenoid synthesis in yeast // *PNAS*. – 2022. – Vol. 120. – N 1. – pp. 120-127.
10. Yarovaya O.I., Baev D.S., Kovaleva K.S., Gatilov Y.V. Synthesis and Properties of New Conjugates of Isatin and Bicyclic

Monoterpenes // Russian Journal of General Chemistry. – 2024. – N 1. – pp. 81-92.

11. Zielinska-Blajet M., Feder-Kubis J. Monoterpenes and their derivatives – Recent Development in Biological and Medicinal Applications // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21. – N 19. – pp. 7078-7089.

12. Zhang Y., Nielsen J., Liu Z. Engineering yeast metabolism for production of terpenoids for use as perfume ingredients, pharmaceuticals and biofuels // FEMS Yeast Research. – 2017. – Vol. 17. – N 8. – pp. 80-86.

13. Zerihun A., Erland L., Rheault M., Sohell S. The Biosynthetic Origin of Irregular Monoterpenes in Lavandula // Journal of Biological Chemistry. – 2013. – Vol. 288. – N 9. – pp. 6333-6341.

14. Zhuang X., Kilian O., Monroe E., Ito M. Monoterpene production by the carotenogenic yeast *Rhodospiridium toruloides* // Microbial Cell Factories. – 2019. – Vol. 18. – pp. 54-70.

Информация об авторах

Г.Э. Гаджиева – кандидат химических наук, вед. н.с. лаборатории «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана;

С.В. Исмаилова – докторант, стар. н.с. лаборатории «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана.

Information about the author

G.E. Hajiyeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Study of antimicrobial properties and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan;

S.V. Ismayilova – doctorant, researcher of laboratory "Study of antimicrobial properties and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan.

Статья поступила в редакцию 21.12.2024; принята к публикации 18.03.2025.

The article was submitted 21.12.2024; accepted for publication 18.03.2025.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2025-1-31-39

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИЯХ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ

Нахида Али гызы Джафарова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан, jafarova-naxida@rambler.ru

Аннотация. Гетерополикислоты нашли широкое применение в качестве эффективных катализаторов различных химических реакций в последние годы. Среди таких областей применения этих соединений особо следует выделить их использование в качестве катализаторов в реакциях окисления различных классов органических соединений, в частности, углеводов, спиртов, альдегидов и кетонов и других соединений.

Ключевые слова: катализаторы, гетерополикислоты, окисление органических субстратов, молибден- и вольфрамсодержащие гетерополикислоты

Для цитирования: Джафарова Н.А. Применение гетерополикислотных катализаторов в реакциях окисления органических субстратов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. №1. С. 31-39.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Nakhida Ali Jafarova

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan, jafarova-naxida@rambler.ru

APPLICATION OF HETEROPOLYACID CATALYSTS IN OXIDATION REACTIONS OF ORGANIC SUBSTRATES

Abstract. Heteropolyacids have found wide application as effective catalysts of various chemical reactions in recent years. Among such areas of application of these compounds, their use as catalysts in oxidation reactions of various classes of organic compounds, in particular, hydrocarbons, alcohols, aldehydes and ketones and other compounds should be especially highlighted.

Keywords: catalysts, heteropoly acids, oxidation of organic substrates, molybdenum-and tungsten-containing heteropoly acids

For citing: Jafarova N.A. Application of heteropolyacid catalysts in oxidation reactions of organic substrates // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 31-39.

Гетерополикислоты Кеггина (ГПК) представляют собой металл-кислородные кластеры с сильной кислотностью по Бренстеду. Превращение ГПК в соли металлов может привести к кислотности по Льюису, что улучшает их эффективность в реакциях окисления [9].

В этом обзоре описаны основные пути синтеза солей гетерополикислот типа Кеггина, а также их использование в качестве катализаторов в процессах окисления множества различных органических соединений. Окислителями в этих процессах служили H_2O_2 и O_2 . Эти реакции представляют интерес для нескольких отраслей промышленности, поскольку их можно использовать для производства лекарств, добавок, отдушек и тонких химикатов.

Высокая эффективность ГПК Кеггина с зелеными окислителями способствует снижению воздействия этих процессов на окружающую среду, что подтверждает принципы зеленой химии (рис. 1).

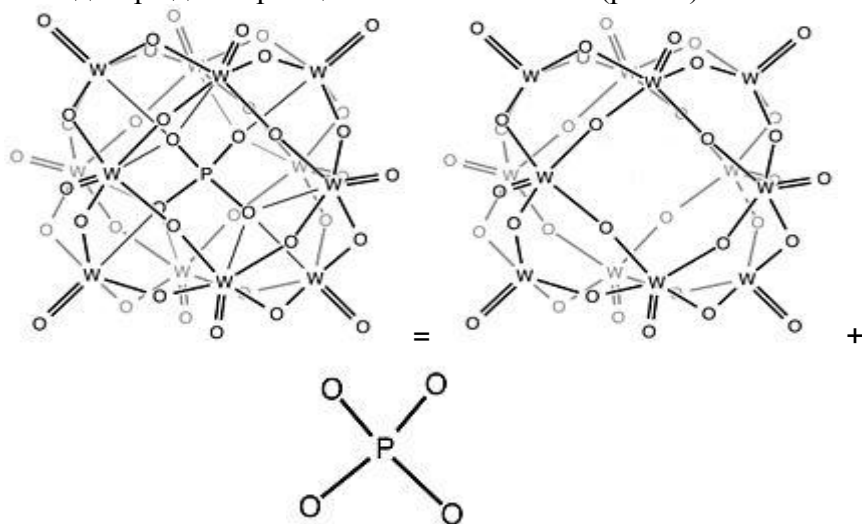


Рис. 1. Строение гетерополикислот Кеггина [9].

Более того, НРА Кеггина могут быть преобразованы в бифункциональные катализаторы путем модификации их структуры, полной или частичной замены их протонов катионами металлов кислот Льюиса или введения этих катионов в структуру аниона Кеггина, заменяя атомы присоединения (т.е. W и Mo).

В настоящей работе обсуждаются аспекты, связанные с синтезом и характеристикой этих катализаторов, с акцентом на инфракрасную спектроскопию и порошковые рентгенодифракционные картины. Также рассматриваются самые последние достижения, достигнутые в разработке каталитических окислительных систем на основе солей НРА Кеггина.

В работе [2] показано, что реакция Тиле-Винтера представляет интерес для синтеза триацетоксиароматических предшественников гидрохинонов. Эффективными катализаторами этой реакции могут служить гетерополиокислоты или другие твердые кислоты, которые успешно заменяют более агрессивную H_2SO_4 в реакциях хинонов при умеренных условиях.

Гетерополиокислоты были успешно применены в качестве катализаторов в реакции окисления-тримеризации спиртов [14]. В присутствии гетерополиокислот наблюдалось образование циклотримеров спиртов и продуктов альдольной конденсации. Основными продуктами были 1,3,5-триоксаны, а минорными – соединения альдольной конденсации.

Органические превращения в подходящих экологически чистых условиях оказывают большое влияние на область зеленой химии [18]. В этом контексте гетерополиокислоты (ГПО) привлекли значительное внимание из-за их способности действовать как твердые катализаторы, с преимуществом использования и повторного использования для различных органических превращений без заметной потери их каталитической активности. В этой обзорной статье авторы сообщают о последних результатах (2010-2022), полученных для селективного окисления органических субстратов с использованием чистого окислителя, такого как кислород или водный пероксид водорода, и ГПО в качестве катализаторов. Некоторые из исследованных субстратов соответствуют семействам углеводородов, спиртов, фенолов, альдегидов, кетонов, аминов и сульфидов, среди прочих.

Акриловая и метакриловая кислота производятся в промышленности путем частичного окисления соответствующих альдегидов, а именно акролеина и метакролеина [3]. Для этих задач используются различные катализаторы: смешанные оксиды на основе Mo, V и W для окисления акролеина и гетерополиокислоты на основе Mo, V и P для окисления метакролеина, поскольку соответствующий другой катализатор имеет плохую производительность. Для получения

более глубоких знаний о каталитическом механизме, особенно о различных свойствах катализаторов, было исследовано окисление акролеина, катализируемое гетерополикислотой, и результаты были сравнены с окислением акролеина, катализируемым смешанным оксидом. Были выполнены стационарные кинетические измерения и эксперименты по изотопному обмену, такие как $^{18}\text{O}_2$ -SSITKA H_{218}O -SSITKA, D_2O -SSITKA, а также обмен акролеина его пердегтерированным изотопологом. Эти исследования предоставили подробную информацию о механизмах реакции и выявили много сходств, но также и существенные различия между катализаторами на основе смешанных оксидов и гетерополикислот.

Гетерополисоединения с общей формулой $\text{Cs}_1\text{M}_{x+0,5}\text{H}_{3-0,5x}\text{P}_{1,2}\text{Mo}_{11}\text{VO}_{40}$ ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$ или Zn) и $\text{Cs}_1\text{Cu}_y\text{H}_{3-2y}\text{P}_{1,2}\text{Mo}_{11}\text{VO}_{40}$ ($y = 0,1, 0,3$ или $0,7$) были синтезированы и затем использованы в качестве катализаторов для селективного окисления метакролеина в метакриловую кислоту [17]. Было исследовано влияние переходных металлов на структуру и активность катализаторов. Спектры FTIR показали, что катализаторы, легированные переходными металлами, сохраняли структуру Кеггина недопированных катализаторов. Результаты рентгеновской дифракции показали, что до прокаливания катализаторы, легированные Fe и Cu, имели кубические вторичные структуры, в то время как катализаторы, легированные Co, Ni или Zn, имели как триклинную, так и кубическую фазы, а катализатор, легированный Co, имел самое высокое содержание триклинной формы. Термическая обработка может снизить содержание триклинной фазы. Результаты температурно-программируемой десорбции NH_3 и температурно-программируемого восстановления H_2 показали, что переходные металлы изменили кислотные и окислительно-восстановительные свойства катализаторов. Добавление Fe или Cu оказало положительное влияние на активность катализатора, что связано с улучшением переноса электронов между Fe или Cu и Mo. Также было исследовано влияние содержания меди на структуру и каталитическую активность. Катализатор $\text{Cs}_1\text{M}_{x+0,5}\text{H}_{3-0,5x}\text{P}_{1,2}\text{Mo}_{11}\text{VO}_{40}$ показал наилучшие характеристики в этой реакции.

Гетерополикислоты типа Кеггина были успешно использованы в аналогичной реакции окисления метакролеина (MAL) до соответствующей кислоты (MAA) [1]. Разработка катализаторов с подходящими кислотными и окислительно-восстановительными свойствами является сложной задачей. Была предложена стратегия с использованием органического аммиака для модификации $\text{CsH}_3\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ (CsPAV). Были синтезированы прекурсоры полимеризации ядро-оболочка с использованием микросфер полидопамина (PDA) в качестве модификаторов и шаблонов, а

регулярно расположенные катализаторы в форме чаши PDA-CsPAV были получены путем одностадийного прокаливания. Морфология, структура, термическая стабильность, кислотность и окислительно-восстановительные свойства катализатора PDA-CsPAV были охарактеризованы с помощью XRD, FT-IR, TG-DTA, XPS, SEM, H₂-TPR и NH₃-TPD, каталитическая эффективность была оценена путем окисления MAL до МАА. Большие функциональные группы на поверхности микросфер PDA объединяются с HPAV посредством прочных координационных связей, образуя каталитическую пленку. Однородная сферическая структура PDA может регулировать дисперсию и морфологию CsPAV. NH⁴⁺ образовывался и перестраивался с гетерополианионами во время прокаливания, что положительно регулировало кислотность и окислительно-восстановительные свойства катализатора. Добавление PDA ускорило перенос электронов и усиливало процесс самовосстановления HPAV. По сравнению с CsPAV, PDA-CsPAV имеет больше кислотных участков и окислительно-каталитически активных центров (VO²⁺), таким образом, демонстрируя лучшую окислительную эффективность MAL и хорошую термическую стабильность.

Алканы преобразуются в ненасыщенные карбоновые кислоты путем контакта алкана с окислителем и гетерополиоксидом типа Уэллса-Доусона, нанесенной на широкопористые полиоксометаллатные соли [5].

Исследованы физико-химические и каталитические свойства гетерополиоксидов как чистых, так и нанесенных на калиевую соль [13]. Тонкие кислотные покрытия, сформированные на таком носителе, демонстрируют измененные свойства и повышенную термическую стабильность. В частности, постулируется, что изменение кислотных свойств нанесенных кислот является следствием их измененной гидратационной способности, вытекающей из эпитаксиальной связи с носителем. Представлены и сравнены результаты каталитических экспериментов по окислению акролеина, метанола и алканов для обеих серий катализаторов. На основе экспериментальных данных и квантово-химических расчетов предложены возможные механизмы всех этих процессов.

Были синтезированы кислоты H₄PMo₁₁VO₄₀, H₅PMo₁₀V₂O₄₀ и H₉PMo₆V₆O₄₀ и кислая пиридиновая соль H₄PMo₁₁VO₄₀. Они были охарактеризованы с помощью ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием, а изменения их кислотных свойств были определены путем титрования *n*-бутиламином [15].

Изучены эффекты концентрации катализатора, времени и нагрузки окислителя в реакции фотокаталитического окисления ароматических альдегидов до соответствующих кислот в присутствии

$\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ – фосфорномолибденовых кислот типа Кеггина. Также обсуждаются механистические аспекты реакции [12].

Применение гетерополикислот в качестве катализаторов реакций окисления органических соединений также рассматривалось в работах [4, 16].

Муравьиная кислота (МК) является одним из наиболее перспективных векторов для устойчивой водородной энергетики, и ее можно синтезировать из возобновляемых ресурсов биомассы [8]. В этой работе ряд гетерополикислотных термочувствительных катализаторов ($\text{Ch}_n\text{H}_{4-n}\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$, $n=1-3$) были приготовлены путем модификации гетерополикислоты $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ с сайтом окисления V^{5+} и термочувствительным мономером хлоридом холина (Ch^+) и использованы для каскадного превращения целлюлозы, полученной из биомассы, в МК посредством гидролиза-окисления в воде. $\text{ChH}_3\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ с соотношением Ch/H 1/3 продемонстрировал выдающуюся каталитическую эффективность, обеспечив выход МК 49,5% при 165°C после 3 ч реакции. Было обнаружено, что каталитическая активность $\text{Ch}_n\text{H}_{4-n}\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ связана с его количеством H^+ и V^{5+} , в то время как способность к переработке $\text{Ch}_n\text{H}_{4-n}\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ связана с его количеством Ch^+ . Приготовленный катализатор может быть идеально переработан с одним понижением температуры реакционных систем и может быть повторно использован четыре раза с предельной потерей каталитической активности. Разработанные термочувствительные катализаторы обладают как преимуществами гомогенного катализатора, так и гетерогенного катализатора, что должно иметь потенциальное применение в других реакциях валоризации лигноцеллюлозной биомассы.

Применение гетерополикислотных катализаторов в реакциях окисления также сообщалось в работах [10, 11, 19, 20]. Кислотный полиоксометаллат сурьмы (V), содержащий α -тип Кеггина, $\text{H}_4\text{PSbMo}_{11}\text{O}_{40}$, был получен путем взаимодействия NaMoO_4 , H_3PO_4 и Sb_2O_3 в присутствии царской водки для оценки его реакционной способности по сравнению с хорошо известным аналогом ванадата, $\text{H}_4\text{PVMo}_{11}\text{O}_{40}$ [17]. Характеристика была получена с помощью рентгеновской дифракции, MALDI-TOF MS, ИК, УФ-видимой и ^{31}P ЯМР-спектроскопии. Были изучены каталитические окислительно-восстановительные реакции, такие как окислительное дегидрирование с использованием O_2 и N_2O в качестве конечных окислителей, и они показали совершенно разную реакционную способность $\text{H}_4\text{PSbMo}_{11}\text{O}_{40}$ по сравнению с $\text{H}_4\text{PVMo}_{11}\text{O}_{40}$. Расчеты DFT показали, что в отличие от аналогичного $\text{H}_4\text{PVMo}_{11}\text{O}_{40}$, где наблюдается катализ с участием ванадия, в $\text{H}_4\text{PSbMo}_{11}\text{O}_{40}$ катализ осуществляется с участием молибдена, а не сурьмы.

Новые гибридные материалы из ванадийзамещенных фосфорвольфрамовых кислот (VHPW), иммобилизованных на аминофункционализированном мезопористом MCM-41 (VHPW/MCM-41/NH₂), приготовлены и охарактеризованы с помощью FT-IR, XRD, адсорбции N₂, элементного анализа, SEM и TEM на предмет их структурной целостности и физико-химических свойств [6]. Установлено, что структура гетерополиоксидов сохраняется при иммобилизации на мезопористых материалах. Каталитическая активность этих гибридных материалов испытана в селективном окислении спиртов до карбонильных продуктов с 30% водным раствором H₂O₂ в качестве окислителя в толуоле. Исследованы каталитические активности различных количеств ванадийзамещенной фосфорновольфрамовой кислоты, и среди катализаторов H₅[PV₂W₁₀O₄₀], иммобилизованный на аминофункционализированном MCM-41, проявляет наибольшую активность с 97% конверсией и 99% селективностью в окислении бензилового спирта в бензальдегид. Доказано, что гибридный катализатор является высокоэффективным твердым катализатором, пригодным для вторичной переработки, для селективного окисления ароматических спиртов в соответствующие альдегиды с помощью H₂O₂.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bruckman K., Haber J., Serwicka E.M. Acid-Base and Oxidation Catalysis on Heteropolysalts with Surface Acid Layers // *Faraday Discuss Chem. Soc.* – 1989. – Vol. 87. – pp. 173-187.
2. Dokari H., Hammadi M. Activated Zeolites and Heteropolyacids: An Efficient Catalysts for the Synthesis of Triacetoxylaromatic Precursors of Hydroxyquinones // *Asian Journal of Chemistry.* – 2013. - Vol. 25. – N 11. – pp. 6112-6116.
3. Feng Sh., Ye L., Xiaoya Q., Haixin G. Selective oxidation of cellulose into formic acid over heteropolyacid-based temperature responsive catalysts // *Renewable Energy.* – 2022. – Vol. 185. – pp. 139-146.
4. Goldberg H., Kumar D., Sastry N., Leitus N. An antimony(V) substituted Keggin heteropolyacid, H₄PSbMo₁₁O₄₀: Why is its catalytic activity in oxidation reactions so different from that of H₄PVMo₁₁O₄₀? // *Journal of Molecular Catalysis A. Chemical.* – 2012. – Vol. 356. – N 6. – pp. 152-157.
5. Heravi M., Sadjadi S., Hekmatshar R., Oskooie A. Keggin-Type Heteropolyacids-Catalyzed One Pot Oxidation-Trimerization of Alcohols into 2,4,6-Trisubstituted-1,3,5-Trioxanes // *Iranian Journal of Chemistry.* – 2009. – Vol. 28. – N 2. – pp. 131-136.
6. Idrissou Y., Mouanni S., Amitouche D., Mazari T. Cyclohexanone Oxidation over H₃PMo₁₂O₄₀ Heteropolyacid via Two Activation Modes

Microwave Irradiation and Conventional Method // *Bull. Chem. React. Eng. Catal.* – 2019. – Vol. 14. – N 2. – pp. 427-435.

7. Jose da Silva M., Rodriguez A., Lopes N. Keggin Heteropolyacid Salt Catalysts in Oxidation Reactions: A Review // *Inorganics.* – 2023. – Vol. 11. – N 4. – pp. 162-175.

8. Knoche S., Heid M., Gora N., Ohlig D. Investigation of the acrolein oxidation on heteropolyacid catalysts by transient response methods // *Catalysis Science and Technology.* – 2020. – Vol. 10. – N 15. – pp. 5231-5244

9. Kolesnik I.G., Zhizina E.G., Matveev K.I. Molybdovanadophosphate Heteropolyacid as Catalysts for Oxidation of Alkyl Substituted Phenols and Naphthols to Corresponding Quinones // *Novosibirsk Institute of Organic Chemistry papers.* – 1998. – pp. 1-3.

10. Migliolero M., Palermo V., Vazquez P., Romanelli G. Valorization of Citrus Waste: Use in Catalysis for the Oxidation of Sulfides // *Journal of Renewable Materials.* – 2017. – Vol. 5. – N 3-4. – pp. 167-173.

11. Mizuno N., Watanabe T., Makoto M. Reduction-Oxidation and Catalytic Properties 12-Molybdophosphoric acid and its alkali salts. The role of redox carries in the bulk // *Journal of Physical Chemistry.* – 1985. – Vol. 89. – N 1. – pp. 80-85.

12. Palermo V., Martinez J., Romanelli G.R. Recent Contributions on Heteropoly Compounds as Suitable Catalysts in Selective Oxidation of Organic Substrates // *Current Organic Chemistry.* – 2023. – Vol. 14. – pp. 1230-1254.

13. Palermo V., Villabrille P., Vazquez P., Caceres C. Role of vanadium and pyridine in heteropolycompounds for selective oxidation of alcohols with hydrogen peroxide // *Journal of Chemical Sciences.* – 2013. – Vol. 125. – N 6. – pp. 1375-1383.

14. Pat. 6060419A. US. 1998. Wells-Dawson type heteropolyacids, their preparation and use as oxidation catalysts.

15. Romanelli G., Villabrille P., Caceres C., Vazquez P. Keggin heteropolycompounds as catalysts for liquid-phase oxidation of sulfides to sulfoxides/sulfones by hydrogen peroxide // *Catalysis Communications.* – 2011. – Vol. 12. – pp. 726-730.

16. Tundo P., Romanelli G., Vazquez P., Arico F. Multiphase oxidation of alcohols and sulfides with hydrogen peroxide catalyzed by heteropolyacids // *Catalysis Communications.* – 2010. – Vol. 11. – pp. 1181-1184.

17. Xinbo D., Wang D., Kebin L., Zhen Y. Vanadium-substituted heteropolyacids immobilized on amine- functionalized mesoporous MCM-41: A recyclable catalyst for selective oxidation of alcohols with H₂O₂ // *Materials Research Bulletin.* – 2014. – Vol. 57. – pp. 138-147.

18. Yang L., Qianwen Zh., Yifan Y., Zhang Zh. Polydopamine Modified Heteropolyacids Catalyst for Methacrolein Oxidation: *Organic*

Ammonia Functionalized and Regulation of Morphology // Molecular Catalysis. – 2023. – Vol. 550. – pp. 113571-113577.

19. Yehia F.Z., Elkady G.M., Mady A.H., Elnaggar E.M. Keggin heteropolyacids as an efficient catalysts for photocatalytic oxidation of aromatic aldehydes // Al-Azhar Bulletin of Science. – 2017. – Vol. 28. – N1. – pp. 67-74.

20. Zheng Y., Zhang H., Wang L., Sahojun W. Transition metal-doped heteropoly catalysts for the selective oxidation of methacrolein to methacrylic acid // Frontiers of Chemical Science and Engineering. – 2016. – Vol. 10. – pp. 139-146.

Информация об авторе

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

Information about author

N.A. Jafarova – candidate of chemical sciences, docent at the Department of «Chemistry and Technology of Inorganic Substances».

