



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN 2541-8386



№9(82)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ
И ХИМИЯ

МОСКВА, 2025



**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ**

*Сборник статей по материалам LXXXII международной
научно-практической конференции*

№ 9(82)
Ноябрь 2025 г.

Издается с ноября 2016 года

Москва
2025

УДК 54/57+61+63

ББК 24/28+4+5

НЗ4

Председатель редакционной коллегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Арестова Инесса Юрьевна – канд. биол. наук, доц. кафедры биоэкологии и химии факультета естественнонаучного образования ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», Россия, г. Чебоксары;

Кван Ольга Вилориевна – д-р биол. наук, заведующий отделом, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук;

Севостьянова Ольга Игоревна – канд. биол. наук, доцент, руководитель управления инновационных образовательных программ Ставропольского государственного аграрного университета, г. Ставрополь;

Шейда Елена Владимировна – доктор биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологии РАН.

НЗ4 Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам LXXXII междунар. науч.-практ. конф. – № 9(82). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 68 с.

ISSN 2541-8386

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ББК 24/28+4+5

ISSN 2541-8386

© «МЦНО», 2025

Оглавление

Статьи на русском языке	6
--------------------------------	----------

Медицина и фармацевтика	6
--------------------------------	----------

Раздел 1. Клиническая медицина	6
---------------------------------------	----------

1.1. Акушерство и гинекология	6
--------------------------------------	----------

РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ЮНФПА	6
------------------------------------	---

ПО ВПЧ ТЕСТИРОВАНИЮ В РЕСПУБЛИКЕ

КАРАКАЛПАКСТАН

Зарипова Мухаббат Сарсенбаевна

Байниязова Балхия Маденбаевна

Султамуратова Меруерт Мырзабаевна

1.2. Внутренние болезни	14
--------------------------------	-----------

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОГО	14
------------------------------------	----

ИНСУЛЬТА У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ

ГИПЕРТЕНЗИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

МНОГОФАКТОРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

НА ОСНОВЕ РУТИННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ

И КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Сапотько Татьяна Николаевна

Пронько Татьяна Павловна

Трубко Дарья Сергеевна

Раздел 2. Медико-биологические науки	20
---	-----------

2.1. Восстановительная медицина, спортивная	20
--	-----------

медицина, лечебная физкультура,

кураторология и физиотерапия

ПИЛАТЕС КАК СПОСОБ УЛУЧШИТЬ НАСТРОЕНИЕ	20
И САМОЧУВСТВИЕ	

Банек Арина Владимировна

Брашован Елена Александровна

Раздел 3. Профилактическая медицина	28
3.1. Гигиена	28
ГИГИЕНА ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНЫХ ДИЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ С АНТИОКСИДАНТНЫМ КОМПЛЕКСОМ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЙ Березовская Анастасия Валерьевна	28
Химия	37
Раздел 4. Химия	37
4.1. Органическая химия	37
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ НОВЫХ ГИДРАЗОНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ Мендибаева Анель Жанатовна Жаутикова Сауле Базарбаевна Нуркенов Оралгазы Актаевич Кабиева Сауле Казжановна	37
САМОСОБИРАЮЩИЕСЯ МОНОСЛОИ НА ОСНОВЕ ДИАМОНДОИДОВ: ОТ АДАМАНТАНА ДО ВЫСШИХ ДИАМОНДОИДОВ Новиковский Анатолий Александрович Неделькин Владимир Иванович	45
Articles in english	57
Chemistry	57
Section 1. Chemistry	57
1.1. Analytical chemistry	57
DETERMINATION OF ZIRCONIUM IN THE FORM OF MULTILIGAND COMPLEXES WITH ORTHONITROBENZOLAZOPYROCATECHIN AND CETYLTRIMETHYLAMMONIUM BROMIDE Ahmadov İntizam Alisafa Pashajanov Aydin Muhammad	57

1.2. Petrochemicals

62

COMPARATIVE STUDY OF ADDITIVES IMPROVING
THE LUBRICITY OF DIESEL FUEL

62

Andayev Siroj Rustamovich
Urinov Ulugbek Komiljonovich

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

МЕДИЦИНА И ФАРМАЦЕВТИКА

РАЗДЕЛ 1.