*Статья поступила в редакцию 21.12.2024; принята к публикации 18.02.2025.
The article was submitted 21.12.2024; accepted for publication 18.02.2025.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-40-48

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ БИЦИКЛО[2.2.2]-ОКТАНОВЫХ КИСЛОТ

Эльдар Гусейнгулу оглу Мамедбейли¹, Вафа Гидаят гызы Бабаева²

^{1,2}Институт нефтехимических процессов Министерства науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан, nuraybabayeva2008@gmail.com

Аннотация. Производные бицикло[2.2.2]-октановых кислот обладают широким спектром применения в различных сферах производственной деятельности. Среди таких производных особым рядом выделяются их азотсодержащие производные, в частности, амиды, нитрилы, гидразиды и другие соединения. В этой работе нами показаны основные направления и области применения азотсодержащих производных бицикло[2.2.2]-октановых кислот.

Ключевые слова: бицикло[2.2.2]октановые кислоты, циклические кислоты, области применения, азотсодержащие производные

Для цитирования: Мамедбейли Э.Г., Бабаева В.Г. Области применения азотсодержащих производных бицикло[2.2.2]-октановых кислот // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 40-48.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Eldar Huseynqulu Mammadbayli¹, Vafa Hidayat Babayeva²

^{1,2}Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, nuraybabayeva2008@gmail.com

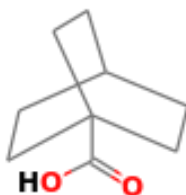
APPLICATION FIELDS OF NITROGEN CONTAIN DERIVATIVES OF BICYCLO[2.2.2]-OCTANE ACIDS

Abstract. Derivatives of bicyclo[2.2.2]-octanoic acids have a wide range of applications in various areas of industrial activity. Among such derivatives, their nitrogen-containing derivatives stand out in a special row, in particular, amides, nitriles, hydrazides and other compounds. In this work, we show the main directions and areas of application of nitrogen-containing derivatives of bicyclo[2.2.2]-octanoic acids.

Keywords: bicyclo[2.2.2]octanoic acids, cyclic acids, applications, nitrogen-containing derivatives

For citing: Mammadbayli E.H., Babayeva V.H. Application fields of nitrogen contain derivatives of bicycle[2.2.2]-octan acids // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 40-48.

Бицикло[2.2.2]октановые кислоты являются важными представителями бициклических карбоновых кислот.

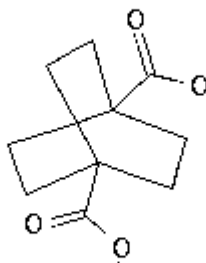


бицикло[2.2.2]-октан-1-карбоновая кислота

Они находят различное применение в органическом синтезе и нефтехимической промышленности. Так, в работе [7] сообщается, что кислотность 3- и 4-замещенных бициклооктан-1-карбоновых кислот и 3-замещенных бицикло[1.1.1]пентан-1-карбоновых кислот была рассчитана на теоретическом уровне MP2/6-311++G**. Существует хорошее согласие между рассчитанной и наблюдаемой кислотностью газовой фазы. Было обнаружено, что кислотность 4-замещенных бициклооктановых кислот линейно зависит от диполей связи C-X, как и ожидалось из эффекта поля. Заместители оказали незначительное влияние на электронную плотность при C1. Разница в кислотности между 4-хлорбицикло[2.2.2]октан-1-карбоновой кислотой и исходной кислотой (6,2 ккал/моль) воспроизводится обработкой Кирквуда-Вестхаймера влияния заместителей на кислотность, но только если бициклооктановому кольцу задана эффективная диэлектрическая проницаемость, равная единице. Кислотности 3-замещенных бициклооктановых кислот линейно связаны с соответствующими 4-замещенными кислотами с наклоном 0,9. Кислотности 3-замещенных бицикло[1.1.1]пентан-1-карбоновых кислот линейно связаны с диполями связи C-X для этой кольцевой системы (которые отличаются от таковых для бициклооктанов), и они также линейно связаны с

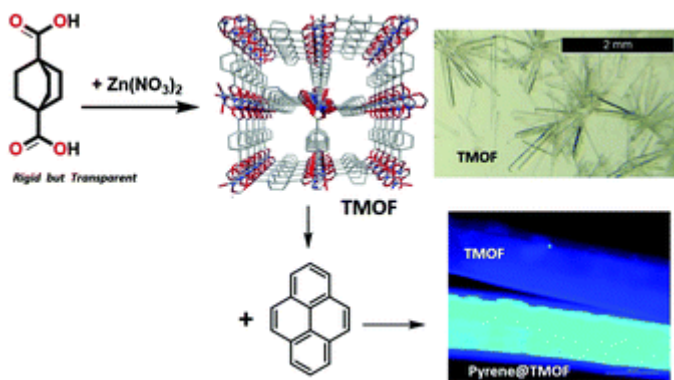
кислотностью 4-замещенных бицикло[2.2.2]октанкарбоновых кислот с наклоном 1,34. Большой наклон обусловлен меньшим расстоянием мостик-мост в бициклопентановом кольце, чем в бицикло[2.2.2]октане.

Азотсодержащие производные этой кислоты на примере амидов были синтезированы еще в середине прошлого столетия [10]. Известна также дикарбоновая кислота бицикло[2.2.2]-октанового ряда.



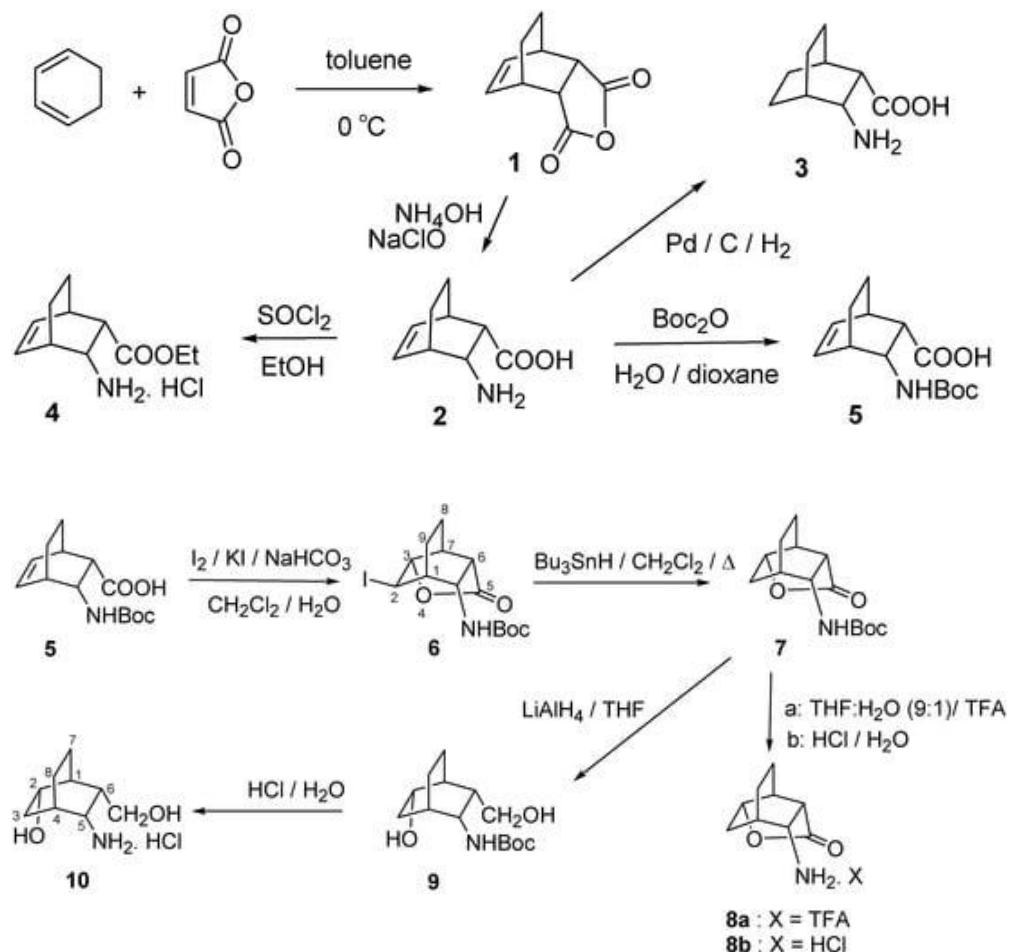
бицикло[2.2.2]-октан-1,4-дикарбоновая кислота

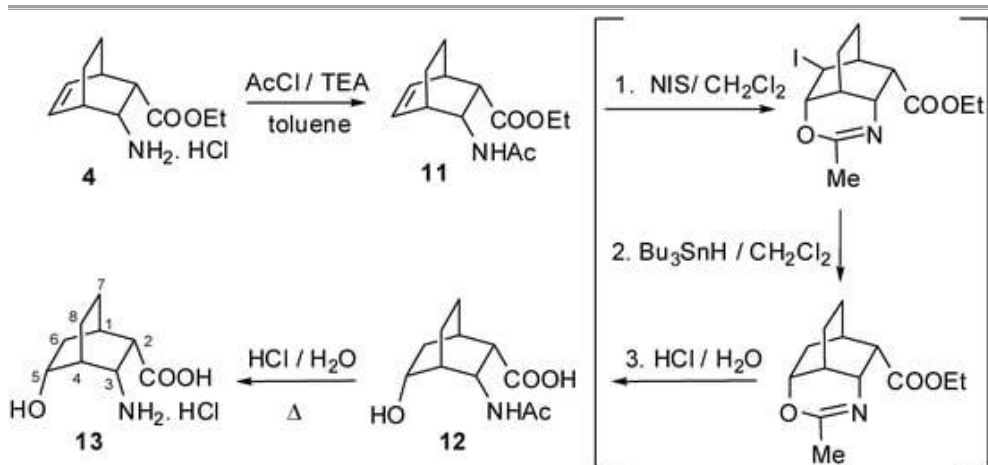
Ее производные были практически использованы в работе [8]. Отмечается, что подготовка прозрачных пористых материалов может предложить другой подход к изучению молекул в твердом ограниченном пространстве. Металлоорганические каркасы представляют уникальную возможность благодаря регулируемому размеру пор, однако ароматические линкеры демонстрируют сильное поглощение и снижают прозрачность. В этой работе авторы сообщают о первом примере MOF с бициклическими органическими дикарбоксильными линкерами и его использовании в качестве твердого растворителя.



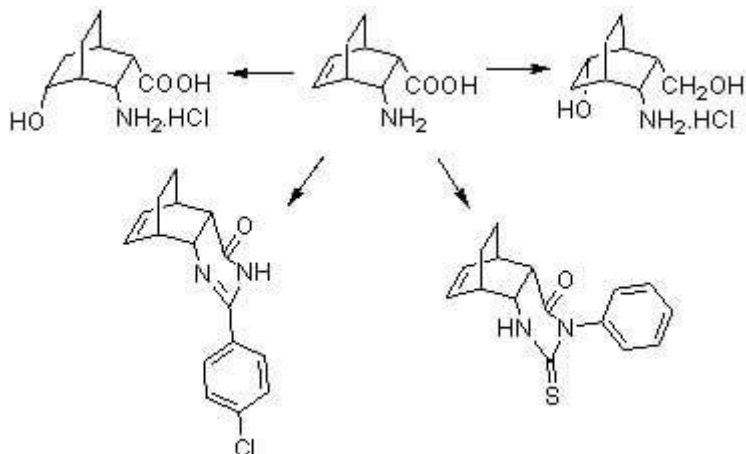
all-endo-3-Амино-5-гидоксибицикло[2.2.2]октан-2-карбоновая кислота (13) и *all-endo*-5-амино-6-(гидроксиметил)бицикло[2.2.2]октан-2-ол (10) были получены через дигидро-1,3-оксазиновые или γ -лактонные промежуточные соединения

путем стереоселективной функционализации N-защитного производного эндо-3-аминобицикло[2.2.2]окт-5-ен-2-карбоновой кислоты (2) [6]. Замыкание кольца β-аминоэфира 4 привело к трициклическим пиримидинонам 15 и 16. Структуры, стереохимия и относительные конфигурации синтезированных соединений были определены с помощью ИК и ЯМР.





В общем виде исследования авторов этой статьи можно представить в следующем виде:

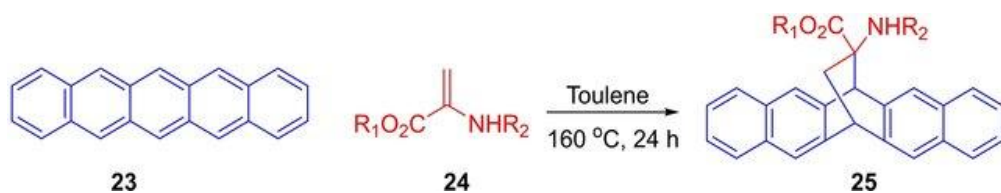


Цель работы [3] состоит в разработке универсальных платформ с высококонтролируемым химическим трехмерным пространством благодаря контролируемой хиральности и конформационным ограничениям. В этом отношении циклические β-аминокислоты представляют большой интерес с точки зрения применения в различных областях химии. Помимо внутренних биологических свойств, они являются важными предшественниками для синтеза новых поколений биоактивных соединений, таких как антибиотики, ингибиторы ферментов и противоопухолевые агенты. Они также были вовлечены в асимметричный синтез в качестве эффективных органокатализаторов в их свободной форме и в качестве производных. Наконец, ограниченные циклические β-аминокислоты были включены в олигомеры для успешной стабилизации исходных структур в науке о фолдамерах с недавними успехами в здравоохранении, материаловедении и катализе. За последние ~10 лет мы сосредоточились на бициклических β-аминокислотах, обладающих

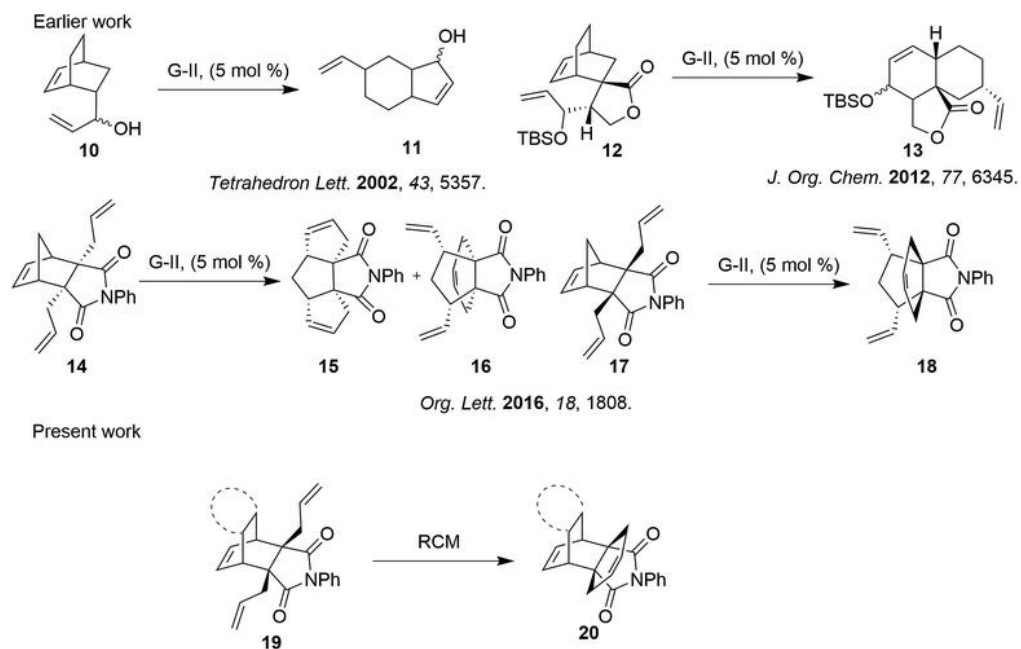
бицикло[2.2.2]октановой структурой. Последняя является структурным ключевым элементом в многочисленных семействах биологически активных природных и синтетических продуктов и представляет собой интересный шаблон для асимметричного синтеза. Тем не менее, сообщенные исследования бициклических карбо-мостиковых соединений довольно ограничены по сравнению с исследованиями бициклически-конденсированных и гетеро-мостиковых производных. В этой работе авторы особенно сосредоточились на синтезе и применении 1-аминобицикло[2.2.2]октан-2-карбоновой кислоты, называемой АВОС, и ее производных. Эта сильно ограниченная бициклическая β -аминокислота со стерически затрудненным первичным амином мостика и эндоциклическим хиральным центром демонстрирует резко сниженную конформационную свободу. Кроме того, ее высокая объемность сильно влияет на пространственную ориентацию присоединенных функциональных групп и конформацию соседних строительных блоков.

Таким образом, авторы впервые расширили фундаментальную синтетическую работу путем широкомасштабного исследования в области фолдамеров, в разработке различных стабильных пептидных/пептидомиметических спиральных структур, включающих остаток АВОС (11/9-, 18/16-, 12/14/14- и 12/10-спирали). Кроме того, такой бициклический остаток был полностью совместим с канонической олигомочевинной спиралью и стабилизировал ее, тогда как очень мало циклических β -аминокислот было включено в олигомочевины. Кроме того, мы продолжили синтез некоторых производных АВОС, в частности 1,2-диаминобицикло[2.2.2]октан хирального диамина, названного DABO, и его исследование в хиральной каталитической системе. Ковалентный органокатализ альдольной реакции с использованием АВОС, содержащих трипептидные катализаторы, обеспечил ряд альдольных продуктов с высокой энантиоселективностью. Более того, двойная восстановительная конденсация DABO с различными альдегидами позволила создать новые хиральные лиганды, которые доказали свою эффективность в катализируемой медью асимметричной реакции Генри.

В работе [9] авторы сообщают о различных необычных производных аминокислот, содержащих бицикло[2.2.2]октановую единицу через реакцию Дильса-Альдера (Д-А) как ключевой шаг. Реакция Д-А проводилась с пентаценом в качестве диена, а различные диненофилы, используемые здесь, получены путем дегидратации производных серина.



Обсуждаются реакции бицикло[2,2,2]октан-2,6-дилактона как с кислотой, так и с основанием [5]. Приводятся доказательства стабильных у-лактонов в ряду бицикло[2,2,2]октан-2,6-карболактонов. Эпимеризация альфа в затрудненные кислотные группы происходит в условиях ацетилирования для снятия стерического напряжения в этой системе.



Синтез новых 3-(ариламино)-5,8-диарил-1-гидрокси-N2,N6-дифенилбицикло[2.2.2]окт-2-ен-2,6-дикарбоксамидов в одном реакторе с хорошим выходом был осуществлен с помощью многокомпонентной реакции ароматических альдегидов, замещенных анилинов и ацетоацетанилида с использованием нитрата висмута в качестве катализатора [4].



Разработан короткий и эффективный синтез бицикло[2.2.2]октан-1,4-дикарбоновой кислоты, включающий образование семикарбазона, и описан воспроизводимый метод для восстановления этого семикарбазона [11]. Использование микроволн значительно сокращает продолжительность последовательности до дикислоты по сравнению с ранее описанным синтетическим методом. Кроме того, переход от использования больших количеств никеля Ренея к твердофазному процессу значительно улучшает как безопасность, так и стоимость.

Синтез и изучение свойств бицикло[2.2.2]-октандикарбоновых кислот и их азотсодержащих производных также описано в работах [1, 2].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Carman R., Smith S. Derivatives of Bicyclo[2,2,2]octane-2,6:3,5-dicarbonylactone // *Australian Journal of Chemistry*. – 1981. – Vol. 34. – pp. 1285-1294.
2. Clements J. Convenient Synthesis of Bicyclo[2.2.2]-octane-trans-2,3-dicarboxylic Acid // *J. Org. Chem.* – 1961. – Vol. 26. – N 7. – pp. 2595-2597.
3. Gein V.L., Yankin A.N., Nosova N.V., Dmitriev M.V. One-pot multicomponent synthesis of highly substituted bicyclo[2.2.2]octane derivatives using bismuth nitrate as a catalyst // *Tetrahedron Letters*. – 2016. – Vol. 57. – N 22. – pp. 2441-2444.
4. Kotha S., Gaikwad V. Synthesis of Unusual Amino Acid Derivatives Containing Bicyclo[2.2.2]octane Unit by the Diels-Alder Approach Involving Pentacene // *ChemistrySelect*. – 2022. – Vol. 7. – N 22. – pp. 1114-1117.
5. Liabres-Campaner P.J., Pitarch-Jarque J., Ballesteros-Garrido R., Abarca B. Bicyclo[2.2.2]octane-1,4-dicarboxylic acid: towards transparent metal-organic frameworks // *Dalton Transactions*. – 2017. – Vol. 46. – N 23. – pp. 7397-7402.

6. Marquer N., Laurent M., Martel A. A Practical and Cost-Effective Method for the Synthesis of Bicyclo[2.2.2]octane-1,4-dicarboxylic Acid // Synthesis. – 2015. – Vol. 47. – N 15. – pp. 2185-2187.
7. Milbeo P., Martinez J., Amblard M., Calmes M. 1-Aminobicyclo[2.2.2]octane-2-carboxylic acid and derivatives as chiral constrained bridged scaffolds for foldamers and chiral catalysts // Accounts of Chemical Research. – 2021. – Vol. 54. – N 3. – pp.685-696.
8. Palko M., Sohar P., Fulop F. Synthesis and Transformations of di-endo-3-Aminobicyclo-[2.2.2]oct-5-ene-2-carboxylic Acid Derivatives // Molecules. – 2011. – Vol. 16. – N 9. – pp. 7691-7705.
9. Pat. 2970252B1. EP. 2014. Substituted 2-aza-bicyclo[2.2.2]octane-3-carboxylic acid (benzyl-cyano-methyl)-amides inhibitors of cathepsin.
10. Roberts J.D., Moreland W., Frazer W. Syntheses of Some 4-Substituted Bicyclo [2.2.2]octane-1-carboxylic Acids // J. Amer. Chem. Soc. – 1953. – Vol. 75. – N 3. – pp. 637-640.
11. Wiberg K. Substituent Effects on the Acidity of Weak Acids. 1. Bicyclo[2.2.2]octane-1-carboxylic Acids and Bicyclo[1.1.1]pentane-1-carboxylic Acids // Journal of Organic Chemistry. – 2002. – Vol. 67. – N 5. – pp. 1613-1617.

Информация об авторах

Э.Г. Мамедбейли – доктор химических наук, зав. лабораторией «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО;

В.Г. Бабаева – кандидат химических наук, стар. н.с. лаборатории «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО.

Information about the author

E.H. Mammadbayli – doctor of chemical sciences, head of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES;

V.H. Babayeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan.

Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации 01.02.2025.

The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication 01.02.2025.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.563.13:66.095.1

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-49-56

СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХЛОРФЕНОЛОВ

*Айтакин Халидшах гызы Мовсумова¹, Чингиз Князь оглу
Расулов², Гюльшан Джаббар гызы Гасанова³, Гюнай Заман
гызы Гейдарли⁴*

*^{1,2,3,4}Институт Нефтехимических процессов Министерства
науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан,
gulwen.hesenova@inbox.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований в области синтеза, изучения свойств и областей применения монозамещенных хлорфенолов. Отмечены наиболее важные процессы получения хлорфенолов и показаны механизмы некоторых реакций, а также роль катализаторов в этих реакциях. Также сообщаются основные свойства хлорфенолов, их токсичность и методы деградации.