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

1.1. АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ЮНФПА ПО ВПЧ ТЕСТИРОВАНИЮ В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН

Зарипова Мухаббат Сарсенбаевна

тренер,

Центр переподготовки и повышение

квалификация врачей

медицинского института Каракалпакистана,

Узбекистан, г. Нукус

Байниязова Балхия Маденбаевна

тренер,

Центр переподготовки

и повышение квалификация врачей

медицинского института Каракалпакистана,

Узбекистан, г. Нукус

Султамуратова Меруерт Мырзабаевна

главный врач

поликлиники № 1 г. Нукуса,

Узбекистан, г. Нукус

RESULTS OF THE UNFPA PILOT PROJECT ON HPV TESTING IN THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN

Zaripova Mukhabbat Sarsenbaevna

*Coach,
Karakalpak Medical Institute,
Republic of Karakalpakstan, Nukus*

Bayniyazova Balxiya Madenbaevna

*Coach,
Karakalpak Medical Institute,
Republic of Karakalpakstan, Nukus*

Sultamuratova Meruert Mirzabaevna

*Chief physician of Polyclinic No. 1 in Nukus,
Republic of Uzbekistan, Nukus*

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты пилотного проекта ЮНФПА по тестированию на ВПЧ в Республике Каракалпакстан, охват населения тестированием на ВПЧ, который позволил улучшить доступ к диагностике и своевременному началу лечения, а также повысить осведомленность о заболевании среди населения. Этот проект стал важным шагом к профилактике и контролю ВПЧ в регионе, заложив основу для дальнейшего расширения подобных инициатив.

Abstract. This article presents the results of a UNFPA pilot HPV testing project in the Republic of Karakalpakstan. This project improved access to diagnosis and timely treatment, as well as increased public awareness of the disease. This project was an important step towards HPV prevention and control in the region, laying the foundation for further expansion of similar initiatives.

Ключевые слова: скрининг, рак шейки матки, типы вируса папилломы человека, кольпоскопия.

Keywords: screening, cervical cancer, human papillomavirus types, colposcopy.

Актуальность

В Узбекистане зарегистрировано 6443 случаев РШМ. РШМ несколько возросло по сравнению с 2019 годом и составило 1827 случаев

(28,35 %). В 2022 году число случаев составило 1823 случая (28,29 %). Заболеваемость и смертность неуклонно растут, и, по прогнозам, к 2030 году рак шейки матки будет вызывать 2100 новых случаев заболевания и 1300 смертей в год [2].

В Каракалпакстане заболеваемость раком шейки матки занимает второе место после рака молочной железы среди женского населения. Злокачественная опухоль шейки матки за 2020 год унесла жизнь 71 женщины Каракалпакстана [2; 5]

Материалы и методы. В ходе исследовательской работы охвачены женщины (30–55 лет) с информированным согласием для проведения ВПЧ-тестирования. Для успешного внедрения программы была организована комплексная коммуникация с населением и общественностью через разные каналы: телевидение, радио, СМИ: пресса – статьи и интервью в местных газетах, мастер-классы, социальные сети распространение брошюр, лифлетов и видеоматериалов. Все вышеуказанные действия осуществлялись вместе с онкогинекологами.

В начале посредством проекта было обучено 45 гинекологов, 150 семейных врачей, 270 патронажных медсестёр, 77 акушерок первичного звена, которые в дальнейшем были задействованы в проведении ВПЧ-тестирования. Проект был оснащен соответствующим оборудованием и тест-системами для выявления ВПЧ: 8 тест машин и 50 тысяч тестов, приобретенных правительством Японии, были установлены в восьми районных многопрофильных поликлиниках Каракалпакстана. Также использовались 3 комплекта оборудования для радиоволновой хирургии, включая дымословитель. Они были установлены в Канликульском и Кегейлийском районах и г. Нукусе, специалисты обучены работе с ними.

Результаты исследования

В Каракалпакстане проведен скрининг в 11 районах. Было выполнено 49140 тестов, из которых 3290 (6,7 %) оказались положительными на наличие вируса в организме «HPV+». Все пациентки с выявленной патологией были направлены на дальнейшие консультации и лечение к специалистам узкого медицинского профиля. Исследование полученных в мазке клеток ШМ проводилось на системе Cepheid GeneXpert методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) для определения ДНК ВПЧ.