Ключевые слова: хлорфенолы, замещение в фенольном ряду, орто-, мета- и пара-заместители, фенолы

Для цитирования: Мовсумова А.Х., Гасанова Г.Д., Расулов Ч.К., Гейдарли Г.З. Синтез, свойства и области применения хлорфенолов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 49-56.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

*Aytakin X. Movsumova¹, Chingiz Q. Rasulov², Gulshen
D. Gasanova³, Gunay Z. Heydarli⁴*

*^{1,2,3,4}Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science
and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,
gulwen.hesenova@inbox.ru*

SYNTHESIS, PROPERTIES AND FIELD OF APPLICATIONS OF CHLOROPHENOLS

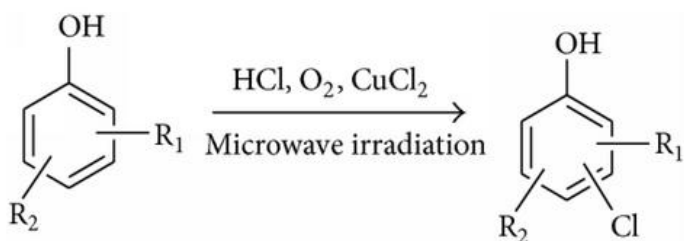
Abstract. The article presents the results of research in the field of synthesis, study of properties and areas of application of monosubstituted chlorophenols. The most important processes of obtaining chlorophenols are noted and the mechanisms of some reactions, as well as the role of catalysts in these reactions, are shown. The main properties of chlorophenols, their toxicity and degradation methods are also reported.

Keywords: chlorophenols, substitution in the phenolic series, ortho-, meta- and para-substituents, phenols

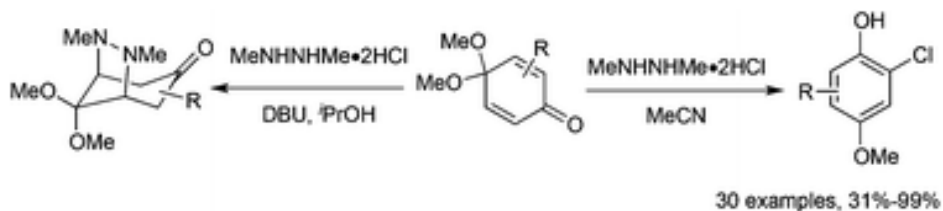
For citing: Movsumova A.X., Gasanova G.D., Rasulov Ch.Q., Heydarli G.Z. Synthesis, properties and fields of application of chlorophenols // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 49-56.

Хлорфенолы обычно получают электрофильным галогенированием фенола хлором. Большинство хлорфенолов твердые при комнатной температуре. Они имеют сильный, медицинский вкус и запах. Хлорфенолы обычно используются в качестве пестицидов, гербицидов и дезинфицирующих средств. Нами рассмотрены некоторые способы получения монозамещенных хлорфенолов. Так, в одном из ранних патентов [12] описан способ получения изомерно чистых *орто*-хлорзамещенных фенолов путем дегидрохлорирования алициклического кетона следующей общей формулы в присутствии азотсодержащего катализатора в интервале температур 100-250⁰С.

Оксихлорирование различных фенолов завершается за 60 минут с высокой эффективностью и идеальной селективностью при микроволновом облучении [6]. В этих реакциях в качестве катализатора используется хлорид меди(II) (CuCl₂), а в качестве источника хлора – соляная кислота вместо дорогих и токсичных. Оксихлорирование фенолов, замещенных электронодонорными группами (метил, метоксил, изопропил и т. д.) в *орто*- и *мета*-положениях, осуществляется с более высокими скоростями конверсии, меньшим временем реакции и превосходной селективностью. Выведен предлагаемый механизм реакции: один электрон переходит от CuCl₂ к фенолу с последующим образованием таутомерного радикала, который может быть быстро захвачен атомом хлора и превращается в *пара*-замещенный продукт.



Неожиданное нуклеофильное хлорирование хинона монокетала при проведении синтеза пирасолидина привело к синтезу полизамещенных производных фенольного ряда [21]. Авторы использовали растворители протонного типа и проводили реакцию по схеме, указанной ниже:



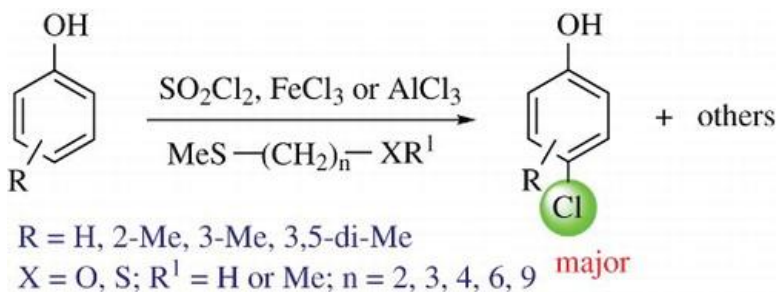
Синтезу хлорфенолов также посвящены работы [8,9,10,14, 15]. Удаление токсичных веществ из сточных вод с использованием недорогих альтернатив активированному углю является важным направлением в науках об окружающей среде. Были предприняты усилия по превращению красного шлама, отходов алюминиевой промышленности, в недорогой потенциальный адсорбент, а конечный материал использовался для удаления фенола, 2-хлорфенола, 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола из сточных вод [23]. Уместно отметить, что фенол и хлорфенолы являются высококанцерогенными и приоритетным классом загрязняющих веществ, которые необходимо удалять из сточных вод перед сбросом в водоемы. 2,4-дихлорфенол и 4-хлорфенол сорбируются разработанным адсорбентом до 94–97%, тогда как удаление 2-хлорфенола и фенола составило до 50–81%. Удаление фенолов и их производных достигалось до 98% с помощью колоночных экспериментов при скорости потока 0,5 мл/мин. Порядок удаления был следующим: 2,4-дихлорфенол > 4-хлорфенол > 2-хлорфенол > фенол, и удаление происходит посредством механизма диффузии частиц. Было обнаружено, что адсорбция имеет эндотермическую природу и следует как моделям Ленгмюра, так и моделям Фрейндлиха. Оценка фенолов проводилась с помощью капиллярного электрофореза, и адсорбент был успешно опробован для удаления хлорфенолов из сточных вод. Разработанный процесс очень полезен, экономичен, быстр и воспроизводим для удаления фенолов.

В обзоре [16] обновлены знания о хлорфенолах, их химических реакциях и превращениях в природной среде, а также факторах, влияющих на кинетику и механизмы этих процессов. Также обсуждается влияние Ph среды и структуры молекул (а также числа атомов хлора и их положения в молекуле) на поведение этих соединений в природной среде. Кроме того, представлены и

обсуждаются пути распространения хлорфенолов в природной среде на фоне их физических и химических свойств, которые влияют на скорость распространения в экосистемах.

Хлорированные гидрохиноны биологического происхождения полностью дехлорируются до 1,4-дигидрохинона анаэробными бактериями, такими как *Desulfitobacterium spp.* В настоящем исследовании [17] было обнаружено, что смешанные микробные сообщества из осадка гавани Балтимор и чистая культура штамма *Desulfitobacterium sp. PCE1* деметилируют, восстановительно дегидроксилируют и дехлорируют хлорированные гидрохиноны в хлорфенолы. Смешанные микробные культуры из пресноводного источника и несколько других десульфитобактерий в чистой культуре не выполняли эти реакции. *Desulfitobacterium sp. Штамм PCE1* расщепляет 2,3,5,6-тетрахлор-4-метоксифенол, метаболит базидиальных грибов, до 2,3,5,6-тетрахлорфенола и 2,3,5-трихлорфенола – стойких соединений, которые в основном синтезируются антропогенно.

Различные метилтиоспирты, метокси(метилтио)алканы и бис(метилтио)алканы использовались в качестве модификаторов региоселективности в реакциях хлорирования различных фенолов при комнатной температуре [24]. Процесс включает использование небольшого избытка сульфурилхлорида в присутствии алюминия или хлорида железа в качестве активатора. Было обнаружено, что метилтиоспирты, метокси(метилтио)алканы и бис(метилтио)алканы, имеющие 2 и 3 метиленовые группы в качестве спейсера, хороши для параселективного хлорирования *o*-крезола и фенола. С другой стороны, было обнаружено, что метилтиоспирты, метокси(метилтио)алканы и бис(метилтио)алканы, имеющие 6 и 9 метиленовых групп, хороши для селективного *para*-хлорирования *m*-ксиленола и *m*-крезола. Расчеты с использованием теории функционала плотности для бис(метилтио)алканов позволили предположить наличие двух различных типов стабильных хлорированных промежуточных соединений в зависимости от числа метиленовых звеньев в качестве спейсера.



Загрязнение 4-хлорфенолом является существенной экологической проблемой [20]. В этой работе был синтезирован порошкообразный активированный уголь, модифицированный аминогруппами, и исследована его эффективность в удалении 4-хлорфенолов из водных сред. Методология поверхности отклика (RSM) и центральный композитный дизайн (CCD) использовались для исследования влияния различных параметров, включая pH, время контакта, дозировку адсорбента и начальную концентрацию 4-хлорфенола, на эффективность удаления 4-хлорфенола. Подход RSM-CCD был реализован в программном обеспечении R для проектирования и анализа экспериментов. Статистический дисперсионный анализ (ANOVA) использовался для описания роли влияющих параметров в отклике. Изотермические и кинетические исследования проводились с тремя моделями изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина и четырьмя моделями псевдопервого порядка, псевдвторого порядка, Эловича и внутричастичной кинетики как в линейной, так и в нелинейной формах. Синтезированный адсорбент был охарактеризован с помощью рентгеновской дифракции (XRD), инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) и сканирующей электронной микроскопии (SEM). Результаты показали, что синтезированный модифицированный активированный уголь имел максимальную адсорбционную емкость 316,1 мг/г и продемонстрировал высокую эффективность в удалении 4-хлорфенолов. Оптимальными условиями для наивысшей эффективности удаления были дозировка адсорбента 0,55 г/л, время контакта 35 мин, начальная концентрация 4-хлорфенола 110 мг/л и pH 3. Термодинамическое исследование показало, что процесс адсорбции был экзотермическим и спонтанным. Синтезированный адсорбент также продемонстрировал отличную возможность повторного использования даже после пяти последовательных циклов. Эти результаты демонстрируют потенциал модифицированного активированного угля как эффективного метода удаления 4-хлорфенолов из водных сред и внесения вклада в разработку устойчивых и эффективных технологий очистки воды. Фотокаталитическая деградация 4-хлорфенола (4-CP) была осуществлена в присутствии наночастиц TiO_2 , легированных Cu-MoO_4 , под видимым световым излучением в водном растворе [4]. Приготовленные катализаторы на основе оксида титана (4) были исследованы современными физико-химическими методами анализа. Показано, что при значении водородного показателя равном 9 и продолжительности 3 ч. наблюдалась максимальная эффективность фотокатализатора, которая составила 96,9%. Свойства хлорфенолов и

их применение в различных сферах также сообщались в работах [22, 1, 5, 19, 7, 11].

В статье [13] представлены: приготовление, характеристика и оценка гетерогенных катализаторов на основе титана на основе мезопористого кремнезема для фотодеградациии хлорфенолов в водном растворе. Для более экономичного применения серия кремнезёмов, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ и $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ приготовлены с использованием линейной алкилбензолсульфоновой кислоты в качестве нового структурообразующего агента. Два образца Ti-Al-SiO_2 были приготовлены прямым синтезом с использованием различных источников титана. Приготовленные образцы характеризуются сочетанием различных физико-химических методов, таких как XRD, физическая адсорбция N_2 , FT-IR, УФ-видимая область, СЭМ и ТЭМ. Приготовленные мезопористые материалы применяются в присутствии УФ-облучения для фотодеградациии хлорфенолов как загрязняющих веществ в воде. Результаты показывают, что процесс фотодеградациии 4-хлорфенола (4-CP) завершается в течение 40 мин, в то время как для 2-хлорфенола (2-CP) он достигает 67,3% в течение 130 мин. Более того, виды прекурсоров титана и дозировка катализатора (0,1-0,4 г/л) влияют на фотокаталитическую активность приготовленных катализаторов для деградации 2-хлорфенола. Наконец, концентрация ацетатных и хлоридных ионов, образующихся в процессе деградации, также может влиять на активность приготовленных катализаторов. Показаны области применения хлорфенолов в различных сферах производственной деятельности [2,3,18].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ashaduzzaman M., Saha D., Manoranjan S. Synthesis of 2-Cycloalkyl-4-chlorophenols // Dhaka Univ. J. Sci. – 2012. – Vol. 60. – N 2. – pp. 199-202.
2. Bohlmann F., Knauf W., Misra L. Structure and synthesis of chlorophenol derivatives from *helichrysum* species // Tetrahedron. – 1984. – Vol. 40. – N 23. – pp. 4987-4989.
3. Betiha M., Sawsan M., Menoufy M., Sabagh A. One-pot template synthesis of Ti-Al-containing mesoporous silicas and their application as potential photocatalytic degradation of chlorophenols // Applied Catalysis B: Environment and Energy. – 2011. – Vol. 107. – Is sue 3-4. – pp. 316-326.
4. Czaplicka M. Sources and transformations of chlorophenols in the natural environment // Science of the Total Environment. – 2004. – Vol. 322. – pp. 21-39.
5. Ghorai T. Photocatalytic Degradation of 4-chlorophenol by CuMoO_4 -doped TiO_2 Nanoparticles Synthesized by Chemical Route // Open Journal of Physical Chemistry. – 2011. – Vol. 1. – N 2. – p. 182-190.

6. Gupta V.K., Ali I., Saini V.K. Removal of Chlorophenols from Wastewater Using Red Mud: An Aluminum Industry Waste // Environmental Science and Technology. – 2004. – Vol. 38. – N 14. – pp. 4012-4018.

7. Gyori E., Keskkemeti A., Fabian I., Szarka M. Environment-Friendly Catalytic Mineralization of Phenol and Chlorophenols with Cu- and Fe- Tetrakis(4-aminophenyl)-porphyrin—Silica Hybrid Aerogels // Gels. – 2022. – Vol. 8. – N 4. – pp. 202-209.

8. Lehmler H-J., Xianran H., Li X., Duffel M. Effective synthesis of sulfate metabolites of chlorinated phenols // Chemosphere (Oxford). – 2013. – Vol. 93. – N 9. – pp. 1965-1971.

9. Martins T.F., Marques R., Nunes E.S., Moreto I.A. Synthesis of metallic iron nanoparticles and their use in 4-chlorophenol dehalogenation // 22-th CBECiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. – 2016. – Brasil. – pp. 1-8.

10. Marzouqi F., Ismail K., Kezhen Q. Microwave Assisted Synthesis of CdS Sub-microspheres for Degradation of Chlorophenols under Solar Light Irradiation // Russian Journal of Physical Chemistry. – 2019. – Vol. 93. – N 11. – pp. 2167-2173.

11. Michalowicz J. The Occurrence of Chlorophenols, Chlorocatechols and Chlorinated Methoxyphenols in Drinking Water of the Largest Cities in Poland // Pol. J. Environm. Stud. – 2005. – Vol. 14. – N 3. – pp. 327-333.

12. Milliken C., Meier G.P., Sowers K.R., May H.D. Chlorophenol Production by Anaerobic Microorganisms: Transformation of a Biogenic Chlorinated Hydroquinone Metabolite // Appl. Environm. Microbiol. – 2004. – Vol. 70. – N 4. – pp. 2494-2496.

13. Mingyang L., Yang X., Dyson P. Chlorination of arenes via the degradation of toxic chlorophenols // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2022. – Vol. 119. – N 21. – pp. 119-126.

14. Mitin V.V., Trushina E., Prokhorova P.E., Morzherin Y.Y. Chlorophenols in organic synthesis // Chimica Techno Acta. – 2016. – Vol. 3. – N 3. – pp. 164-192.

15. Nguyen Y., Thuan N., Phan T., Truong T. Facile synthesis of carbon supported ternary nickel-cobalt-iron nanocatalyst for the hydrodechlorination of 2-chlorophenol // Science and Technology Development Journal. – 2024. – Vol. 27. – N 1. – pp. 197-202.

16. Pat. 3891717A. US. 1974. Preparation of O-chlorophenols.

17. Pat. 3484491A. US. 1966. Method for manufacturing *para*-chlorophenol.

18. Patterson J.W. The Alder-Rickert reaction in the synthesis of m-chlorophenols and 4-chloromicrophenolic acid // J. Org. Chem. – 1995. – Vol. 60. – pp. 560-563.

19. Smith K., El-Hiti G. Development of Efficient and Selective Processes for the Synthesis of Commercially Important Chlorinated Phenols // *Organics*. – 2021. – N 3. – pp. 142-160.

20. Smith K., Al-Zuhairi A., Elliot M., El-Hiti G. Regioselective synthesis of important chlorophenols in the presence of methylthioalkanes with remote SMe, OMe or OH substituents // *Journal of Sulfur Chemistry*. – 2018. – Vol. 39. – N 6. – pp. 607-621.

21. Tazik M., Dehghani M., Yaghmaeian K., Nazmara Sh. 4-Chlorophenol adsorption from water solutions by activated carbon functionalized with amine groups: response surface method and artificial neural networks // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13. – pp. 7831-7836.

22. Xiong Y., Hongdong D., Meng x., Ding Zh. Highly Selective Synthesis of Chlorophenols under Microwave Irradiation // *Journal of Chemistry*. – 2016. – N 3. – pp. 21-28.

23. Zhiwei Y., Zhang J., Jing W., Green R. Synthesis of O-chlorophenols VIA an unexpected nucleophilic chlorination of quinone monoketals mediated by N,N'-dimethylhydrazine dihydrochloride // *Organic and Biomolecular Chemistry*, - 2014. – Vol. 12. – N 18. – pp. 2854-2858.

24. Zikherman K.Kh., Kalabina A.V. Synthesis of some polychloroethyl ethers of phenol and chlorophenols // *Bulletin of the Academy of Sciences of USSR. Division of chemical sciences*. – 1965. – Vol. 14. – pp. 1213-1215.

Информация об авторах

А.Х. Мовсумова – докторант лаборатории «Химия и технология циклоалкилфенолов» ИНХП МНО;

Г.Д. Гасанова – кандидат химических наук, ведущий н.с. лаборатории «Химия и технология циклоалкилфенолов» ИНХП МНО;

Ч.К. Расулов – доктор химических наук, профессор, заведующий лаборатории «Химия и технология циклоалкилфенолов» ИНХП МНО;

Г.З. Гейдарли – докторант, стар н. с. лаборатории «Химия и технология циклоалкилфенолов» ИНХП МНО.

Information about the author

A.X. Movsumova – doctoral student лаборатории «Химия и технология циклоалкилфенолов» ИНХП МНО Азербайджана;

G.D. Gasanova – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Chemistry and technology of cycloalkylphenols" IPCP MES of Azerbaijan;

Ch. Q. Rasulov – doctor of chemical sciences, professor, head of laboratory "Chemistry and technology of cycloalkylphenols" IPCP MES of Azerbaijan;

G.Z. Heydarli – doctoral student, leading researcher of laboratory "Chemistry and technology of cycloalkylphenols" IPCP MES of Azerbaijan.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации 05.02.2025.
The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication 05.02.2025.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.563.13:66.095.1

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-58-68

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Минавар Дж. Ибрагимова¹, Зиярат Наги гызы Пашаева²

*^{1,2}Институт нефтехимических процессов Министерства науки
и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан
ziyarechem@gmail.com*

Аннотация. Ионные жидкости представляют собой органические соединения, состоящие, как правило, исключительно из ионов. Они обладают рядом специфических свойств, что обуславливает их широкое применение в различных сферах производственной деятельности. Среди большого разнообразия ценных свойств этих соединений особо следует отметить наличие их высокой биологической активности, что подтверждается многочисленными литературными сообщениями. В этой работе нами проделан анализ результатов исследований в области изучения биологической активности ионных жидкостей

Ключевые слова: ионные жидкости, биологическая активность, минимальная ингибирующая концентрация, патогенные бактерии и грибы

Для цитирования: Ибрагимова М.Дж., Пашаева З.Н. Биологически активные свойства ионных жидкостей // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 58-68.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

BIOLOGICALLY ACTIVE PROPERTIES OF IONIC LIQUIDS

Minavar J. Ibrahimova¹, Ziyarat Nagi Pashayeva²

*^{1,2}Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and
Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
ziyarechem@gmail.com*

Abstract. Ionic liquids are organic compounds consisting, as a rule, exclusively of ions. They have a number of specific properties, which makes them widely used in various fields of industrial activity. Among the wide variety of valuable properties of these compounds, especially noteworthy is the presence of their high biological activity, which is confirmed by numerous literature reports. In this work, we analyzed the results of research in the field of studying the biological activity of ionic liquids

Key words: ionic liquids, biological activity, minimum inhibition concentration, pathogen bacteria and fungi

For citing: Ibrahimova M.J., Pashayeva Z.N. Biologically active properties of ionic liquids // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 58-68.

Ионные жидкости представляют собой уникальные химические соединения, находящие применение во многих областях современной науки. Благодаря своей легко настраиваемой природе и исключительным свойствам ионные жидкости стали важными синтонами в области синтеза и катализа, экстракции, электрохимии, аналитики, биотехнологии и т. д. Помимо особых физических и химических свойств ионных жидкостей, была доказана их высокая биологическая активность, что привлекло значительное внимание биохимиков, экологов и ученых-медиков. Так, обзорная работа [17] посвящена биологической активности ионных жидкостей с особым акцентом на их потенциальное применение в фармацевтике и медицине. Накопленные данные о биологической активности ионных жидкостей, в том числе об их антимикробных и цитотоксических свойствах, обсуждаются с точки зрения возможного применения в синтезе лекарств и системах доставки лекарств. Особое внимание уделено новой концепции активного фармацевтического ингредиента – ионной жидкости (API-IL), которая предполагает использование традиционных лекарственных средств в виде разновидностей ионной жидкости. Основная цель данного обзора — привлечь широкую аудиторию ученых-химиков, биологов и медиков к изучению преимуществ фармацевтических препаратов с ионными жидкостями.

Сообщается [4], что ионные жидкости (ИЖ), или расплавленные соли, представляют собой нелетучие и негорючие органические вещества, которые состоят из асимметричных катионов (имидазолия, пиридиния, пиперидиния, пирролидиния, четвертичного аммония, четвертичного фосфония и т.д.) и слабокоординирующихся анионов (галогенидов, тетрафторбората, гексафторфосфата, бис(трифторметилсульфонил)амида, ацетата и т.д.) и имеют низкие температуры плавления. Благодаря самоорганизации своих ионов ИЖ демонстрируют нано- и микрогетерогенное структурное упорядочение.

Такие уникальные структурные особенности, по-видимому, определяют специфические растворяющие свойства ИЖ, которые находят применение во многих научных областях, от катализа и синтеза до электрохимии и биохимии. Огромное количество возможных комбинаций катионов и анионов предполагает возможность целенаправленной «настройки» свойств ИЖ.

Уникальные свойства ИЖ, такие как структурная настраиваемость, хорошая растворимость, химическая/термическая стабильность, благоприятная биосовместимость и простота приготовления, привели к широкому спектру применений в фармацевтической и биомедицинской областях. ИЖ могут не только ускорить процесс химической реакции, улучшить выход и снизить загрязнение окружающей среды, но и решить многие проблемы в области медицины, такие как плохая растворимость лекарств, нестабильность кристаллов продукта, плохая биологическая активность и низкая эффективность доставки лекарств [1]. В этой статье представлен систематический и краткий анализ последних достижений и дальнейших применений ИЖ в фармацевтической области с точки зрения синтеза лекарств, анализа лекарств, солюбилизации лекарств и инженерии кристаллов лекарств. Кроме того, в ней исследуется биомедицинская область, охватывающая такие аспекты, как носители лекарств, стабилизация белков, противомикробные препараты и биоактивные ионные жидкости.

Устойчивость к противомикробным препаратам (AMR) является предметом растущей обеспокоенности человечества, вызванной в основном чрезмерным и неправильным использованием противомикробных препаратов, несоблюдением антимикробных схем и методов лечения, а также ограниченным количеством новых препаратов, разрабатываемых для замены тех, которые стали неэффективными [2]. Помимо смерти и инвалидности, тяжелая болезнь приводит к длительному пребыванию в больнице и, следовательно, финансовым проблемам для тех, кто вовлечен, при этом ее общие экономические издержки являются значительными. Неадекватные условия, такие как отсутствие чистой воды, санитарии и методов профилактики и контроля, еще больше способствуют распространению патогенов, которые могут быть устойчивы к лечению. Без эффективных противомикробных препаратов успех современной медицины в лечении инфекций, вызванных патогенами, устойчивыми к лекарствам, будет под повышенным риском. Стратегии борьбы с AMR включают синтез, характеристику и оценку новых соединений с использованием новых подходов, таких как комбинированная антибиотико-адьювантная терапия. Адьюванты могут улучшить действие уже одобренных антибактериальных препаратов в отношении бактерий с множественной лекарственной устойчивостью либо за счет

снижения воздействия и появления резистентности, либо за счет усиления антибактериального эффекта. Литература также поддерживает использование ИЖ и группы однородных материалов на основе твердых солей (ГУМБО) в качестве альтернатив, которые могут решить некоторые проблемы, возникающие при традиционной комбинированной терапии. Они позволяют исследовать изменения в химических структурах в качестве альтернативной терапии, состоящей из одной молекулы, а не из нескольких непрореагировавших фрагментов. За последнее десятилетие ионные жидкости и органические соли из активных фармацевтических ингредиентов изучались в AMR Panogramic, демонстрируя сильную активность широкого спектра в отношении нескольких резистентных штаммов бактерий. Катионы, обычно используемые в ИЖ, основаны на имидазолии, аммонии, бензалкони, бензетонии, фосфонии, пиридинии, пирролидинии, пиперидинии, пиперазинии, азепании, морфолинии, хинолинии, 1–10-фенантролинии, гуанидинии, холинии, коммерческих антибактериальных средствах и антисептиках. Еще одной революционной терапией для борьбы с AMR является нанотехнология, которая может контролировать и изменять молекулярные структуры в наноразмерах для получения специфического целевого действия. Помимо наночастиц с антимикробными свойствами, полученных с помощью ИЖ, существует новая категория нано-ГУМБО, полученных из органических солей, которая все еще исследуется и представляет интересный потенциал в качестве новой стратегии для AMR, поскольку они представляют морфологическую, спектральную и поверхностную настраиваемость заряда, связанную с различными комбинациями катиона и аниона.

В работе [7] была оценена антибактериальная активность новых активных фармацевтических ионных жидкостей (API-IL) на основе аниона ампициллина [Amp]. Они показали ингибирование роста и бактерицидные свойства в отношении некоторых чувствительных бактерий и особенно некоторых грамотрицательных резистентных бактерий по сравнению с [Na][Amp] и исходными солями бромиды и хлорида. Для этих исследований были проанализированы минимальная ингибирующая концентрация (МИК) и минимальная бактерицидная концентрация (МБИК) в отношении чувствительных грамотрицательных бактерий *ESCHERICHIA COLI* ATCC 25922 и *KLEBSIELLA PNEUMONIAE* (клинически изолированных), а также чувствительных грамположительных *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ATCC 25923, *STAPHYLOCOCCUS EPIDERMIDIS* и *ENTEROCOCCUS FAECALIS* и завершены с использованием клинически изолированных резистентных штаммов, таких как *E. COLI* TEM CTX M9, *E. COLI* CTX M2 и *E. COLI* AmpC

МОХ. Из полученных значений МИК исследуемых API-IL и стандарта [Na][Amp] были получены значения RDIC (относительное снижение ингибирующей концентрации). Высокие значения RDIC [C₁₆Pyr][Amp], особенно против двух резистентных грамотрицательных штаммов E. COLI TEM CTX M9 (RDIC >1000) и E. COLI CTX M2 (RDIC >100), ясно указывают на потенциальную многообещающую роль API-IL в качестве противомикробных препаратов, в частности, против резистентных бактериальных штаммов.

Бактерицидная эффективность ИЖ хорошо известна, однако точный механизм их действия остается неясным [5, 8]. В этой работе авторы показывают доказательства того, что бактерицидное действие ИЖ в первую очередь связано с проницаемостью мембраны бактериальных клеток. Эти результаты показывают, что ИЖ оказывают свое действие путем прямого взаимодействия с липидным бислоем и усиления динамики мембран. Латеральная диффузия липидов ускоряется, что, в свою очередь, увеличивает проницаемость мембраны, что в конечном итоге приводит к гибели бактерий. Кроме того, полученные результаты устанавливают значительную связь: увеличение длины алкильной цепи ИЖ коррелирует со значительным усилением как латеральной диффузии липидов, так и антимикробной активности. Это подчеркивает убедительную корреляцию между динамикой мембран и антимикробной эффективностью, предоставляя ценную информацию для рационального проектирования и оптимизации противомикробных агентов на основе ИЖ в здравоохранении.

Протонные имидазолиевые ионные жидкости (PII) продемонстрировали большой потенциал в качестве регентов и катализаторов в химии жидкой фазы [15]. Однако их биологическая активность/токсичность и сольватационные свойства изучены недостаточно по сравнению с более распространенными апротонными ионными жидкостями (APII). В этой работе авторы впервые изучили цитотоксичность девяти химически значимых имидазолиевых PII с различными алкильными боковыми цепями в катионе и сравнили ее с цитотоксичностью соответствующих апротонных аналогов. Экспериментальные данные были подтверждены компьютерным моделированием. Результаты показали, что тип аниона является основным фактором, определяющим цитотоксичность изучаемых ИЖ с короткими алкильными боковыми цепями. Следует отметить, что даже малотоксичные PII оказывали значительное пагубное воздействие на эукариотические клетки при использовании в качестве агентов криоконсервации. Согласно исследованию с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), из-за слабых амфифильных свойств катионов имидазолия с короткими алкильными боковыми цепями изученные смеси ИЖ/вода имели тенденцию

образовывать простые твердые гидраты, а не сложные жидкие системы с микромоленной организацией.

В работе [12] синтезирована серия из 10 новых производных 1-метил-3-октилоксиметилимидазолия, несущих различные анионные фрагменты (4-гидроксибензолсульфонат, бензолсульфонат, карвакролоксиацетат, хлорид, формиат, пропионат, тимолоксиацетат, ванилиноксиацетат, эвгенолоксиацетат и триметилацетат). Соединения были протестированы на антимикробную активность в отношении шести штаммов микробов (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* и *Candida albicans*), цитотоксическую активность в отношении линии клеток меланомы мыши (B16 F10) и поверхностно-активные характеристики. Все синтезированные соединения проявляли антимикробную активность (выраженную в минимальной ингибирующей концентрации в диапазоне 0,10–27,82 мМ/л), особенно в отношении грамположительных бактерий и грибов. Кроме того, все соединения продемонстрировали цитотоксичность на клетках B16 F10 (значения IC_{50} 0,0101–0,0197 мМ/л). Свойства поверхности, определенные как значения ККМ, находились в диапазоне от 0,72 до 32,35 ммоль/л. Полученные результаты дают представление о перспективной активности новой группы четвертичных производных имидазолия, обладающих свойствами ионной жидкости. Наиболее мощные соединения, содержащие тимолоксиацетатный и эвгенолоксиацетатный фрагменты, могут быть кандидатами на роль новых противомикробных агентов или поверхностно-активных веществ.

Чрезмерное и необоснованное применение антибиотиков способствовало развитию микробов с множественной лекарственной устойчивостью [13]. Таким образом, существует острая потребность в современных активных соединениях. Ионные жидкости с короткоживущими ионно-парными структурами легко настраиваются и имеют разнообразные применения. Помимо своих уникальных физико-химических свойств, недавно обнаруженная биологическая активность ионных жидкостей очаровала биохимиков, микробиологов и ученых-медиков. В частности, их противомикробные свойства открыли новые перспективы в решении текущих проблем, связанных с борьбой с патогенами, устойчивыми к антибиотикам. В этой работе представлены обсуждения производных ионных жидкостей в мономерных и полимерных формах, обладающих противомикробной активностью. Рассмотрен антимикробный механизм ионных жидкостей и параметры, влияющие на их антимикробную активность, такие как длина цепи, тип катиона/аниона, плотность катионов и степень полимеризации. Представлены потенциальные применения ионных жидкостей в биомедицинской сфере, включая регенеративную

медицину, биосенсорство и доставку лекарств/биомолекул, чтобы стимулировать научное сообщество к дальнейшему повышению противомикробной эффективности ионных жидкостей.

Отмечается [19], что ионные жидкости (ИЖ) – это относительно новый класс органических электролитов, состоящий из органического катиона и органического или неорганического аниона, температура плавления которого находится в пределах комнатной температуры. За последние 20 лет токсичность ИЖ по отношению к клеткам и микроорганизмам была тщательно исследована с главной целью оценить риски, связанные с их потенциальным использованием в (промышленных) приложениях, и разработать стратегии для проектирования более экологичных ИЖ. Это стимулировало серию биофизических и химико-физических исследований, а также несколько биохимических исследований, сосредоточенных на механизмах действия (MoAs) ИЖ, ключевом шаге в разработке приложений в бионаномедицине и бионанотехнологии. Целью этого обзора является представление современного состояния MoAs ИЖ, которые были в центре внимания ограниченного числа исследований, но все же достаточного, чтобы дать первое представление о предмете. Общая картина, которая возникает, весьма интригует и показывает, что ИЖ взаимодействуют с клетками посредством различных механизмов, включая изменение распределения липидов и вязкоупругости клеточной мембраны, нарушение клеточных и ядерных мембран, пермеабиллизацию и дисфункцию митохондрий, генерацию активных форм кислорода, повреждение хлоропластов (у растений), изменение трансмембранных и цитоплазматических белков/функций ферментов, изменение сигнальных путей и фрагментацию ДНК.

Ионные жидкости на основе холина — это соединения, которые все чаще изучаются в фармацевтике и биомедицине для повышения биодоступности в системах доставки лекарств, а также в качестве биологически активных ингредиентов в фармацевтических рецептурах [11]. Однако их потенциал как противомикробных средств практически не исследован. В этой работе авторы исследовали противомикробную активность ряда поверхностно-активных ионных жидкостей на основе холина (Chol-IL). С этой целью были синтезированы Chol-IL с алкильными цепями из 10–16 атомов углерода и исследована их самосборка в водной среде. Впоследствии была оценена их антимикробная активность в отношении группы клинически значимых бактерий и их способность уничтожать биопленки PAO1 *MRSA* и *P. aeruginosa*. Наконец, авторы проанализировали экотоксикологический профиль Chol-IL с точки зрения чувствительности к аэробному биоразложению и острой водной токсичности в отношении *D. magna* и *V. fisheri*. Результаты показывают, что ИЖ на основе холина с длиной алкильной цепи ≥ 12

С обладают широким спектром антибактериальной активности. Их антимикробная эффективность зависит от их гидрофобности, причем наиболее эффективными соединениями являются гомологи C14–C16. Эти ИЖ проявляют антимикробную активность, аналогичную активности имидазолиевых ИЖ и четвертичных аммониевых антисептиков. Более того, Chol-IL с более длинной алкильной цепью способны уничтожать устоявшиеся биопленки при концентрациях всего 16–32 мкг/мл. Скорость биодеградации ИЖ на основе холина снижается по мере удлинения алкильной цепи. Эти результаты подтверждают пригодность Chol-IL в качестве многообещающих многофункциональных соединений для применения в фармацевтических и биомедицинских рецептурах.

Авторы работы [10] сообщают, что ИЖ представляют собой класс разнообразных органических солей с относительно низкими температурами плавления (ниже 100°C), которые привлекли значительный интерес как перспективная «зеленая» замена органических растворителей. Однако широкие сольватационные свойства ИЖ и их высокая растворимость в воде представляют опасность для здоровья, в частности, поскольку было показано, что многие ИЖ проявляют цитотоксические свойства. В этом контексте считается, что взаимодействие ИЖ с клеточной мембраной является основным виновником токсичности. Авторы представляют комплексное биофизическое и микроскопическое исследование мембранных взаимодействий ряда ИЖ, имеющих различный состав и длину боковых цепей, а также структуры и ориентации катионных головных групп. Экспериментальные данные показывают, что изученные ИЖ демонстрируют различные механизмы связывания, вставки и разрушения мембраны, которые могут быть связаны с их биологической активностью. Результаты указывают, в частности, на то, что как состав боковых цепей, так и особенно головные группы ИЖ являются детерминантами мембранной активности и последующей клеточной токсичности. Эта работа предполагает, что настройка мембранных взаимодействий ИЖ должна стать важным фактором при разработке будущих соединений с безопасным воздействием на окружающую среду.

В работе [9] представлен обзор биологических эффектов ИЖ по отношению к микроорганизмам. Микроорганизмы являются идеальными индикаторами для исследования токсических эффектов ИЖ по отношению к организмам из-за их большой экологической и промышленной значимости, а также их короткого времени генерации и быстрого роста, что полезно для разработки быстрых и простых анализов токсичности. В настоящем обзоре описываются достижения в разработке ИЖ как биоцидов с учетом антимикробной активности по отношению к патогенным микробам; оценка экологического риска ИЖ

рассматривается с основными результатами, полученными с использованием модельных эукариотических и прокариотических микроорганизмов; и излагается текущее состояние использования ИЖ в качестве биосовместимых растворителей для биопроцессов.

Ионные жидкости хорошо известны своими особыми физическими и химическими свойствами, которые послужили толчком к их использованию в качестве зеленых растворителей и материалов с уникальными и настраиваемыми характеристиками [16]. Эта настраиваемость часто зависит от простого выбора подходящих ионов для конкретной потребности, а не от сложных ковалентных модификаций, что делает ионные жидкости привлекательными для различных областей исследований, от материаловедения до электрохимии и от катализа до медицинской химии. Тем не менее, хотя ионные жидкости в настоящее время имеют множество применений в различных областях, их использование в науках о жизни изучено меньше. Поэтому настоящая работа сосредоточена на некоторых биологических видах активности, которые были зарегистрированы для ионных жидкостей.

Авторы работы [6] синтезировали двенадцать новых ионных жидкостей, состоящих из катиона на основе имидазолия в сочетании с анионом, проявляющим антибиотическую или обезболивающую активность. Антибиотическая активность этих «BIONic Liquids» была проверена с помощью стандартизированного микробиологического анализа. Удивительно большое количество соединений проявляет высокую активность по отношению к ряду бактерий, которую нельзя объяснить простыми кумулятивными эффектами. Общая концепция открывает совершенно новые возможности для будущей разработки фармацевтически активного соединения на основе ИЖ [3,14,18,20].

Таким образом, результаты приведенных исследований показывают о широких перспективах в области применения ионных жидкостей в качестве биологически активных соединений в фармакологии и медицине.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Begum P., Ghosh D., Ahmad A., Maruthi Y.A., Hossain K. Pharmaceutical application of ionic liquids and evaluating their toxicity and biological activity // *Ionic liquids and Their Application in Green Chemistry*. – 2023. – Vol. 3. – pp. 113-136.
2. Costa M.S., Saraiva F.S., Passos M.L. Ionic liquids and organic salts with antimicrobial activity as a strategy against resistant microorganisms // *Journal of Molecular Liquids*. 2022. Vol. 368. N 2. pp. 120750-120783.

3. Egorova K.S., Gordeev E.G., Ananikov V.P. Biological Activity of Ionic Liquids and Their Application in Pharmaceuticals and Medicine // *Chem. Rev.* – 2017. – Vol. 117. – N 10. – pp. 7132-7189.
4. Egorova K.S., Ananikov V.P. Biological Activity of Ionic Liquids Involving Ionic and Covalent Binding: Tunable Drug Development Platform // *Encyclopedia of ionic liquids*. 2019. pp. 1-8.
5. Egorova K.S., Ananikov V.P. Biological Activity of Ionic Liquids Involving Ionic and Covalent Binding: Tunable Drug Development Platform // Chapter in book *Encyclopedia of Ionic Liquids*. – 2023. – pp. 151-158.
6. Egorova K.S., Seitkaliyeva M.M., Kashin A.S., Gordeev E.G., Vavina A.V. Biological activity, solvation properties and microstructuring of protic imidazolium ionic liquids // *Journal of Molecular Liquids*. – 2022. – Vol. 367. – N 1. – pp. 120450-120459.
7. Ferraz R., Teixeira V., Rodrigues D., Fernandes D., Prudencio C. Antibacterial activity of Ionic Liquids based on ampicillin against resistant bacteria // *RSC Advances*. - 2014. – Vol. 4. – N 9. – pp. 4301-4307.
8. Ferraz R., Teixeira C., Gomes P., Prudencio C. Chapter 16 // in book *Bioactivity of Ionic Liquids*. – 2017. – pp. 404-422.
9. Garcia M.T., Bautista E., Fuente A., Perez L. Cholinium-Based Ionic Liquids as Promising Antimicrobial Agents in Pharmaceutical Applications: Surface Activity, Antibacterial Activity and Ecotoxicological Profile // *Pharmaceutics*. – 2023. – Vol. 15. – N 7. – pp. 1806-1812.
10. Gal N., Malferrari D., Kolusheva S., Galletti P. Membrane interactions of ionic liquids: possible determinants for biological activity and toxicity // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 2012. – Vol. 17. – N 12. – pp. – 2967-2974.
11. Jadav S. Ionic Liquid Applications: Pharmaceuticals, Therapeutics, and Biotechnology // *J. Amer. Chem. Soc.* – 2010. – Vol. 132. – N 50. – pp. 17975-17982.
12. Kumari P., Pillai V., Benedetto A. Mechanisms of action of ionic liquids on living cells – the state of the art // *Biophysical Reviews*. – 2020. – Vol. 12. – pp. 1198-1215.
13. Nikfarjam N., Ghoini M., Agarwal T., Hassanpour M., Sharifi E. Antimicrobial Ionic Liquid-Based Materials for Biomedical Applications // *Advances Functional Materials*. – 2021. – Vol. 31. – N 42. – pp. 2104148-2104156.
14. Palkowski L., Karolak M., Skrzypczak A., Wojcieszak M. Antimicrobial and Cytotoxic Activity of Novel Imidazolium-Based Ionic Liquids // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27. – N 6. – pp. 1974-1982.
15. Postleb F., Stefanik D., Seifert H., Giernoth R. BIONic Liquids: Imidazolium-based Ionic Liquids with Antimicrobial Activity // *Z. Naturforsch.* – 2013. – Vol. 68b. – pp. 1123-1128.

16. Sharma V.K., Gupta J., Bhatt Mitra J., Srinivasan H. The Physics of Antimicrobial Activity of Ionic Liquids // J. Phys. Chem. Lett. – 2024. – Vol. 15. – N 27. – pp. 7075-7083.
17. Samori Ch. Ionic Liquids and their Biological Effects Towards Microorganisms // Current Organic Chemistry. – 2011. – Vol. 15. – N 12. – pp. 1888-1904.
18. Sekhon Bh. Ionic liquids: Pharmaceutical and biotechnological applications // Asian Journal of Pharmaceutical and Biological Research. – 2011. – Vol. 1. – N 3. – pp. 395-411.
19. Trush M., Semenyuta I., Hofyna D., Ocheretniuk A., Vdobenko S. Functionalized imidazolium-based ionic liquids: biological activity evaluation, toxicity screening, spectroscopic, and molecular docking studies // Medicinal Chemistry Research. – 2020. – Vol. 29. – N 12. – pp. 2181-2191.
20. Zhuo Y., Cheng H-L., Zhao Y-G., Rong H-C. Ionic Liquids in Pharmaceutical and Biomedical Applications: A Review // Pharmaceutics. 2024. Vol. 16. N 1. pp. 151-159.

Информация об авторах

М.Дж. Ибрагимова – доктор химических наук, профессор, зав. лаборатории «Функциональные олигомеры» ИНХП МНО;
З.Н. Пашаева – кандидат химических наук, доцент, вед. н.с. «Функциональные олигомеры» ИНХП МНО.

Information about the author

M.J. Ibrahimova – doctor of chemical sciences, professor, head of laboratory «Functional oligomers» IPCP MES of Azerbaijan;
Z.N. Pashayeva – candidate of chemical sciences, docent, leading researcher of laboratory «Functional oligomers» IPCP MES.

*Статья поступила в редакцию 11.11.2024; принята к публикации 05.02.2024.
The article was submitted 11.11.2024; accepted for publication 05.02..2024.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.563.13:66.095.1

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-69-76

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНОВ

Чимназ Кафар гызы Салманова

*Институт Нефтехимических процессов Министерства науки и
образования Азербайджана, Баку, Азербайджан*

lemanabdullayeva2701@gmail.com

Аннотация. В представленной работе рассмотрены результаты исследований в области применения методов спектроскопического анализа для определения витаминов в биологических образцах и пищевых продуктах. Показаны основные преимущества спектроскопических методов для определения витаминов и их производных.

Ключевые слова: витамины, спектроскопические методы анализа, фолиевая кислота, аскорбиновая кислота, растворимые и нерастворимые витамины

Для цитирования: Салманова Ч.К. Спектроскопические методы исследования для определения витаминов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 68-76.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

SPECTROSCOPIC METHODS FOR DETERMINATION OF VITAMINS

Chimnaz Qafar Salmanova

*Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and
Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

lemanabdullayeva2701@gmail.com

Abstract. The presented work considers the results of research in the field of application of spectroscopic analysis methods for determination of vitamins in biological samples and food products. The main advantages of

spectroscopic methods for determination of vitamins and their derivatives are shown.

Keywords: vitamins, spectroscopic methods of analysis, folic acid, ascorbic acid, soluble and insoluble vitamins

For citing: Salmanova Ch.Q. Nitrogen contain derivatives of cyclopentane carboxylic acids // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 68-765.