1 тур (2021-2022гг) – 50 000 тестов (до марта 2022).

Достижением проекта является – охват 98 % женщин РК.

Проведено кольпоскопия у – 81,8 % женщин в Республике Каракалпакстан

1. Чимбай	5895 – 98,3 %
2. Кегейли	4286 – 95,2 %
3. Караозек	3837 – 96 %
4. Нукус район	3989 – 99,7 %
5. Кунград	7874 – 98,4 %
6. Шуманай	3835 – 95,8 %
7. Канлыкол	3454 – 98,6 %
8. Ходжейли	8419 – 99 %
9. Муйнак	1436 – 95,7 %
10. Бозатау	995 – 99,5 %
11. г.Нукус	4982 – 99,6 %
Всего РК – 49140	

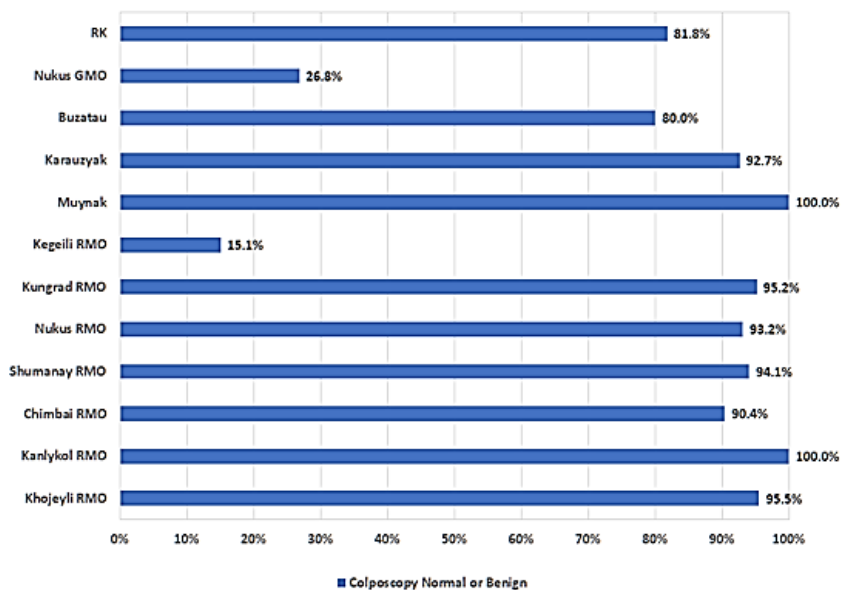


Рисунок 1. Диаграмма 1

Таблица 1.

Отправлено к онкологу №	Район	Отправлено к онкологу	CIN 1	CIN 2	CIN 3	CIS	РШМ
1	Чимбай	274	20	102	72	21	9 (G1 -3, G2-6)
2	Кегейли	73	7	28	12	7	2 (G1-1, G2-1)
3	Караозьяк	43	2	12	11	3	2 (G1-2)
4	Нукус р-н	82	6	22	26	5	2
5	Кунграт	84	11	15	10	5	0
6	Шуманай	20	1	0	8	4	0
7	Канлык- кол	32	0	13	8	0	0
8	Ход- жейли	208	17	66	44	13	4
9	Муйнак	7	1	1	1	2	0
10	Бозатау	20	3	5	4	3	0
11	г.Нукус	159	24	38	18	6	2
	Итого	1002	92 – 9,2 %	302 – 30 %	214 – 21,4 %	69 – 6,9 %	18

Анализ показывает, что диапазон выявления ВПЧ варьировал от 4,7 % (Муйнакский район) до 8,5 % (г. Нукус). Частота встречаемости ВПЧ в сельских регионах варьировалась от 4,7 % до 6,8 %, исключение составил только Канлыккульский район, где ВПЧ был зарегистрирован у 7,6 % женщин. Чем ближе к городскому региону, тем выше была встречаемость вируса среди женского населения и варьировалась от 8,0 % (Нукусский район) до 8,5 % (г. Нукус). 237 ВПЧ-положительных женщин с выявленными минимальными поражениями на шейке матки прошли лечение (термоабляцию или радиоволновую коагуляцию) в поликлинике.