Витамины – это питательные вещества, необходимые для здоровья человека, которые присутствуют практически во всех типах продуктов питания. Большинство людей во всем мире используют витаминные добавки, чтобы обеспечить достаточное потребление витаминов для лечения или профилактики заболеваний. Пищевые добавки выпускаются в различных формах: традиционные таблетки, капсулы и порошки, а также определенные продукты питания (напитки, энергетические батончики), которые в продаже обогащены витаминами и/или другими необходимыми питательными веществами, такими как минералы. В зависимости от растворимости витамины делятся на две категории: водорастворимые витамины и жирорастворимые витамины. Водорастворимые витамины включают витамин С и витамины группы В: В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₇, В₉ и В₁₂. Жирорастворимые витамины – это витамины А, D, Е и К. Так, витамин С является важным микроэлементом человека [1,15]. На рынке большинство пищевых добавок обычно содержат комбинацию как водорастворимых, так и жирорастворимых витаминов, а иногда и других ингредиентов.

Среди ключевых методов определения витаминов в биологических образцах и пищевых продуктах особо отмечаются спектроскопические методы. В этой работе нами рассмотрены основные результаты исследований в области спектроскопического определения витаминов и их производных в биообразцах.

Несколько производных витамина В₁₂, включая дескобальт В₁₂, демонстрируют необычную инверсию своих знаков CD при быстром охлаждении до температуры жидкого N₂, хотя знаки CD при комнатной температуре сохраняются при более медленном охлаждении до той же температуры [3]. В качестве возможного объяснения этого загадочного наблюдения предлагается микросредовое двупреломление вокруг хромофора, внедренного в органическое стекло. Спектры поглощения, флуоресценции, фосфоресценции и поляризации дескобальта В₁₂ можно коррелировать со спектрами свободных оснований порфирина, поскольку эти две молекулярные системы имеют много общего в своей электронной

структуре. Молекулярные орбитальные расчеты направлений поляризации дополнительно подтверждают аналогию между спектроскопическими характеристиками корринов и порфиринов и в целом хорошо согласуются с данными по поляризации флуоресценции.

Окислительные механизмы и избыточное образование активных форм кислорода (ROS) тесно связаны с различными патологическими аномалиями. Использование антиоксидантов привлекло внимание в контроле функций организма. Антиоксидантные витамины включая витамин С (VIT C), витамин Е (VIT E) и бета-каротин (B-CAR) были включены в различные формулы для поддержания здоровья из-за их эффекта поглощения ROS [5]. В этой работе впервые разработаны спектрофотометрические методы для одновременного определения VIT C, VIT E и B-CAR в смесях таблеток. B-CAR определяли путем измерения прямого поглощения при 450 нм. Однако производная спектрофотометрия была применена для разрешения спектрального перекрытия между VIT C/E путем регистрации абсолютных значений амплитуды 1D пик-пик при 252 и 277 нм для определения VIT C, в то время как вторые производные спектры использовались для определения VIT E путем регистрации абсолютных значений амплитуды 2D при 212 нм. Проверенные методы позволили определить антиоксидантные витамины в диапазонах концентраций 0,68 - 6,1, 3,35-53,6 и 3-24 мкг/мл для B-CAR, VIT C и VIT E соответственно. Хорошая линейность была показана высокими значениями коэффициентов корреляции $>0,999$.

Количественный анализ витаминов А и Е в коммерческих мазях, содержащих 0,044% и 0,8% (мас./мас.) активных фармацевтических ингредиентов, соответственно, был выполнен с использованием моделей частичных наименьших квадратов на основе спектров КР с Фурье-преобразованием [2]. Были подготовлены отдельные системы калибровки для определения количества витамина А в мази на основе вазелина и для количественного определения витаминов А и Е в мази на основе эуцерина. Составы лабораторно приготовленных и коммерческих образцов контролировались с помощью анализа главных компонентов. Относительные стандартные ошибки прогнозирования были рассчитаны для сравнения предсказательной способности полученных регрессионных моделей. Для определения витамина А эти ошибки оказались в диапазонах 3,8–5,0% и 5,7–5,9% для наборов данных калибровки и проверки соответственно. В случае моделирования витамина Е эти ошибки составили 3,7% и 4,4%. На основе разработанных моделей витамины А и Е были успешно количественно определены в двух коммерческих продуктах с извлечением в диапазоне 99–104%. Полученные данные свидетельствуют о том, что метод комбинационного рассеяния света

позволяет проводить точный анализ состава полутвердых составов в их нативном состоянии, в том числе препаратов с низкими дозами.

Витамин С (l-аскорбиновая кислота, ASC) и амидная форма витамина В₃ никотинамида (NIC) могут образовывать сокристаллы посредством водородных связей [12]. В настоящее время отсутствуют быстрые и надежные альтернативы для точного количественного определения компонентов сокристаллов и их чистоты. Спектрофотометрический анализ для количественного определения таких витаминных препаратов является сложной задачей из-за перекрывающихся полос поглощения в узком диапазоне длин волн в ультрафиолетовой (УФ) области. Более того, ASC подвергается прогрессирующей деградации, если не разбавлен в надлежащей среде, что требует стабильности во время количественного анализа. В этом исследовании был принят быстрый, простой и надежный двухкомпонентный спектрофотометрический анализ для одновременного определения ASC и NIC в насыпном порошке, полученном методом газового антирастворителя. Предложенный метод может оценить чистоту сокристалла через баланс масс относительно ожидаемой стехиометрии 1:1, подтвержденной PXRD и DSC. Чистота сокристалла, определенная методом FODS (58–100%), хорошо согласуется с результатами ЖХ-МС (62–100%) с точностью, превышающей 97%. Метод FODS столь же чувствителен и точен, как высокоэффективная жидкостная хроматография, для одновременного определения концентраций витаминов, полученных из сокристаллов. Однако он менее затратен, более эффективен и является подходящей альтернативой классическим твердотельным методам оценки чистоты сокристалла.

Основная цель обзорной статьи [9] предоставить аналитические методы количественного анализа жирорастворимых и водорастворимых витаминов. Методы включают хроматографию, УФ-видимую спектроскопию, флуориметрию и микробиологический метод. Анализ витаминов пищевых и биологических образцов играет важную роль в определении потребностей животных и человека в питании. Важно знать состав пищи, чтобы определить потребление пищи, оценить адекватность рациона и улучшить питание человека во всем мире. В этом обзоре освещаются различные аналитические методы, используемые для анализа витаминов в образцах пищевых продуктов.

Рассмотрено определение аскорбиновой кислоты спектрофотометрическими, хемилюминесцентными и флуоресцентными методами, сорбционно-спектроскопическими и визуально-тестовыми методами [10, 14]. Приведены данные об используемых реагентах, аналитических диапазонах, пределах обнаружения и мешающих веществах. Особое внимание уделено

твердофазным реагентам для спектроскопического и визуально-тестового быстрого определения аскорбиновой кислоты в различных образцах. Библиография включает 65 ссылок.

Разработан экономичный и чувствительный метод измерения пиридоксина гидрохлорида (витамина В₆) в фармацевтической формации в виде ионной пары, в зависимости от реакции переноса заряда с SDS в качестве поверхностно-активного вещества и подходящего аналитического реагента (хлоразоловый черный) [11]. Параметры, которые давали оптимальные условия реакции, такие как концентрации хлорозала черного, SDS, pH, температура равновесного состояния, время и эффект солонения, были изучены для получения линейной калибровочной кривой, где диапазон линейности был обнаружен в диапазоне от $1,22 \times 10^{-3}$ до 34×10^{-2} мМ, а предел обнаружения (LOD) $2,56 \times 10^{-4}$ мМ.

В двух работах были разработаны новые методы количественного и качественного определения фолиевой и аскорбиновой кислот на основе использования спектроскопических исследований соответственно [6,4].

Целью работы [13] является показать, что при определении содержания витамина А в рыбьем жире спектроскопическим методом результат должен быть выражен в сигмах витамина А на г масла. Также следует указать E1 процент 1 см 328 мμ. В этой лаборатории авторы столкнулись с путаницей, которая распространена в коммерческих сделках и исследовательских обзорах, когда результаты спектроскопической оценки витамина А в рыбьем жире выражаются в МЕ/г, и мы стремимся к сотрудничеству химиков для устранения этого источника путаницы. E1 процент 1 см 328 мμ (далее для краткости именуемый экстинкцией E) является физическим свойством масла, которое может быть измерено с точностью до 2 процентов на подходящем ультрафиолетовом спектрофотометре. Для оценки содержания витамина А экстинкция принимается пропорциональной концентрации витамина А. Использование экстинкции для выражения содержания витамина А имеет то преимущество, что она имеет однозначное значение для химика, но не дает дилерам или потребителям четкого указания на концентрацию витамина А в масле.

Сообщается [17] о простом и чувствительном методе спектрофотометрии с проточной инъекцией для определения витаминов А и Е с использованием системы обнаружения феррозина–Fe(II). В присутствии витамина А/Е Fe(III) восстанавливается. Затем восстановленные *in situ* ионы реагируют с феррозином, образуя окрашенный в пурпурный цвет комплекс, который отслеживается при длине волны поглощения 562 нм. Витамин А показывает линейный калибровочный график в диапазоне концентраций 0,1–10 мкг/мл с пределом обнаружения (3s) 0,06 мкг/мл. Коэффициент определения

составил $r_2=0,9974$ с относительными стандартными отклонениями ($n = 4$) в диапазоне 0,8–2,8%. Предложенный метод допускает 10 инъекций в час. Витамин Е дает линейный калибровочный график в диапазоне концентраций 0,1–20 мкг/мл с пределом обнаружения ($3s$) 0,03 мкг/мл. Коэффициент детерминации составил $r_2=0,9993$ с относительными стандартными отклонениями ($n = 4$) в диапазоне 1,1–2,6% при пропускной способности образца 30 инъекций в час. Метод был применен для определения обоих витаминов в фармацевтических препаратах, детском молоке и образцах сыворотки крови с использованием экстракции гексаном. Метод подтвержден путем сравнения с эталонным методом ВЭЖХ. Расчетные результаты показали, что между двумя методами нет существенной разницы при уровне достоверности 95%.

Точное определение витаминов имеет решающее значение для клинической диагностики, метаболизма и эпидемиологических исследований [7]. Однако количество различных витаминов в сыворотке человека существенно различается. Одновременное определение нескольких витаминов быстро является сложной задачей. В данной работе авторы впервые разработали и проверили чувствительный и специфичный метод с использованием сверхвысокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемной масс-спектрометрией (UPLC-MS/MS) для одновременного количественного определения 7 жирорастворимых витаминов (FSV) в пределах их физиологических концентраций в сыворотке, которая была подвергнута осаждению белка, экстракции жидкость-жидкость в органическую фазу, выпариванию досуха и восстановлению ацетонитрилом. В настоящей процедуре ретинол (витамин А), эргокальциферол (25-ОН-D2), холекальциферол (25-ОН-D3), α -токоферол (витамин Е), филлохинон (витамин К1), менатетренон-4 (МК-4) и менахинон-7 (МК-7) были впервые обнаружены в одной аналитической процедуре в течение 5,0 мин с помощью тройной квадрупольной тандемной масс-спектрометрии. Предел количественного определения (LOQ) для витамина А составил 10,0 нг/мл, LOQ для 25-ОН-D2 и 25-ОН-D3 составили 1,0 нг/мл, LOQ для витамина Е составил 100,0 нг/мл, а LOQ для витаминов К1, МК-4 и МК-7 составили 0,10 нг/мл соответственно, с корреляцией (R_2) 0,995–0,999. Извлечения составили от 80,5% до 118,5%, а внутридневные и междневные коэффициенты дисперсии (CV) составили 0,72–8,89% и 3,2–9,0% соответственно. Метод был проверен в соответствии с рекомендациями Европейского агентства по лекарственным средствам (ЕМА) и Управления по контролю за продуктами и лекарствами США, а также стандартом С62-А по биоаналитическим методам и использовался для рутинных клинических исследований.

Применение спектроскопических методов анализа для определения витаминов в биообразцах и пищевых продуктах также рассматривалось в работах [8, 16].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ahmed L., Rebaz O. Spectroscopic properties of Vitamin C: A theoretical work // *Cumhuriyet Scientific Journal*. – 2020. – Vol. 41. – N 4. – pp. 916-928.

2. Ashour H., Maher H., Shaza K., El-Yazbi F. Novel, cost-effective spectrophotometric methods for the determination of Beta-carotene, Vitamin C, and Vitamin E in their ternary mixtures: Greenness and whiteness appraisal // *Journal of Advanced Pharmaceutical Sciences*. – 2024. – Vol. 1. – N 1. – pp. 1-15.

3. Balbinot Filho C., Teixeira R., Dias J., Rebelatto E. First-Order Derivative Spectrophotometry for Simultaneous Determination of Vitamin C and Nicotinamide: Application in Quantitative Analysis of Cocrystals // *ACS Omega*. – 2024. – Vol. 9. – N 26. – pp. 28776-28783.

4. Fugate R.D., Chin C.A., Song R.S. A spectroscopic analysis of vitamin B12 derivatives // *Biochim Biophys. Acta*. – 1976. – Vol. 421. – N 1. – pp. 1-11.

5. Gomez B., Roux S., Courtois F., Bonazzi C. Spectrophotometric method for fast quantification of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in simple matrix for kinetics measurements // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 211. – pp. 583-589.

6. Huo Y., Zhang Sh., Gaoping W., Shan H. Rapid simultaneous determination of 7 fat-soluble vitamins in human serum by ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry // *Analytical Methods*. – 2023. – Vol. 15. – N 41. – pp. 5535-5544.

7. Husain A., Parveen Sh., Umar M., Prakash H. Recent Methods of Analysis of Ascorbic acid – a mini review // *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Chemistry*. – 2020. – Vol. 6. – N 2. – pp. 69-75.

8. Jadoon S., Malik A., Qazi M., Aziz M. Spectrophotometric method for the determination of Vitamin A and E using Ferrozine-Fe(II) complex // *Asian Journal of Research in Chemistry*. – 2013. – Vol. 6. – N 4. – pp. 334-340.

9. Khudhair A.F., Saeed Sh., Marhoon A., Alesary H. A New Spectrophotometric Method to Determine Vitamin B6 in Pharmaceutical Formation Samples Using a Micelle Form // *The 1-st International Scientific Conference on Pure Science*. – 2019. – pp. 1234-1237.

10. Kshirsage S., Bhalekar S., Gopale D., Ambavade Sh. Development and Validation of New UV- Spectroscopic Method for Water Soluble Folic Acid // *International Journal of Chemical Concepts*. – 2017. – Vol. 3. – N 4. – pp. 364-370.

11. Majidi M.I., Qubury H. Determination of Vitamin C(ascorbic acid) Contents in various fruit and vegetable by UV-spectrophotometry and titration methods // Journal of Chemical AND Pharmaceutical Sciences. – 2016. – Vol. 9. – N 4. – pp. 2972-2974.
12. Mazurek S., Pichlak K., Szostak R. Quantitative Determination of Vitamins A and E in Ointments Using Raman Spectroscopy // Processes. – 2021. – Vol. 9. – N 1. – pp. 8-12.
13. Metcalf W.S. Spectrophotometric Determination of Vitamin A in Fish Oils // Nature. – 1945. – Vol. 155. – pp. 575-577.
14. Porter K., Lodge J. Determination of selected water-soluble vitamins (thiamine, riboflavin, nicotinamide and pyridoxine) from a food matrix using hydrophilic interaction liquid chromatography coupled with mass spectroscopy // Journal of Chromatography B. – 2021. – N 3. – pp. 122541-122548.
15. Pravalika P., Mukherjee J., Madhuri L., Bhavani A. Methods of Analysis of Vitamins // International Journal of Innovative Research in Technology. – 2023. – Vol. 10. – N 2. – pp. 154-159.
16. Spinola V., Martinez L., Xastilho E. Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation // Journal of Chromatography. – 2014. – N 2. – pp. 13-18.
17. Zaporozhets O.A., Krushonskaya E.A. Determination of Ascorbic Acid by Molecular Spectroscopic Techniques // Journal of Analytical Chemistry. – 2002. – Vol. 57. – N. 4. – pp. 286-297.

Информация об авторах

Ч.К. Салманова – доктор химических наук, глав. н.с. лаборатории «Спектроскопический анализ» ИНХП МНО.

Information about the author

Ch. Q. Salmanova – doctor of chemical sciences, main researcher of laboratory "Spectroscopic analysis" IPCP MES of Azerbaijan.

Статья поступила в редакцию 02.11.2024; принята к публикации 05.02.2025.

The article was submitted 02.11.2024; accepted for publication 05.02.2025.

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 638.144.5

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-76-88

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ

Светлана Леонидовна Воробьева¹, Марина Юрьевна Попкова²

^{1,2}Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия,

¹vorobievsveta@mail.ru

²marinapopkova607@gmail.com

Аннотация. Представлен материал по использованию кормовой добавки на основе хелатных форм минеральных соединений, обеспечивающих ускоренное усвоение минеральных элементов, что обеспечивает увеличение работоспособности пчел, а также получение дополнительной продукции. Исследования (2021-2024 гг.) проводились в Завьяловском районе Удмуртской Республики. Опытные группы сформированы по 10 семей методом пар аналогов с учетом силы, количество корма и их состояния. Было изучено состояние семей после зимовки, динамика весеннего развития, уровень продуктивности пчел и экономическая эффективность при использовании данной добавки.

Ключевые слова: хелатные соединения, кормовая добавка, пчелиная семья, медовая продуктивность, минеральные элементы, витамины.

Для цитирования: Воробьева С.Л., Попкова М.Ю. Эффективность использования минерально-витаминной кормовой добавки в хелатной форме в пчеловодстве // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2025. № 1. С. 76-88.

ECOLOGY

Original article

THE EFFECTIVENESS OF USING MINERAL AND VITAMIN FEED ADDITIVES IN CHELATED FORM IN BEEKEEPING

Svetlana Leonidovna Vorobyova¹, Marina Yurievna Popkova²

^{1,2} Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

¹ vorobievassveta@mail.ru.

² marinapopkova607@gmail.com

Abstract. The article presents material on the use of a feed additive created using chelated forms of mineral compounds that provide accelerated absorption of mineral elements, which increases the efficiency of honey bees, as well as obtaining additional honey products. The research was conducted on bee colonies located in the Zavyalovsky district of the Udmurt Republic. The experimental groups were formed by 10 bee colonies using the method of pairs of analogues, taking into account their strength, the amount of feed and the condition of the family. As part of the research for 2021-2024, the state of bee colonies after wintering, the dynamics of spring development, the level of productivity of bee colonies and the economic efficiency of using this additive were studied.

Keywords: chelated compounds, feed additive, bee family, honey productivity, mineral elements, vitamins

For citing: Vorobyova S.L., Popkova M.Yu. The effectiveness of using mineral and vitamin feed additives in chelated form in beekeeping // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. N1. pp. 76-88.

Ученые со всего мира констатируют факт о снижении численности насекомых, в том числе и медоносных пчел [1, 2]. Однако исчезновение последних идет намного быстрее. Доказано, что ежегодное сокращение численности приближается к 20%, к тому же последствия от этого могут быть гораздо значительнее [3, 4]. Если не остановить эти темпы, то медоносные пчелы обречены на вымирание. Мы не только лишимся меда, но и многих продуктов питания – некоторых овощей, фруктов, ягод и орехов, поскольку пчелы самые эффективные опылители. Помимо этого пчелы способствуют существованию большинства трав и деревьев, которые служат источником пищи и укрытием для многих видов животных [5]. Исчезновение этих тружениц приведет к вымиранию некоторых видов животных и усугубит и без того сильный продовольственный кризис. Так по цепочке на грани вымирания может оказаться и человек.

Причин для таких негативных прогнозов много. Одни ученые считают, что это происходит из-за действия антропогенного фактора [6]. За последние несколько десятков лет стремительно возросла вырубка леса, выросли площади, занимаемые сельским хозяйством, все это привело к сокращению среды обитания опылителей на 33%. Также применение в сельском хозяйстве пестицидов для обработки полей, в

составе которых есть вещества губительно действующих на медоносных пчел, использование монокультур, которые приводят к снижению видового разнообразия источников нектара, появление инвазивных насекомых, которые занимают новые территории, вызванное глобальным потеплением климата, все это способствует сокращению численности пчел [7, 8, 9].

Другие ученые считают, что причиной массовой гибели медоносных пчел является повсеместное распространение клеща *Varroa destructor*. [10]. Помимо того, что клещ ослабляет пчелиные семьи, пагубно действуя на иммунную систему, вдобавок он способствует распространению смертельно опасных болезней, такие как вирус мешотчатого расплода (*sacbrood virus, SBV*), вирус деформации крыла (*deformed wing virus, DWV*), и другие [11, 12, 13].

При недостатке или полном отсутствии в природе цветущих медоносов достаточно широко пчеловодами используется сахарный сироп. Однако для того, чтобы противостоять всем перечисленным выше факторам, в том числе различным заболеваниям одного сахарного сиропа не достаточно для поддержания иммунитета и нормальной жизнедеятельности медоносных пчел, так как он во многом уступает естественному корму, поскольку не содержит в своем составе необходимых белковых и минеральных компонентов [14,15, 16].

В связи с этим для повышения иммунитета и улучшения жизнедеятельности медоносных пчёл производственной компанией «Ижсинтез-Химпром» совместно с сотрудниками Удмуртского государственного аграрного университета в ходе исследования была испытана кормовая добавка, содержащая в своём составе витамины и минералы в органической хелатной форме. Хелат – это сочетание минерала и сложного органического соединения. Дело в том, что пчела – органическая форма жизни, а минерал – неорганическое вещество, поэтому существует проблема усвоения. К примеру, неорганические соединения усваиваются лишь на 20%, в то время как в хелатной форме микроэлементы усваиваются практически полностью. Всасывание макро- и микроэлементов происходит в средней кишке (желудок пчелы) с помощью белков-переносчиков через клеточные мембраны. Но для того, чтобы переносчик распознал минерал, последний должен находиться в форме органического соединения. Так, например, фруктоза или глюкоза которые выступают в качестве лигандов – это свои, хорошо знакомые каждой клетке соединения. Используемые в работе органические вещества являются для пчёл естественными метаболитами и способны легко включаться в обменные процессы. Таким образом, их более полноценное усвоение в организме позволяет сократить дозы в 3–4 раза, при том же

биологическом эффекте, позволяя избежать передозировки минеральных компонентов и витаминов [17, 18].

Методика исследования

Исследования по апробации добавки, созданной на основе витаминов и минералов в хелатной форме, проводились в период с 2021 по 2024 год. Место расположение опытной пасеки Удмуртская Республика, Завьяловский район. Работы выполнялись в рамках стационарной пасеки и проводились в соответствии с методическими рекомендациями «Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве», утвержденными в 2006 году. Таблица 1 содержит перечень исследуемых показателей и схему эксперимента.

Таблица 1.

Схема опыта

Хозяйственно-полезные показатели: зимостойкость пчелиных семей, медовая продуктивность пчелиных семей, интенсивность роста расплода в весенний период, экономическая эффективность		
Контрольная группа	Опытная группа №1	Опытная группа №2
СС (1 литр) без применения кормовой добавки	СС (1 л) + хелатные соединения: часть №1 – 0,25 мл/0,5 л сахарного сиропа и часть №2 – 0,5 г/0,5 л	СС (1 л) + хелатные соединения: часть №1 – 0,5 мл/0,5 л сахарного сиропа и часть №2 – 1 г/0,5 л

* СС – сахарный сироп

Исследования проводили на трех опытных группах, сформированных по принципу пар-аналогов. Учитывали основные признаки с точки зрения их идентичности: сила семей, конструкция улья, количество кормового меда, возраст пчелиной матки. В каждую группу входило десять опытных пчелиных семей. Для нивелирования признака кормовой базы и климатических факторов, опытные пчелиные семьи размещались в одной территориальной зоне. Технология содержания пчелиных семей была одинакова во всех группах и проведение операций проводилось так же одновременно.

Подкормка осуществлялась во второй половине апреля в следующих дозировках согласно приведенной схеме. Промежуток между подкормками составил 4-5 дней.

При проведении исследований анализировались хозяйственно-полезные признаки медоносных пчел (рост и развитие пчелиных семей, яйценоскость пчелиных маток, количество полученных роев от

опытных пчелиных семей, количество полученной валовой и товарной медовой продукции, а также показатели зимостойкости пчел).

Учет печатного расплода проводили по методу В.В. Малкова (1985 г.) каждые 12 дней с помощью рамки-сетки (5x5 см), которая включает 100 ячеек пчелиного и 75 трутневого расплода. На основании полученного материала рассчитывали яйценоскость пчелиных маток. Проводили учет по сохранности пчелиных семей после проведения зимовки.

Количество товарной, кормовой и валовой медовой продуктивности учитывали при проведении откачки меда и формировании гнезда семей в зимовку. Количество зимних кормовых запасов определяли путем взвешивания рамок на весах, а также визуально, зная, что в одной стандартной рамке (435x300 мм) содержится 3,5 – 4,0 кг меда; количество валового меда определяли также взвешиванием, с учетом товарного и кормового меда.

На основании полученных данных определили экономическую эффективность проведенных исследований при проведении технологического этапа – подкормки пчелиных семей кормовой добавкой на основе хелатных соединений.

Ко всем испытуемым группам пчелиных семей применялась одна и та же технология содержания; содержались в 16-рамочных ульях-лежаках, зимовка проводилась на воле. Количество медоносных ресурсов в полном объеме обеспечивало потребность пчелиных семей. Основными медоносами в период главного медосбора являлись липа мелколистная, донник белый и желтый, кипрей узколистный и другие виды разнотравья. На протяжении трехлетнего периода исследований ежегодно в весенний период проводили учет по динамике развития расплода пчелиных семей и соответственно анализ по яйценоскости пчелиных маток. Полученные данные приведены в таблице 2. Развитие расплода на начало учета, в анализируемых группах, находилось приблизительно на одном уровне.

Таблица 2.

Динамика весеннего развития расплода пчелиных семей в период 2021 – 2023 гг., сотен ячеек (из расчета на одну пчелиную семью)

Показатель		Первый учет	Второй учет	Третий учет	Четвертый учет
Контрольная группа	$X \pm m$	$32,3 \pm 0,8$ 3	$43,0 \pm 2,11$	$92,9 \pm 4,95$	$113,4 \pm 5,27$
	$S_v, \%$	8,97	17,03	18,46	16,11
Опытная	$X \pm m$	$31,3 \pm 0,4$	$49,6 \pm 2,66$	$122,8 \pm 5,9$	$153,4 \pm 8,$

группа № 1		1		6	28***
	Cv, %	4,55	18,63	16,83	18,71
Опытная группа № 2	X± m	31,7±0,5 2	56,1±2,85	135,9±5,2 9	178,5±5, 23***
	Cv, %	5,76	17,61	13,48	10,14

Примечание: ** – $P \geq 0,99$, *** – $P \geq 0,999$.

В ходе повторного анализа наибольшее количество сотен ячеек было зафиксировано во второй экспериментальной группе. Превосходство над контрольной группой составило 13,1 сотен ячеек или 30,5%. Разница между первой и второй группами составила 6,5 сотен ячеек (13,1%), в пользу второй группы, которая получала хелатную кормовую добавку в максимальной дозе.

По третьему учету сохраняется аналогичная динамика роста и развития расплода, так показатели второй опытной группы превышали показатели контрольной группы на 46,3%. К четвертому анализу эта разница увеличилась до 57,4% (65,1 сотен ячеек) с высокой степенью вероятности ($P \geq 0,999$). Первая экспериментальная группа превосходила контрольную на 35,5% (40 сотен ячеек), также с высокой степенью вероятности.

Рост и развитие расплода напрямую связаны с яйценоскостью маток, поэтому данный показатель также был максимальным во второй экспериментальной группе. Данные о среднесуточной яйценоскости пчелиных маток представлены на рисунке 1.

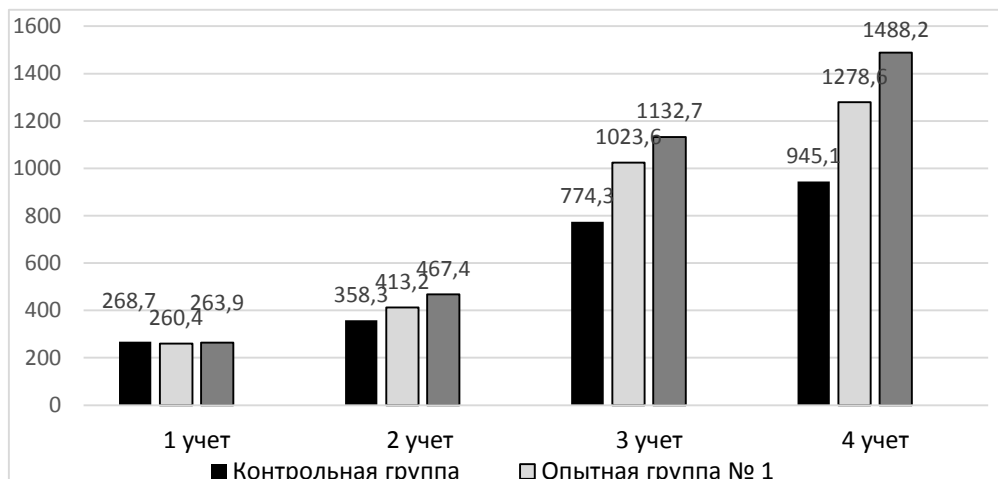


Рис.1. Суточная яйценоскость маток в весенне-летний период 2021 – 2023 гг., шт.

Так разница в значениях к четвертому учету достигла максимального значения – на 57,5% выше, чем в контрольной группе, и на 16,4% выше, чем в первой опытной группе. Яйценоскость маток первой опытной группы, получавших кормовую добавку с хелатными структурами в меньшей дозировке по сравнению со второй группой, также продемонстрировала положительную динамику. По результатам второго учета она превысила показатели контрольной группы на 15,3%, по третьему – на 32,2%, а по четвертому – на 35,3%. Разница в среднесуточной яйценоскости маток между второй и первой опытными группами, по сравнению с контрольной группой, по четвертому анализу является статистически значимой с высоким уровнем вероятности $P \geq 0,999$.

Анализ показателей роевого состояния опытных групп (рис. 2) за исследуемый период показал, что максимальное количество роев было зафиксировано в ведущей группе № 2, составив 14 штук.

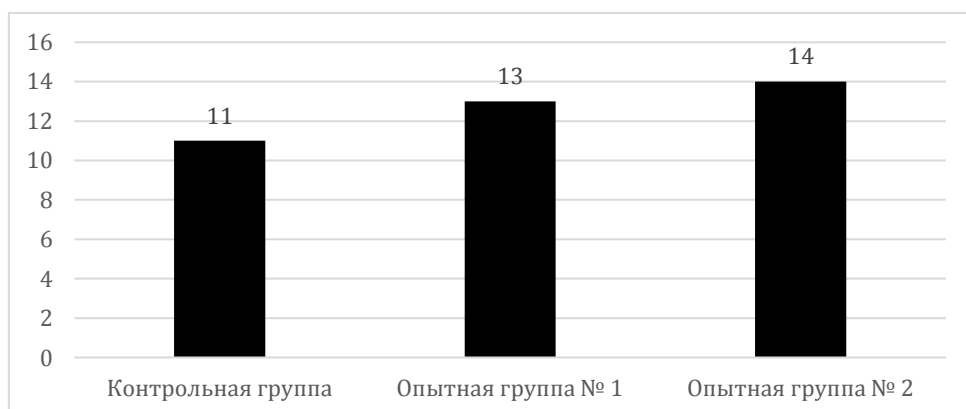


Рис.2. Количество роев, полученных в период исследований за 2021–2023 гг., роев

В контрольной группе зафиксировано за период проведения исследований 11 роев. В среднем за год в группах получали по 3-5 роя от основной пчелиной семьи. При уровне достоверности $P \geq 0,99$ была зафиксирована разница в валовой медовой продуктивности в пользу второй опытной группы, составившая 12,1 кг (26,5%). Высокие показатели медовой продуктивности также наблюдаются в первой опытной группе по сравнению с контрольной. Значения товарной медовой продуктивности превышали результаты контрольной группы на 6,1 кг (32,6%), а валовая медовая продуктивность была выше на 6,8 кг (14,8%) при доверительной вероятности $P \geq 0,95$. Сравнительный анализ первой и второй опытных групп показал, что разница в товарной медовой продуктивности составила 5,4 кг (21,9%), а в

валовой медовой продуктивности – 5,3 кг (10,1%) в пользу второй группы.

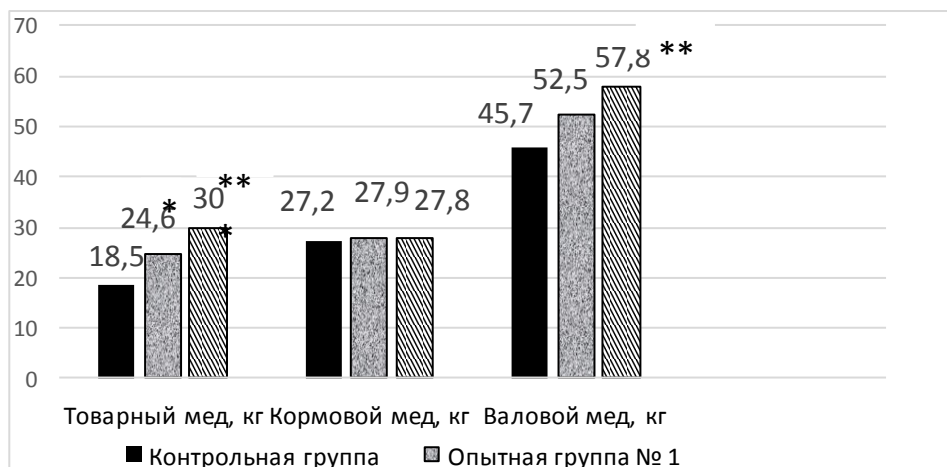


Рис.3. Медовая продуктивность пчелиных семей в 2021–2023 гг.

Анализ зимнего содержания пчелиных семей на протяжении указанных сроков проведения исследований зафиксировали гибель пчелиных семей в количестве 5 штук в опытной группе №2. Эту ситуацию можно объяснить высоким процентом работоспособности пчелиных семей в летний период, что подтверждается результатами эффективности работы в летний период в следствии чего основная масса рабочих пчел продолжала собирать нектар и набрала падевого меда, что негативно сказалось на ход зимовки.

На основе полученных данных была рассчитана экономическая эффективность, переводя продукцию от опытных пчелиных семей в условные медовые единицы и учитывая погибшие семьи, которые были включены в отрицательный баланс полученной продукции. Условные медовые единицы, использованные для расчета экономической эффективности проведенных исследований, составляют:

- 1 кг меда – 1,0 УМЕ;
- 1 кг воска – 2,5 УМЕ;
- 1 рой, новая семья – 5,0 УМЕ.

Отражаем полученные за годы исследования (2021 – 2023 гг.) результаты в таблице 3.

Первая опытная группа продемонстрировала наибольшую продуктивность, собрав 138,3 условных медовых единиц (УМЕ), что на 25,9 УМЕ превышало показатель контрольной группы. Однако ежегодно в зимний период отмечалась гибель пчелиных семей во второй группе: в период с 2021 по 2022 год – 2 семьи, в 2022 – 2023 – 2 семьи и в 2023 – 2024 – 1 семья.

Таблица 3.

Экономическая эффективность проведенных исследований

Показатель	Группа		
	контрольн ая	опытная № 1	опытная № 2
Медовая продуктивность, в условных единицах	57,4	73,3	91,3
Получено роев, шт.	11	13	14
Условные медовые единицы	55	65	70
Потери пчелиных семей, шт.	0	0	5
Условные медовые единицы	0	0	25
Итого условные медовые единицы	112,4	138,3	136,3
Себестоимость 1 условной медовой единицы, руб.	245	215	218
Себестоимость общей продукции от 1 пчелиной семьи, руб.	14063	15759,5	14453,4
Цена реализации 1 условной медовой единицы, руб.	340	340	340
Доход от 1 пчелиной семьи, руб.	19516	24922	22542
Прибыль (+) убыток (-) на 1 условную медовую единицу, руб.	95	125	122
Прибыль (+) убыток (-) на 1 пчелиную семью, руб.	5453	9162,5	8088,6
Уровень рентабельности, %	38,8	58,1	55,9

Учитывая потери при формировании новых семей, экономическая эффективность второй группы снизилась на 25 УМЕ, что привело к итоговому объему в 136,3 УМЕ. В первой опытной группе этот показатель был на 2 УМЕ выше, а наименьший – 112,4 УМЕ – зафиксирован в контрольной группе. В расчет статьи затрат вошли следующие показатели: трудовые затраты пчеловода, затраты

на производство кормовой добавки в зависимости от дозы введения, закупка необходимого расходного материала и инвентаря, в том числе на лекарственные препараты, а также амортизация основного оборудования. Стоимость 1 кг кормовой добавки в первой опытной группе, составила 64 руб., а во второй – 93 руб. Наиболее высокая рентабельность (58,1%) была достигнута в первой опытной группе, что на 19,3% выше, чем в контрольной. Разница между результатами второй опытной и первой групп составила 2,2%. Себестоимость продукции также существенно различалась: в контрольной группе она достигла 245 руб. при объеме в 57,4 УМЕ, в то время как в наиболее рентабельной первой опытной группе себестоимость одной УМЕ составила 215 руб. при объеме 73,3 УМЕ. Цена реализации одной условной медовой единицы оставалась неизменной во всех анализируемых группах – 340 руб.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances / R. Van Klink, D.E. Bowler, K.B. Gongalsky [et al.] // *Science*. 2020. Vol. 368: 417–420.
2. Глобальное снижение численности насекомых на суше и увеличение в пресных водах / Р. Ван Клинок, Д.Е. Боулер, К.Б. Гонгальский [и др.] // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах (XI Чтения памяти О.А. Катаева): материалы Всероссийской конференции с международным участием. Санкт-Петербург. 2020. С. 107-108.
3. Кожина Л.Е., Наговицына К.Ф., Гибель пчел: причины и последствия // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник статей: электронный ресурс. Том 1 (6). Ижевск. 2018. С. 270-272.
4. Нагорная А.В., Колина Ю.А. Причины гибели пчелиных семей // Медовый край – медовая Россия: история, традиции, современные тенденции пчеловодства: материалы Национальной (Всероссийской) научно-практ. конф. Уссурийск. 2020. С. 194-197.
5. Михайлов Г.А., Диалектов Р.Н. Причины гибели пчел: экологический вызов современности // Экологические проблемы XXI века: материалы XV Научно-практической конференции слушателей и молодых ученых. Москва. 2023. С. 128-130.
6. Кузьмина В.А., Мельник Е.С. Влияние антропогенных факторов на жизнедеятельность пчел // Безопасность городской среды: материалы IX Международной научно-практической конференции. Омск. 2022. С. 181-184.
7. Гранкин Н.Н., Гусева Ю.Ю. Влияние пестицидов на пчелиные семьи // *Наука-2020*. 2020. № 9 (25). С. 53-57.
8. Будникова Н. В. Пестициды - причина массовой гибели

пчел // Пчеловодство. 2022. № 8. С. 6-7.

9. Осинцева Л.А. Состояние популяций медоносных пчёл *Apis mellifera* L. при росте пестицидной нагрузки в агроценозах // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 4(69). С. 253-271.

10. Винобер А.В. Причины массовой гибели пчел или Как избежать коллапса в российском пчеловодстве // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2019. № 6(15). С. 22-27.

11. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers / D. Goulson, E. Nicholls, C. Botias, [et al]. // Science. 2015. Vol. 347. No. 6229. Article 1255957. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1255957> (дата обращения: 06.10.2022). doi: 10.1126/science.1255957.

12. Мишуковская Г.С., Шелехов Д.В., Гиниятуллин М.Г. Пробиотики как компоненты кормовых добавок для пчел (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 5. С. 72-79. DOI 10.53859/02352451_2023_37_5_72.

13. Мешотчатый расплод и клещ варроа – причина гибели семей пчел / А.Н. Сотников [и др.] // Биомика. 2017. Т.9, №4. С. 380-383.

14. Чернышов Ф.С., Литвинова А.Р., Сердюченко И.В. Влияния кормовой добавки "гидрогемол" на микрофлору пищеварительного тракта медоносных пчел карпатской породы // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 6-3(85). С. 24-27.

15. Влияние природных и минеральных кормов на яйценоскость пчеломаток / О.А. Мамадияров [и др.] // Наука и образование. 2023. № 1-2(70). С. 132-139. DOI 10.52578/2305-9397-2023-1-2-132-139.

16. Влияние углеводно-белкового корма на биологические и продуктивные качества пчелиной семьи / А.А. Мищенко [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2021. Т. 57, № 4. С. 52-58.

17. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) / В.С. Крюков [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 3. С. 27-54. DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.3.27-54.

18. Кощаева О.С., Бойко И.А., Органические микроэлементы в кормлении животных // Знания молодых: наука, практика и инновации: Сборник научных трудов XVIII междун. научно-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. Том 1. Киров. 2019. С. 83-86.

REFERENCES

1. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in

freshwater insect abundance / R. Van Klink, D. E. Bowler, K. B. Gongalsky [et al.] // *Science*. 2020. Vol. 368: 417-420.

2. Global decrease in insect abundance on land and increase in freshwater / R. Van Klink, D.E. Bowler, K.B. Gongalsky [et al.] // *Dendrobiont invertebrates and fungi and their role in forest ecosystems (XI Readings in memory of O.A. Kataev): materials of the All-Russian conference with international participation*. Saint Petersburg, 2020. pp. 107-108.

3. Kozhina L.E., Nagovitsyna K.F., Bee deaths: causes and consequences // *Scientific works of students of Izhevsk State Agricultural Academy: collection of articles: electronic resource*. Volume 1 (6). Izhevsk. 2018. pp. 270-272.

4. Nagornaya A.V., Kolina Yu. A. Causes of death of bee colonies // *Honey Land - honey Russia: history, traditions, modern trends of beekeeping: proceedings of the National (All-Russian) scientific and practical conference*. Ussuriysk. 2020. pp. 194-197.

5. Mikhailov G.A., Dialektov R.N. Causes of bee death: an ecological challenge of our time // *Environmental problems of the XXI century: proceedings of the XV Scientific and Practical Conference of students and Young Scientists*. Moscow. 2023. pp. 128-130.

6. Kuzmina V.A., Melnik E.S. The influence of anthropogenic factors on the vital activity of bees // *Safety of the urban environment: proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference*. Omsk. 2022. pp. 181-184.

7. Grankin N.N., Guseva Yu.Y. The effect of pesticides on bee colonies // *Science-2020*. 2020. № 9 (25). pp. 53-57.

8. Budnikova N. V. Pesticides – the cause of mass death of bees // *Beekeeping*. 2022. №. 8. pp. 6-7.

9. Osintseva L.A. The state of populations of honey bees *Apis mellifera* L. with an increase in the pesticide load in agroecosystems // *Bulletin of the NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023. №. 4(69). pp. 253-271.

10. Vinober A.V. Causes of mass death of bees or How to avoid collapse in Russian beekeeping // *Biosphere economy: theory and practice*. 2019. №. 6(15). pp. 22-27.

11. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers / D. Goulson, E. Nicholls, C. Botias, [et al.] // *Science*. 2015. Vol. 347. №. 6229. Article 1255957. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1255957> (date of access: 06.10.2022). doi: 10.1126/science.1255957.

12. Mishukovskaya G.S., Shelekhov D.V., Giniyatullin M.G. Probiotics as components of feed additives for bees (review) // *Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex*. 2023. Vol. 37, №. 5. S. 72-79. DOI 10.53859/02352451_2023_37_5_72.

13. The baggy brood and the varroa mite are the cause of the death of bee families / A.N. Sotnikov [et al.] // *Biomika*. 2017. Vol. 9, №.4. pp. 380-383.

14. Chernyshov F.S., Litvinova A.R., Serdyuchenko I.V. Effects of the feed additive "hydrohemol" on the microflora of the digestive tract of honey bees of the Carpathian breed // *New science: Problems and prospects*. 2016. №. 6-3(85). pp. 24-27.

15. The influence of natural and mineral feeds on the egg production of bee colonies / O.A. Mamadiyarov [et al.] // *Science and Education*. 2023. No. 1-2(70). pp. 132-139. DOI 10.52578/2305-9397-2023-1-2-132-139.

16. The influence of carbohydrate-protein feed on the biological and productive qualities of the bee family / A.A. Mishchenko [et al.] // *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. 2021. Vol. 57, №. 4. pp. 52-58.

17. Features of the action of organic and inorganic sources of trace elements in animal nutrition (review) / V.S. Kryukov [et al.] // *Problems of biology of productive animals*. 2020. №. 3. pp. 27-54. DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.3.27-54.

18. Koschaeva O.S., Boyko I.A., Organic trace elements in animal feeding // *Knowledge of the young: science, practice and innovation: Proceedings of the XVIII International Scientific and practical conference of graduate students and young scientists*. Volume Part 1. Kirov. 2019. pp. 83-86.

Информация об авторах

С.Л. Воробьева – доктор с.-х. наук, профессор, проректор по образовательной деятельности и молодежной политике Удмуртского государственного аграрного университета;

М.Ю. Попкова – канд. с.-х. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и химии Удмуртского государственного аграрного университета.

Information about the author

S.L. Vorobyova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Vice-Rector for Educational Activities and Youth Policy of the Udmurt State Agrarian University

M.Yu. Popkova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Chemistry of the Udmurt State Agrarian University.

*Статья поступила в редакцию 02.02.2025; принята к публикации 05.03.2025.
The article was submitted 02.02.2025; accepted for publication 05.03.2025.*

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 636.083.143

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-90-94

Наталья Евгеньевна Земскова

Самарский государственный аграрный университет, п.г.т.

Усть-Кинельский, Россия, Zemskowa.nat@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЛОМИТОВОЙ МУКИ В ПОДСТИЛКЕ КОРОВ И ПТИЦ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе приведены результаты оценки влияния доломитовой муки в составе подстилочного материала на параметры микроклимата коровника, цеха выращивания цыплят-бройлеров и качество получаемого навоза и помета, как высокоэффективного комплексного органоминерального удобрения. Полученные данные свидетельствуют о том, что при внесении 10% по объему доломитовой муки в навоз и помет концентрация аммиака и сероводорода в помещении снизилась на 79,1 и 65,4%, соответственно. За счет высокого содержания кальция, магния и серы доломитовая мука обогатила подстилку минеральными веществами, что является важным для дальнейшего использования ее на полях в качестве органоминерального удобрения. Оптимальная доза внесения доломитовой муки на 1 м² подстилки составляет: для коров – 4...6 кг, для молодняка (до 7 месяцев) – 2 кг; для цыплят-бройлеров – 4 кг.