1002 женщин с положительным ВПЧ-тестом были направлены в онкоучреждения, девяти из них проведено хирургическое лечение рака шейки матки, экстирпация матки – 15. Надо отметить, что все ВПЧ+

и пролеченные женщины не имели каких-либо жалоб и клинических проявлений заболеваний ШМ.

2 тур (2023–2024 гг.) – 6 000 тестов всего, (3000 новых и 3000 ретестирование).

В период исследование 2 тура – выбыли из проекта – 18 женщин. Из них умерли – 14: от РШМ – 6, Рак пищевода – 1, от заболеваний ССС – 4, почечный недостаточность – 1, гипогликемическая кома – 1, травма – 1. Уехали в Казахстан на заработки – 4.

Охват повторным ретестированием ВПЧ+ женщин – (3000) достигает до 92,7 %. Уровень подтверждения ВПЧ+ при ретестировании варьируется от 34,1 % до 44,8 %.

Таблица 2.

Охват повторным ретестированием ВПЧ+

№	Район	Повторно охвачен (ВПЧ+)	ВПЧ+ подтвержден
1	Чимбай	400 – 370 – 92,5 %	100 – 27 %
2	Кегейли	279 – 230 – 83,3 %	78 – 34,1 %
3	Караозек	217 – 129 – 59,4 %	45 – 34,9 %
4	Нукус район	319 – 271 – 85 %	103 – 38 %
5	Кунград	501 – 455 – 91,5 %	175 – 38 %
6	Шуманай	237 – 184 – 77,6 %	60 – 32,6 %
7	Канлыкол	263 – 241 – 91,2 %	108 – 44,8 %
8	Ходжейли	543 – 452 – 83,1 %	135 – 29,9 %
9	Муйнак	68 – 58 – 96,7 %	25 – 43,1 %
10	Бозатау	55 – 55 – 100 %	14 – 25,5 %
11	Г.Нукус	427 – 282 – 66 %	79 – 28 %
	Всего	3003 (6,7 %) – 2700 (89,9 %)	922 – 33,8 %

Из них 17,7 % HPV+ имели CIN2, CIN3 или CIS и 0,5 % – рак шейки матки

41,4 % HPV+ женщин имели HPV 16,18 или 45. ВПЧ+тестом были направлены в онкоучреждения

Заключение

Проект ЮНФПА в Каракалпакстане по ВПЧ тестированию для раннего выявления рака шейки матки является успешным примером комплексного подхода к профилактике онкологических заболеваний.

Активная информационная работа и внедрение систем скрининга позволяют создать условия для снижения заболеваемости и повышения

качества жизни женщин региона. Важно продолжать наращивать охват повторным тестированием и обеспечивать полное сопровождение пациенток.

Несмотря на существующие методы, проблема остается актуальной.

Информационно-просветительская деятельность через СМИ, соцсети и прямые встречи укрепляет доверие и повышает осведомленность женщин о ВПЧ и мотивирует их к прохождению обследования.

Список литературы:

1. Всемирная организация здравоохранения. Вирус папилломы человека и рак шейки матки. ВОЗ; 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/human-papillomavirus-\(hvp\)-and-cervical-cancer](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/human-papillomavirus-(hvp)-and-cervical-cancer) (дата обращения: 10.11.2025).
2. Итоговая конференция по результатам пилотного проекта по ВПЧ тестированию для скрининга рака шейки матки. 28 сентября 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uzbekistan.unfpa.org/ru/news/%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BC-%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0-%D0%BF%D0%BE-%D0%B2%D0%BF%D1%87-%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0-%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B0> (дата обращения: 11.11.2025).
3. Коннон С.Р.Д., Союнов М.А. Рак шейки матки: профилактика и скрининг (новые данные) // Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучения. – 2018. – Т.6. – № 3. – С.72–82.
4. Минкин Г.Н. Цитологический скрининг рака шейки матки: от традиционного Пап-теста к компьютерным технологиям // Акушерство, гинекология и репродукция. – 2017. – № 11 (1). – С. 56–63.
5. Протокол пилотной программы скрининга рака шейки матки в Узбекистане. Ташкент. – Октябрь 2020. – С. 22.
6. Davies P. HPV Primary Cervical Screening Pilot in the Republic of Uzbekistan Analysis of Outcomes and Recommendations to Maximise the Collection of Data Required to Design and Implement a National Cervical Cancer Screening Program. 2022. – Retrived from: <https://scientific-jl.com/obr/article/view/1586> (accessed date: 12.11.2025).