Ключевые слова: доломитовая мука, коровник, птичник, микроклимат, удобрение

Для цитирования: Земскова Н.Е. Использование доломитовой муки в подстилке коров и птиц в условиях Самарской области // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2025. №1. С. 90-94.

ECOLOGY

Original article

USE OF DOLOMITE FLOUR IN BEDDING COWS AND BIRDS IN SAMARA REGION

Natalia Evgenievna Zemskova

Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky settlement, Ossia,

Zemskowa.nat@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of evaluating the effect of dolomite flour in the bedding material on the parameters of the microclimate of the barn, the broiler chicken growing workshop and the quality of the resulting manure and droppings as a highly effective complex organomineral fertilizer. The data obtained indicate that when 10% by volume of dolomite flour was added to manure and droppings, the concentration of ammonia and hydrogen sulfide in the room decreased by 79.1 and 65.4%, respectively. Due to the high content of calcium, magnesium and sulfur, dolomite flour enriched the bedding with minerals, which is important for its further use in the fields as an organomineral fertilizer. The optimal dose of dolomite flour per 1 m² of litter is: for cows - 4... 6 kg, for young animals (up to 7 months) – 2 kg; for broiler chickens – 4 kg.

Keywords: dolomite flour, cowshed, poultry house, microclimate, fertilizer

For citing: Zemskova N.E. Use of dolomite flour in bedding cows and birds in samara region // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. N1. pp. 90-94.

Важнейшей составляющей развития агропромышленного комплекса России является модернизация животноводства, предполагающая создание устойчивой кормовой базы [1; 2]. Обеспечение такой базы на почвах с низкой плодородностью затруднительно без применения минеральных и органических удобрений. Однако высокая стоимость препятствует полноценному использованию удобрений сельхозпроизводителями, особенно в условиях глобального экономического кризиса. Основной задачей сохранения плодородия почвы остается восстановление запасов органического вещества.

Одним из возможных решений этой проблемы может стать применение доломитовой муки как средства для осушения и обогащения подстилок крупного рогатого скота, что послужит основой для удобрения. Такой подход экономически доступен, минимизирует затраты и одновременно способствует улучшению плодородия почв и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [3].

В связи с этим, целью исследований являлось изучение биоэкологических аспектов влияния доломитовой муки в составе подстилочного материала на эффективность основных производственных показателей животноводства и качество получаемого навоза и помета, как высокоэффективного комплексного органоминерального удобрения.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования являлись доломитовая мука месторождения Овраг Старо-Ближний, ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», навоз крупного рогатого скота и помет цыплят-бройлеров. Способ получения подстилки – смешивание доломитовой муки, фракции от 3-10 мм, с подстилкой, 3-хратно, с периодичностью 7-12 дней, в зависимости от степени увлажнения подстилки.

Результаты исследований. Особенностью доломитовой муки данного месторождения является, помимо кальция и магния, присутствие оксида серы, что является важным для растениеводства, поскольку сера способствует улучшению усвоения растениями азота и фосфора, участвует в синтезе хлорофилла, играет ключевую роль в азотном и углеводном обмене, а также в дыхании растений и биосинтезе липидов. Доза вносимой в навоз доломитовой муки определена, исходя из гигиенических требований к подстилочному материалу, используемому при выращивании птицы [4], для крупного рогатого скота аналогичны данные в литературе отсутствуют, а также, в связи с тем, что рН почв в Самарской области, в основном, имеют нейтральную среду, внесение более 10% доломитовой муки в кал является нерациональным, в связи с вероятности негативного влияния на растения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при внесении 10% доломитовой муки в навоз и помет концентрация аммиака через сорок три дня снизилась с 18,0 и 17,6 мг/м³ до 3,8 и 3,2 мг/м³, соответственно, при ПДК для крупного рогатого скота, составляющего 20,0 мг/м³, а для цыплят-бройлеров – 15,0 мг/м³, по сравнению с контролем (навоз и помет без использования доломитовой муки). Концентрация сероводорода за тот же период снизилась с 5,0 до 1,8, в помещении коров, при ПДК «следы» [5] и с 6,4 до 1,6 – в помещении цыплят-бройлеров, при ПДК 5,0 мг/м³ [6].

Таким образом, применение доломитовой муки улучшает условия содержания коров и цыплят-бройлеров, способствует снижению экологической нагрузки на окружающую среду, в результате сокращения выбросов аммиака и сероводорода из навоза и помета. В помещении коров доломит (10%) повышает в подстилке общее содержание MgO и Mg на 549,0 и 548,7%, CaO и Ca – на 182,0 и 182,3%, соответственно, водорастворимые формы SO₄(2-), S, и SO₃ – на 1261,0%, за счет присутствия их в доломите и перевода в органическую форму. Оптимальная доза внесения доломитовой муки на 1 м² подстилки составляет: для коров – 4...6 кг, для молодняка (до 7 месяцев) – 2 кг. В помещении цыплят произошло повышение в подстилке Mg и MgO на 120,0-448,0%, Ca и CaO на 53,0-100,0%; SO₄(2-), S, и SO₃ – на 706,0-979,0%, за счет присутствия магния, кальция и серы в доломите и перевода их в органическую форму.

Оптимальная норма внесения доломитовой муки на 1 подстилки цыплят-бройлеров составляет 4 кг, или 10% от объема помета.

Заключение. Доломитовая мука обладает каталитическими и ионообменными свойствами с окружающими растворами. При внесении 10% доломита в подстилку происходит снижение концентрации аммония, аммонийного азота и сероводорода в воздухе коровника и птичника, за счет связывания молекул азота и накопления его в подстилке. Ионообменные свойства доломита сочетаются с абсорбционными, что даёт возможность использовать его в составе подстилки с навозом и пометом, для создания благоприятного микроклимата животноводческих помещений и получения ценного органоминерального удобрения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Земскова Н.Е. Влияние биоконсерванта Silo Twice на качество сенажа / Н.Е. Земскова, А.Г. Мещеряков // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Кинель, 28 февраля 2022 г. Кинель: СГАУ, 2022. – С. 149-154.
2. Пенкин П.В. Влияние биоконсервантов на ферментационные процессы сенажа / П.В. Пенкин, Н.Е. Земскова, А.Г. Мещеряков // Животноводство и кормопроизводство, 2022. – Т. 105. – № 4. – С. 208-219.
3. Самсонова Н.Е. Использование соломы в качестве органического удобрения: учебно-методическое пособие / Н.Е. Самсонова. Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 16 с.
4. Медведева Д.В. Гигиенические требования к подстилочному материалу, Г46 используемому при выращивании птицы: рекомендации / Д.В. Медведева [и др.]. Витебск: ВГАВМ, 2020. – С. 17.
5. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота РД-АПК 1.10.01-18: ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина: И.И. Кочиш, П.Н. Виноградов, Е.Ю. Пеньшина, [и др.] – С. 113.
6. Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий РД-АПК 1.10.05.04-13.: Московский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (НПЦ «Гипронисельхоз»), Виноградов П.Н., Шевченко С.С., Мальгин М.Ф., Седовым О.Л. [и др.] – С. 122.

REFERENCES

1. Zemskova N.E. Influence of the biological preservative Silo Twice on the quality of haylage / N.E. Zemskova, A.G. Meshcheryakov //

Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: Collection of scientific works of the International Scientific and Practical Conference, Kinel, February 28.03.2022. Kinel: Samara State Agrarian University, 2022. – S. 149-154.

2. Penkin P.V. Influence of bioconservatives on senage fermentation processes / P.V. Penkin, N.E. Zemskova, A.G. Meshcheryakov // Livestock and feed production, 2022. – T. 105. – NO. 4. – S. 208-219.

3. Samsonova N.E. The use of straw as an organic fertilizer: educational and methodological manual / N.E. Samsonova. Smolensk: FSBEI HPE "Smolensk GSHA," 2014. – 16 s.

4. D.V. Medvedeva. Hygienic requirements for bedding material G46 used in raising poultry: recommendations / D.V. Medvedeva [et al.]. Vitebsk: VGAVM, 2020. – S. 17.

5. Methodological Recommendations for Technological Design of Cattle Farms and Complexes RD-APK 1.10.01.01-18.: FSBEI HE MGAVMiB-MVA named after K.I. Scriabin: I.I. Kochish, P.N. Vinogradov, E.Yu. Peshina, [et al.] – P. 113

6. Methodological Recommendations for Technological Design of Poultry Enterprises RD-APK 1.10.05.04-13.: Moscow branch of FGBNU Rosinformagrotech (NPC Giproniselkhoz), Vinogradov P.N., Shevchenko S.S., Malgin M.F., Sedov O.L. [et al.] – S. 122.

Информация об авторах

Н.Е. Земскова – доктор биологических наук, доцент.

Information about the authors

N.E. Zemskova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 02.03.2025; принята к публикации 05.03.2025.

The article was submitted 02.03.2025; accepted for publication 05.03.2025.

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 371.3

DOI 10.21510/3034-266X-2025-1-94-106

ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕЙМИФИКАЦИИ ПО ИНФОРМАТИКЕ

*Андрей Евгеньевич Бейгул¹, Олег Сергеевич Мутраков²,
Евгений Александрович Бейгул³*

*¹Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

²МОБУ СОШ с.Авдон, Уфимский район, РБ, Россия

¹leonov-1997@mail.ru

²avdon_mou@mail.ru

Аннотация. Педагоги общеобразовательных организаций все чаще и чаще встречаются с такой проблемой как мотивация учащихся к учебной деятельности, что говорит о повышении мотивационной составляющей в школах. Как утверждает имеющаяся психолого-педагогическая и научно-методическая литература, проблему мотивации в образовании можно решать с помощью такой технологии как геймификация. Однако существующие источники на данный момент времени имеют лишь аспекты данной технологии и опыт применения формы игрофикации в обучении. Учитывая век информационных технологий и скоротечную цифровизацию во всех сферах жизнедеятельности, остро встает вопрос о возможности геймификации в процессе обучения с помощью цифровых сервисов и приложений. Информации о таких ресурсах, к сожалению, достаточно мало, вследствие чего выступает острая необходимость в обзоре наиболее увлекательных и приемлемых средств, с помощью которых можно реализовать технологию геймификации в образовании, в частности по информатике. В данном обзоре перечисляются такие ресурсы, а также их особенности, сильные стороны и возможности в процессе обучения.

Ключевые слова: цифровые сервисы, технология геймификации, игрофикация в образовании, графический язык программирования, цифровизация образования, цифровые технологии в образовании

Для цитирования: Бейгул А.Е., Мутраков О.С., Бейгул Е.А.

Цифровые сервисы для реализации технологии геймификации в образовании // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмиллы. Серия: Естественные науки. 2025. №1. С. 94-106.

Original article

EDUCATION AND PEDAGOGICAL SCIENCES

DIGITAL SERVICES FOR THE IMPLEMENTATION OF COMPUTER SCIENCE GAMIFICATION TECHNOLOGY

Beigul Andrey Evgenievich¹, Mutrakov Oleg Sergeevich², Beigul Evgeny Alexandrovich³

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

²*MOBU sosh s .Avdon, Ufa district, RB, Russia*

¹*leoner-1997@mail.ru*

²*avdon_mou@mail.ru*

Abstract. Teachers of general education organizations are increasingly faced with such a problem as the motivation of students to study, which indicates an increase in the motivational component in schools. According to the available psychological, pedagogical and scientific and methodological literature, the problem of motivation in education can be solved with the help of such technology as gamification. However, the existing sources at this point in time have only aspects of this technology and experience in using a form of gamification in training. Given the age of information technology and the rapid digitalization in all spheres of life, the question of the possibility of gamification in the learning process using digital services and applications is acute. Unfortunately, there is not enough information about such resources, as a result of which there is an urgent need to review the most fascinating and acceptable means by which gamification technology can be implemented in education, in particular in computer science. This review lists such resources, as well as their features, strengths and opportunities in the learning process.

Keywords: digital services, gamification technology, gamification in education, graphical programming language, digitalization of education, digital technologies in education

For citing: Beygul A.E., Mutrakov O.S., Beygul E.A. Digital services for the implementation of gamification technology in education // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M.Akmulla. Series: Natural Sciences. 2025. №1. pp. 94-106.

Такой предмет как информатика подразумевает собой не только решение не сложных и тривиальных задач в виде письменной работы, например перевод из двоичной системы счисления в восьмеричную, или определение количество байт в словосочетании «Здравствуй школа!», но и связан непосредственно с изучением и работой за компьютером. Учащиеся начинают свое знакомство с основных используемых прикладных программ и приложений, такие как графические и текстовые редакторы, базы данных и электронные таблицы, программы для создания презентаций, анимации и моделей, а также языки программирования. Чтобы их изучение было увлекательным для школьников, будет правильным ввести технологию геймификации на уроках информатики.

Введение элементов игрофикации позволит учащимся повысить мотивационную составляющую и трансформировать даже из самого неактивного и бездеятельностного ученика в настоящего участника образовательной деятельности, да так, что его не придется убеждать выполнить те или иные задания, а он сам захочет попробовать совершить данную работу. Благодаря такой технологии как геймификация, обучение и развитие обучающихся будет приносить удовольствие, вызывать у них интерес как к самому процессу, так и к изучаемому материалу, не будет вызывать тревожность, так как зачастую существует страх ошибиться, а также изучаемый материал будет легко усвояемый, когда имеется заинтересованность, желание, любопытство. Помимо всего прочего такая деятельность замотивирует учащихся на саморазвитие, что зачастую является непростым и сложным решением, особенно при выполнении каких-либо задач [3].

Однако для реализации данной задумки необходим и большой труд педагога ведь именно от него зависит как будет проходить умственная работа учащихся. Учитель не просто предлагает выполнить задание в игровой форме, но в первую очередь структурирует работу для урока, проектирует план действий, подбирает материал, подготавливает средства и ресурсы. Чтобы педагог эффективно мог выполнить данные процедуры, ему рекомендуется для начала определиться с выбором сервисов и приложений для применения геймификации на уроках информатики и информационно-коммуникационных технологий [1].

Современное информационное пространство предлагает ученикам и учителям большое количество возможностей для изучения информатики (и не только) и проведения уроков в виде развлечения – игры. В качестве примера перечислим несколько простых, но в тоже время увлекательных приложений и сервисов, которые помогут в применении технологии геймификации на уроках информатики [7].

1. «Scratch». Scratch – это своего рода язык программирования, который еще называют «язык программирования для детей». Он

представляет собой сайт, в котором учащиеся могут сделать первые шаги в мир алгоритмов, выполняя различные задания (имеющиеся на самом сайте или непосредственно предлагаемые учителем), создавая при этом собственные программы, мультфильмы и игры.

Данный веб-ресурс позволит легко и в увлекательной игровой форме познакомить учащихся с основами программирования и смыслом алгоритмизации действий, при разработке собственных проектов. Детским его называют, потому что это визуальный язык программирования, а если быть точнее он подразумевает собой просто составление алгоритма. Имеющиеся блоки необходимо выстраивать в правильной последовательности, чтобы получился положительный результат. Таким образом не надо соблюдать строгие правила при написании кода, вернее сказать, его вообще не нужно писать.

Scratch превосходно подходит для ознакомления начала программировании самых маленьких учащихся, которые только-только хотят начать изучать информатику и информационно-коммуникационные технологии. Простота использования, яркий интерфейс и мультяшные герои на первый взгляд могут показаться как простая игра, на которую не нужно тратить никакого времени, ведь его лучше потратить на обучение более важным вещам, например языку программирования. Однако это неправда, ведь именно вышеупомянутые особенности программы помогут учащимся познакомиться с основами программирования и потратить время с пользой. Изучение языка программирования с его правилами и синтаксисом только отпугнет школьников от информатики, а удобный и простой интерфейс в Scratch, красочные и мультяшные действующие лица приобщат к данной дисциплине. Мало того, учащиеся не только прокачают свое логическое и алгоритмическое мышление, но и смогут проявить себя как творческая личность, ведь действия и возможности программы ограничиваются только фантазией пользователя. Таким образом приложение идеально подходит для самых юных программистов, которые начинают свой путь в мир информатики [8].

2. Blockly. Blockly – это еще один так называемый язык программирования, который называют графическим языком или визуальным. Если Scratch был создан еще в 2007 г. технологическим институтом в штате Массачусетс, то Blockly (Блокли) был уже разработан компанией Google таким автором как Нил Фрейзер и его соавторами Марком Фридманом и Элленом Спертусом в 2012 г., что говорит о его более молодом возрасте. Что в первом, что во втором приложении применяется визуальный способ разработки программ, а если быть точнее, то это графическая оболочка языка JavaScript, который в первую очередь применяют в вебе.

Они очень похожи по принципу своего действия, но не одинаковы. Blockly обладает в большей части графическим редактором

и интерпретатором. Он не нацелен на работу с объектами-спрайтами как его предшественник, а сконцентрирован на решении логических задач и головоломок, на правильную постройку алгоритма действий в определенном порядке. Таким образом Blockly – это хорошая библиотека, позволяющая создать среду для программирования (визуального) и используемого в различных веб-приложениях. Обладая таким преимуществом, он способен компилировать код в разные языки программирования, например Dart, JavaScript, Python и т.д.

Проект Blockly.Ru – это не только учитель для знакомства с программированием, но и хороший преподаватель для освоения общей образовательной программы школьного учреждения, так как там существуют задачи, их решение и разбор из ОГЭ и ЕГЭ, где учащиеся могут не только изучить принцип решения, но и попробовать самостоятельно написать код программы, с помощью подсказок, на языке программирования Python. Задачник и решебник Python поможет как учащимся подготовиться к экзаменам, так и самому учителю информатики оперативно провести данную подготовку [6].

3. CodeCombat. Для более повзрослевших школьников и учащихся, которые осваивают среду программирования – рекомендуется CodeCombat – это многопользовательская браузерная игра, именно игра, а не геймифицированный курс по программированию. Во многом школьников и студентов отталкивает программирование из-за бесконечного набора строк кода, который как кажется на первый взгляд чисто теоретически несет в себе како-либо смысл. Однако CodeCombat – это уже реальная компьютерная ролевая игра (RPG), с помощью которой пользователь осваивает программирование через битвы с другими пользователями или компьютером, захватывая при этом территориальные земли.

Управление в данной игре происходит непосредственно за счет кода, а именно на выбор а) блоки (иконки) – блочные иконки для телефонов или дошкольников; б) текстовые блоки – для планшетов и младших школьников; в) блоки и код – блоки и текстовые коды рядом, для школьников среднего звена и учащихся погружающихся в программирование; г) текстовый код – непосредственная печать кода в редакторе, для продвинутых пользователей и немного знающих основы программирования. Пользователь выбирает любого из предложенных ему героя и управляет им, выполняя задания, о которых упоминалось ранее с помощью определенных действий выполняемыми командами JavaScript и Python, что уже говорит о возможности перемещения урока информатики в игру, т.е. о применении геймификации по информатике. Ведь в самом начале простые действия не требуют серьезных навыков, а позже, чтобы тем более пройти всю игру, необходимо и думать больше, и запоминать все команды и коды, ведь задачи, поставленные перед игроком, станут гораздо сложнее, но

в пределах разумного, чтобы не пропал интерес.

CodeCombat строится из нескольких миров в которых имеется большое количество уровней, на каждом из которых участнику игры дается определенная задача, начиная от простого (перемещение вперед, вниз, вверх и т.д.), до сложной (например, найти артефакт, способный помочь в победе над «боссом» в виде какого-либо монстра, добывая с него ключ, который поможет выбраться из подземелья, управляя при этом не одним персонажем, а целым отрядом.

При написании обычного кода в простой программе и компиляторах JavaScript и Python, ученик просто наблюдает в основном набор символов, строчек и цифр, что редко может вызвать интерес. Да результатом можно вывести графически, например при моделировании графиков, но для этого нужно освоить много этапов. В свою очередь CodeCombat позволяет учиться программированию именно играя в игру, тем самым и развлекая пользователя и внося возможность прочувствовать язык программирования. В ней ребенок получает отклик (реакцию) персонажа в режиме реального времени, не говоря уже об моментальном результате работы кода, без учета грубых синтаксических ошибок. Такой тип обучения отлично подойдет к развитию алгоритмического мышления, а более сложные задачи и неожиданные повороты в игре будут формировать критическое мышление. Помимо всего прочего, игра предлагает не только индивидуальное прохождение, но и многопользовательский режим, которая развивает коммуникационные навыки детей, а также обучает работе в коллективе, тактическим действиям и учит взаимопомощи [2].

4. Classcraft. Classcraft – это ни что иное как ролевая онлайн-игра, чрез которую учащиеся могут получать очки, выполнять различные задания и решать определенные задачи по какому-либо предмету. Да, она не рассчитана на конкретную дисциплину, а может применяться на любом уроке, так как обучение там происходит через игру.

Данный цифровой сервис может отлично применяться для групповых занятий, составляя небольшие команды по 4 или 5 учеников. Учащиеся выбирают себе персонажа из трех предоставляемых классов, каждый из которых обладает уникальными умениями. За учителем остается право снимать очки с одного персонажа или со всей команды за определенные проступки, например, кто-то не выполнил домашнюю работу или задание в классе или вся команда недисциплинированно вела себя на уроке. Стоит отметить, что педагог не просто может снимать очки за проступки, а он сам и выдвигает данные правила, например определенные правила поведения, за нарушение которых снимается балл, а за соблюдение которых добавляется балл всей команде.

Имеющийся инструмент позволяющий автоматизировать

работу в классе – это квесты. Данный инструмент при открытии начинает какой-либо квест, который должен выполнить ученик или вся его команда, в зависимости от проходимой в данный момент темы урока. В квесте дается одно или несколько заданий, срок выполнения и кому он адресован. Квесты и задания создает непосредственно сам педагог, а также можно получить от других педагогов на сайте или в приложении Classcraft. Данный инструмент отлично подходит для изучения новой или закрепления старой темы, позволяет работать на компьютере или доске, в том числе и на интерактивной выводя изображение на экран, а остальные учащиеся могут работать в приложении.

В приложении есть возможность общаться с учителем, другими учениками и их родителями (при получении доступа). С помощью такой коммуникации можно делать рассылку домашнего задания или какого-либо объявления, что не просто делает данную программу как систему геймификации на уроке, а и настоящим мессенджером, или социальной сетью.

Таким образом Classcraft – это перенос игры в учебный класс или обучение учащихся через призму игры, в которой дети, выполняя задания получают очки опыта, повышают свой уровень и приобретают новые способности. «Монстры» и «боссы» в ней – это ничто иное как задания, контрольные и тесты, а классная комната – локация для игры, которая мотивирует школьников к обучению через возможность повышения уровня своего персонажа [4].

5. LearningApps. LearningApps – это сайт, который представляет собой бесплатный онлайн сервис и в котором пользователи могут создавать собственные задания, выполнять задания других пользователей, а также редактировать уже имеющиеся в базе данных. Создаваемые упражнения можно использовать в образовательных организациях во время уроков как в урочной, так и во внеурочной деятельности.

Сайт является по сути приложением Web 2.0, с помощью которого педагог может провести урок в увлекательном формате, например учитель выстраивает структуру урока в виде игры-викторины. В данном сервисе имеются задания разного уровня и разных педагогических организаций начиная от детских садов и начальных классов, заканчивая училищами и университетами. Основным преимуществом сайта – является интерактивность, задания, которые можно создать или которые уже есть в бесплатном доступе имеют интерактивный характер, что позволяет проводить уроки в веселом и непринужденном формате. Предоставляемый огромный архив заданий разделен на несколько разделов и категорий (по дисциплине, по уровню знаний, по теме или разделу предмета) [5].

Сайт хорош тем, что предоставляет максимальные удобства при

создании собственных заданий и упражнений благодаря имеющимся шаблонам (пазлы, тесты, кроссворды и т.п.). Конечно, полностью традиционное обучение это не заменит, однако для проведения небольшой проверочной работы, теста, или просто для закрепления знаний – данная платформа подойдет идеально.

В наши дни достаточно много молодых ученых и педагогов, которые поднимают тему геймификации, так как она как никогда актуальна. Учитывая большой объем, имеющийся психолого-педагогической и научно-методической литературы на тему геймификации, можно сказать, что предпосылки для геймификации были достаточно давно, однако понятие стало набирать свой оборот сравнительно недавно. Раньше не говорили именно про геймификацию, игрофикацию и т.п., а просто вели рассуждения о необходимости введения игровых элементов в неигровом контексте для повышения мотивации и стимула у учащихся. Стоит отметить, что педагогами и учеными был доказан рост увлеченности в использовании такого подхода в том числе и в обучении. Однако в вышеупомянутой литературе, крайне мало информации о применении цифровых сервисов для реализации технологии геймификации в образовании [2].

Данный обзор цифровых инструментов и средств, которые могут применяться при реализации технологии геймификации в образовании, будет полезен педагогам общеобразовательных организаций, в частности учителям-предметникам по информатике. Прочитав статью, они смогут поближе познакомиться с вышеуказанными цифровыми сервисами для реализации технологии геймификации в образовании, после чего каждый преподаватель может выделить для себя определенное средство или ресурс в целях введения педагогической деятельности с элементами игрофикации на своих уроках.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абишева Ж.М. Геймификация в образовании / Ж.М. Абишева, Б.Ш. Разахова // Компьютерная обработка тюркских языков. TURKLANG 2022: Труды X Междун. конф., Нур-Султан, 16–18.06.2022 г. – Нур-Султан: ИП «Булатов А.Ж.», 2022. – С. 342-351.
2. Гусев И.Е. Инновационные формы игровых технологий в процессе изучения предметов ИКТ-цикла: геймификация / И.Е. Гусев // Проблемы теории и практики инновационного развития и интеграции современной науки и образования: сборник статей по итогам Междун. междисциплинарной конф., Москва, 20.02.2019 г. / М.: Московский государственный областной университет, 2019. – С. 71-75.
3. Мкртчян Т.Р. Роль геймификации в современной концепции качества жизни человека в условиях цифровой реальности /

Т.Р. Мкртчян, Н.А. Юдина // Россия и мир в новое и новейшее время - из прошлого в будущее: Матер. XXV юбилейной ежегодной междун. науч. конф. В 4 томах, Санкт-Петербург, 22.03.2019 г. / Т. 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. – С. 7-12.

4. Куликов В.П. Игровые элементы геймификационной системы / В.П. Куликов, С.Д. Байжуманов, К.Р. Кусманов // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2019. – № 4(47). – С. 250-255.

5. Шергазиева М.С. Геймификация в современном образовании: перспективы и преимущества / М.С. Шергазиева, Н.А. Ибраева, А.Б. Садырбаева // Вестник Исык-Кульского университета. – 2024. – № 57. – С. 250-255.

6. Черказьянов А.Д. Геймификация в образовании: достоинства и недостатки / А.Д. Черказьянов, Е.Е. Андреева // Актуальные проблемы социогуманитарного образования: Сб. статей, Выпуск 6. – Екатеринбург, 2023. – С. 155-161.

7. Tokzhigitova, N.K. Formation of a dynamic model of it majors using gamification / N.K. Tokzhigitova, N.A. Lili, A.N. Tokzhigitova // Education. Quality Assurance. – 2023. – No. 4(33). – pp. 77-86.

8. Tsitavets T.Y. Gamification in higher education: contemporary issues / T.Y. Tsitavets // Университет - территория опережающего развития: Сб. науч. статей Междун. научно-практ. конф., посвящ. 80-летию ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно, 19–20.02.2020 г. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2020. – pp. 256-257.

REFERENCES

1. Abisheva J.M. Gamification in education / J.M. Abisheva, B.S. Razmakhova // Computer processing of Turkic languages. TURKLANG 2022: PROCEEDINGS OF the X International Conference, Nur Sultan, June 16-18, 2022. – Nur Sultan: IP "Bulatov A.J.", 2022. – pp. 342-351.

2. Gusev I.E. Innovative forms of gaming technologies in the process of studying the subjects of the ICT cycle: gamification / I.E. Gusev // Problems of theory and practice of innovative development and integration of modern science and education: a collection of articles based on the results of the International Interdisciplinary Conference, Moscow, February 20, 2019 / ed. and comp. V.G. Shevchenko, M.V. Shevchuk. – Moscow: Moscow State Regional University, 2019. – pp. 71-75.

3. Mkrтчян T.R. The role of gamification in the modern concept of human quality of life in digital reality / T.R. Mkrтчян, N.A.

Yudina // Russia and the world in modern and modern times - from the past to the future: Proceedings of the XXV anniversary annual international scientific conference. In 4 volumes, St. Petersburg, March 22, 2019 / Edited by V.M. Dobroshtan, S.I. Bugashev, A.S. Minin, T.V. Rabush. Volume 2. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2019. – pp. 7-12.

4. Kulikov V.P. Game elements of a gamification system / V.P. Kulikov, S.D. Baizhumanov, K.R. Usmanov // Bulletin of the Almaty University of Energy and Communications. – 2019. – № 4(47). – Pp. 250-255.

5. Shergazieva M.S. Gamification in modern education: prospects and advantages / M.S. Shergazieva, N.A. Ibraeva, A.B. Sadyrbayeva // Bulletin of Issyk-Kul University. – 2024. – No. 57. – pp. 250-255.

6. Cherkozyanov A.D. Gamification in education: advantages and disadvantages / A.D. Cherkazyanov, E. E. Andreeva // Actual problems of social and humanitarian education: A collection of articles / Scientific ed. E.V. Dongauzer, T.S. Dorokhova. Volume 6. – Yekaterinburg: Publishing house "Without", 2023. – pp. 155-161.

7. Tokzhigitova N.K. Formation of a dynamic model of it majors using gamification / N.K. Tokzhigitova, N.A. Lili, A.N. Tokzhigitova // Education. Quality Assurance. – 2023. – No. 4(33). – P. 77-86.

8. Tsitavets T.Y. Gamification in higher education: contemporary issues / T.Y. Tsitavets // University - territory of advanced development: A collection of scientific articles of the International Scientific and practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the GrSU. Yanka Kupala, Grodno, February 19-20, 2020 – Grodno: Yanka Kupala Grodno State University, 2020. – P. 256-257.

Информация об авторах

Бейгул А.Е. – студент;

Мутраков О.С. – кандидат экономических наук, доцент;

Бейгул Е.А. – учитель информатики, технологии.

Information about the authors

A.E. Beigul – student;

O.S. Mutrakov – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;

E.A. Beigul – is a teacher of computer science and technology.

Статья поступила в редакцию 02.09.2024; принята к публикации 05.10.2024.

The article was submitted 02.09.2024; accepted for publication 05.10.2024.

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 сериям:

- Естественные науки
- Филологические науки
- Социально-гуманитарные науки

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 3 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 материалы проходят проверку в системе «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, например, «**Иванов.doc**»

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 данные идут в следующей последовательности:

1. Полное название статьи (прописными буквами по центру);
2. Фамилие, имя, отчество (полностью), наименование организации, где выполнена работа, город, страна, электронный адрес;
3. Аннотация (содержит основные цели предмета исследования, главные результаты и выводы объёмом не менее 250 слов);
4. Ключевые слова (не более 15);
5. Данные для цитирования (фамилия, инициалы, название статьи, название журнала);
6. Пункты 1-5 на английском языке;
7. Текст публикации по структуре:

Введение:

- *актуальность темы;*
- *проблема, которую предстоит исследовать;*
- *степень разработанности (обзор литературы);*
- *цель и задачи;*

Основная часть:

- *теоретико-методологические основы и методы исследования;*
- *результаты исследования;*

Заключение:

- *выводы;*
- *возможные направления дальнейших исследований;*

8. Список источников (не менее 15), оформленный в соответствии с требованиями;

9. Транслитерация (Reference) с переводом названия источника;

10. Информация об авторе / авторах на русском и английском языках.

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}

¹Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи, Москва, Россия, zasratyan@yahoo.com, https://orcid.org/0000-0003-1288-7561

²Первый 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 обозначений¹⁾.

Пример –

Пётр Анатольевич Коротков¹, Алексей Борисович Трубянов², Екатерина Андреевна Загайнова³

¹Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, korotp@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0340-074X>

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, true47@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2342-9355>

³Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, e.zagaunova@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, ²Институт социально-политических исследований, Федеральный научно-исследовательский социологический центр, Российская академия наук, Москва, Россия

¹uzubok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3108-261>

²chuprov443@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. Зубок – 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 палата, Россия

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. Список должен содержать не менее 15 названий источников.

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; размер страницы – 17 на 26.

- 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 ($\underline{\underline{P}}$, $\overline{\overline{p}}$; $\underline{\underline{S}}$, $\overline{\overline{s}}$). 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 (нуль), 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{J} , \mathcal{Z} , \mathcal{P} , \mathcal{R} , ∇ , \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: РД 153-34.0-03.298-2001. 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)

Материал (текст, статья), расположенный на сайте:

Фамилия И.О. авторов. Заглавие текста на экране [Электронный ресурс] // Заглавие сайта : сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности. URL : http://www.____ (дата обращения: _____)

Если нет какой-либо области описания – пропускаем.

Пример:

1. Новосибирск [Электронный ресурс]// Википедия: Свободная энциклопедия. URL: <http://www.ru.wikipedia.org/wiki/%D0%EE%E2%EE%F1%E8%E1%E8%F0%F1%EA> (дата

обращения: 11.12.13)

Книга из полнотекстовой электронно-библиотечной системы (эбс)

Книга с 1-3 авторами:

Карпенков С.Х. Экология [Электронный ресурс]: учебник. Электрон. Текстовые данные. М.: Логос, 2014. 400 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/21892>. ЭБС «IPRbooks».

Книга с 4 и более авторами:

Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.А. Беклемишева [и др.]; под ред. Д.В. Беклемишева. Электрон. текстовые дан. Изд. 3-е, испр. СПб.: Лань, 2008. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/76/>

Ссылки внутри текста

Затекстовые библиографические ссылки:

В конце абзаца текста в квадратных скобках [**3, с. 25**]

3 – номер источника в списке литературы с. 25 – номер страницы.

Статьи, оформленные с нарушением перечисленных выше правил, редакцией не рассматриваются.

Образец:

ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 81'38

DOI:

СТИЛИСТИЧЕСКОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ПОВЕСТИ А.С. ПУШКИНА «КАПИТАНСКАЯ ДОЧКА»

Иван Иванович Иванов¹, Иван Иванович Сидоров²

*^{1,2}Башкирский государственный педагогический университет
им. М.Акмиллы, Уфа, Россия*

¹ivanov@mail.ru

²nova8@mail.ru

Аннотация. В статье проводится стилистический анализ повести А.С. Пушкина «Капитанская дочка», исследуются уникальные стилистические особенности произведения. Анализ текста с точки зрения языковых и стилистических приемов позволяет раскрыть особенности художественного исполнения и языкового мастерства. Исследование фокусируется на использовании лексических оборотов, фразеологизмов, художественных приемов, а также на роли стилистики в создании образов. Результаты анализа помогают более глубоко понять и оценить вклад А.С. Пушкина в развитие русской литературы, а также выдвинуть новые исследовательские гипотезы относительно структуры и смысла «Капитанской дочки»... (не менее 250 слов).

Ключевые слова: А.С. Пушкин, Капитанская дочка, стилистический прием, языковое мастерство, повесть

Для цитирования: Иванов И.И., Сидоров И.И. Стилистическое своеобразие повести А.С.Пушкина «Капитанская дочка» // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмиллы. Серия: Филологические науки. 2024. №1. С.

LITERARY STUDIES

Original article

THE STYLISTIC UNIQUENESS OF THE NOVELLA "THE CAPTAIN'S DAUGHTER" BY A.S. PUSHKIN

Ivan I. Ivanov¹, Ivan I. Sidorov²

*^{1,2} Bashkir State Pedagogical University n.a. M. Akmulla, Ufa,
Russia*

¹ivanov@mail.ru

²nova8@mail.ru

Abstract. The article presents a stylistic analysis of Alexander Pushkin's novella "The Captain's Daughter," exploring its unique stylistic features. Analyzing the text from the perspective of language and stylistic devices helps reveal the artistic execution and linguistic mastery of the work. The study focuses on the use of lexical expressions, phraseology, artistic techniques, and the role of stylistics in character creation. The results of the analysis aid in a deeper understanding and appreciation of Alexander Pushkin's contribution to the development of Russian literature, as well as in proposing new research hypotheses regarding the structure and meaning of "The Captain's Daughter." ... (не менее 250 слов).

Keywords: Alexander Pushkin, The Captain's Daughter, stylistic device, linguistic mastery, novella

For citing: Ivanov I.I., Sidorov I.I. Stylistic uniqueness of Alexander Pushkin's novella "The Captain's Daughter" // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Philological Sciences. 2024. №1. pp.

Структура текста публикации:

Введение:

- актуальность темы;
- проблема, которую предстоит исследовать;
- степень разработанности (обзор литературы);
- цель и задачи.

Основная часть:

- теоретико-методологические основы и методы исследования;
- результаты исследования;

Заключение:

- выводы;
- возможные направления дальнейших исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ (не менее 15)

1. Абрамзон С. М. Киргизы и их этногенетические и историко-культурные связи. – Л., 1971.
2. Ахмеров Р. Б. Наскальные знаки и этнонимы башкир. – Уфа: Китап, 1994. – 112 с: ил. ISBN 5-295-01493-2 (Из записок историка-краеведа).
3. Башкорт халык ижады. 5-се том. Тарихи кобайырзар, хикәйттәр, иртәктәр / Төзөүсе, инеш мәкәлә, коммент., глоссарий

авторы Н.Т. Зарипов. Яуаплы редактор З.Ф. Ураксин. – Өфө, 2000. – 391 б.

4. Башкорт халык ижады. XIII т. Хайуандар тураһында әкиәттәр / Төз, баш һүз авторы Г.Р. Хөсәйенова, аңл. авт.-ры Л.Г. Бараг, М.М. Мингажетдинов, Г.Р. Хөсәйенова. – Өфө: Китап, 2009. – 200 б.

5. Башкорт халык ижады. Әкиәттәр III китап / Төз. Н.Т. Зарипов, М.М. Мингажетдинов, аңл. авт.-ры Л.Г. Бараг, Н.Т. Зарипов. – Өфө: Башкитап нәшриәте, 1978, – 351-се б.

6. Башкорт халык ижады. Йола фольклоры / Төз., инеш һүз, аңл. авт.-ры Ә. Сөләймәнов, Р. Солтангәрәева. – Өфө, Китап: 1995. – 556 б.

7. Башкорт халык ижады. Мәкәлдәр һәм әйтемдәр. Беренсе китап / Төз., башһүз, аңлатм. авторы. Ф.А. Нәзершина – Өфө: Китап, 2006. – 544 б.

8. Башкорт халык ижады. Т.5. Тарихи кобайырзар, хикәйәттәр, иртәктәр/ Төзөүсе, инеш мәкәлә, коммент., глоссарий авторы Н.Т. Зарипов. Яуаплы редактор З.Ф. Ураксин. – Өфө, Китап, 2000. 5-се том, 391 С.

9. Березкин Ю. Е. Реконструкция сюжета создания человека у степных индоевропейцев // Культуры степной Евразии и их взаимодействие с древними цивилизациями. – СПб.: ИИМК РАН. «Периферия». Ред. коллегия. 2012. кн. 2. – 584 с.

10. В преддверии философии: духовные искания древнего человека Г. Франкфорт, Г.А. Франкфорт, Дж.Уилсон, Т.Якобсен. – СПб.: Амфора, 2001. – 314 с

11. Захарова А.Е. Архаическая ритуально-обрядовая символика народа Саха. – Новосибирск: Наука, 2004. – 312с.

12. Инан А. Шаманизм тарихта һәм бөгөн. – Өфө: Китап, 1998, 223 б.

13. Куканова В. В. Архаические представления о ветре в калмыцком фольклоре: междисциплинарный подход / В. В. Куканова // Новый филологический вестник. – 2021. – № 2(57). – С. 371-391. – DOI 10.24411/2072-9316-2021-00058. – EDN LZFRJY.

14. Петров А. М. Образы воздушной стихии в русском религиозном фольклоре / А.М. Петров // Религиоведение. – 2022. – № 4. – С. 93-99. – DOI 10.22250/20728662_2022_4_93. – EDN DPLAQW.

15. Султангареева Р.А. Башкирский фольклор: семантика, функции и традиции. Т.2. Календарный фольклор: миф и ритуал. – Уфа: Башк. энцикл., 2019. – 296 с.

REFERENCES

Список источников в конце статьи представляется в транслитерации (с переводом в квадратных скобках [] названия источника на английский язык).

1. Abramzon S. M. Kirgizy i ih etnogeneticheskie i istoriko-kul'turnye svyazi [Kyrgyz people and their ethnogenetic, historical and cultural ties]. – L., 1971.
2. Ahmerov R. B. Naskal'nye znaki i etnonimy bashkir [Rock signs and ethnonyms of Bashkirs]. – Ufa: Kitap, 1994. – 112 s: il. ISBN 5-295-01493-2 (Iz zapisok istorika-kraevedy).
3. Bashkort halyk izhady. 5-se tom. Tarihi kobajyrzar, hikəjəttər, irtəktər [Bashkir folk art. Volume 5. Historical kubairs, legends, tales] / Təzəyşe, inesh məkələ, komment., glossarij avtory N.T. Zaripov. YAuply redaktor Z.F. Uraksin. – Əfə, 2000. – 391 b.
4. Bashkort halyk izhady. XIII t. Hajuandar turahynda əkiəttər [Bashkir folk art. XIII vol. Animal Tales] / Təz, bash hüz avtory G. R. Həsəjenova, aңl. avt-ry L. G. Barag, M. M. Mingazhetdinov, G. R. Həsəjenova. – Əfə: Kitap, 2009. – 200 b.
5. Bashkort halyk izhady. Əkiəttər III kitap [Bashkir folk art. Fairy Tales book III] / Təz. N.T. Zaripov, M.M. Minhazhetdinov, aңl. avt-ry L.G. Barag, N.T. Zaripov. – Əfə: Bashkitap nəshriəte, 1978, – 351-se b.
6. Bashkort halyk izhady. Jola fol'klory [Bashkir folk art. Ritual folklore] / Təz., inesh hüz, aңl. avt-ry Ə. Sələjmənov, R. Soltangərəeva. – Əfə, Kitap: 1995. – 556 b.
7. Bashkort halyk izhady. Məkəldər həm əjtemdər. Berense kitap [Bashkir folk art. Proverbs and sayings. The first book] / Təz., bashhüz, aңlatm. avtory. F.A. Nəzərshina. – Əfə: Kitap, 2006. – 544 b.
8. Bashkort halyk izhady. T.5. Tarihi kobajyrzar, hikəjəttər, irtəktər [Bashkir folk art. Vol. 5. Historical kubairs, tales, tales] / Təzəyşe, inesh məkələ, komment., glossarij avtory N.T. Zaripov. YAuply redaktor Z.F. Uraksin. – Əfə, Kitap, 2000. 5-se tom, 391 s.
9. Beryozkin YU. E. Rekonstrukciya syuzheta sozdaniya cheloveka u stepnyh indoevropceev [Reconstruction of the plot of human creation among the steppe Indo-Europeans] // Kul'tury stepnoj Evrazii i ih vzaimodejstvie s drevnimi civilizacijami. – SPb.: IIMK RAN. «Periferiya». Red. kollegiya. 2012. kn. 2. – 584 s.
10. V preddverii filosofii: duhovnye iskaniya drevnego cheloveka G. Frankfort, G.A. Frankfort, Dzh.Uilson, T.Yakobsen [On the threshold of philosophy: the spiritual quest of ancient man G. Frankfort, G.A. Frankfort, J.Wilson, T.Jacobsen]. – SPb.: Amfora, 2001. – 314 s
11. Zaharova A.E. Arhaicheskaya ritual'no-obryadovaya simbolika naroda Saha [Archaic ritual and ceremonial symbols of the Sakha people]. – Novosibirsk: Nauka, 2004. – 312s.
12. Inan A. SHamanizm tarihta həm bəgen [Shamanism in history and today]. – Əfə: Kitap, 1998, 223 b.
13. Kukanova V. V. Arhaicheskije predstavleniya o vetre v kalmyckom fol'klоре: mezhdisciplinarnyj podhod [Archaic ideas about the

wind in Kalmyk folklore: an interdisciplinary approach] / V. V. Kukanova // Novyj filologicheskij vestnik. – 2021. – № 2(57). – S. 371-391. – DOI 10.24411/2072-9316-2021-00058. – EDN LZFRJY.

14. Petrov A. M. Obrazy vozdušnoy stihii v ruskom religioznom fol'klore [Images of the air element in Russian religious folklore] / A. M. Petrov // Religiovedenie. – 2022. – № 4. – S. 93-99. – DOI 10.22250/20728662_2022_4_93. – EDN DPLAQW.

15. Sultangareeva R.A. Bashkirskij fol'klor:semantika, funkcii i tradicii. T.2. Kalendarnyj fol'klor: mif i ritual [Bashkir folklore:Semantics, functions and traditions. Vol. 2. Calendar folklore: myth and ritual]. – Ufa: Bashk. encikl., 2019. – 296 s.

Информация об авторах

И.И. Иванов – аспирант;

И.И. Сидоров – кандидат филологических наук, доцент.

Information about the authors

I.I. Ivanov – graduate student;

I.I. Sidorov – Candidate of Science (Philology), Associate Professor.

Вклад авторов

И.И. Иванов – сбор материала, обработка материала.

И.И. Сидоров – научное редактирование текста; концепция исследования;

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

I.I. Ivanov – scientific editing of the text; research concept;

I.I. Sidorov – data collection, data processing.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 00.00.2024; принята к публикации 00.00.2024.

The article was submitted 00.09.2024; accepted for publication 00.00.2024.

**ВЕСТНИК
БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. М. АКМУЛЛЫ**

16 +

Серия: Естественные науки.

**Редакция не всегда разделяет мнение авторов.
Статьи публикуются в авторской редакции.**

Компьютерный набор.
Гарнитура Times New Roman
Гарнитура Times.
Формат 60×90/16
Тираж 1000 экз.