7. WHO guidance note: comprehensive cervical cancer prevention and control: a healthier future for girls and women. – 2014. – 16 p. – Retrived from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241505147>(accessed date: 15.11.2025).
8. World Health Organization. Global strategy to accelerate the elimination of cervical cancer as a public health problem – Retrived from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014107> (accessed date: 15.11.2025).

1.2. ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФАКТОРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РУТИННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ И КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Сапотько Татьяна Николаевна

*старший преподаватель,
Гродненский государственный
медицинский университет,
Республика Беларусь, г. Гродно*

Пронько Татьяна Павловна

*канд. мед. наук, доцент,
Гродненский государственный
медицинский университет,
Республика Беларусь, г. Гродно*

Трубка Дарья Сергеевна

*студент,
Гродненский государственный
медицинский университет,
Республика Беларусь, г. Гродно*

PREDICTION OF THE RISK OF ISCHEMIC STROKE IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION USING A MULTIVARIATE MATHEMATICAL MODEL BASED ON ROUTINE LABORATORY AND CLINICAL PARAMETERS

Sapotko Tatyana Nikolaevna

*Senior lecturer,
Grodno State Medical University,
Republic of Belarus, Grodno*

Pronko Tatyana Pavlovna

*Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Grodno State Medical University,
Republic of Belarus, Grodno*

Trubko Daria Sergeevna

*Student,
Grodno State Medical University,
Republic of Belarus, Grodno*

Аннотация. В исследовании оценена прогностическая способность многофакторной модели для определения риска ишемического инсульта (ИИ) у пациентов с артериальной гипертензией (АГ). Из 77 пациентов с АГ без сердечно-сосудистых осложнений при помощи модели сформирована группа высокого риска развития ИИ (21 (27,3%) пациент). Эти пациенты были старше, у них выявлены более высокое содержание фибриногена, СРБ и более низкое содержание общего белка. Пациентам из группы высокого риска ИИ необходимо проводить реклассификацию риска и корректировать проводимую терапию, что позволит снизить риск осложнений у данной категории пациентов.

Absract. The study assessed the predictive ability of a multivariate model for determining the risk of ischemic stroke (IS) in patients with arterial hypertension (HTN). Using the model, a high-risk group of 77 patients with hypertension without cardiovascular complications was formed (21 (27.3%) patients). These patients were older and had higher fibrinogen and CRP levels and lower total protein levels. Patients at high risk for ischemic stroke require risk reclassification and treatment adjustments to reduce the risk of complications in this group.

Ключевые слова: ишемический инсульт, артериальная гипертензия, прогнозирование риска.

Keywords: ischemic stroke, arterial hypertension, risk prediction.

Артериальная гипертензия (АГ) является одним из наиболее значимых модифицируемых факторов риска развития ишемического инсульта [4, 5]. Несмотря на существование шкал стратификации сердечно-сосудистого риска (например, SCORE2), поиск более точных инструментов для прогнозирования именно цереброваскулярных событий у пациентов с АГ, особенно в первичной профилактике, остается актуальной задачей. Особую важность представляет идентификация пациентов с высоким риском среди тех, кто еще не перенес острых сердечно-сосудистых событий, так

как именно у этой группы профилактические мероприятия могут быть наиболее эффективны. В последние годы все большее внимание в патогенезе атеротромбоза и ишемического инсульта уделяется роли системного воспаления и нутритивного статуса, что диктует необходимость рассмотрения соответствующих лабораторных маркеров в качестве предикторов данных осложнений [2, 3].

Цель исследования – на основе ранее разработанной прогностической модели определить среди пациентов с артериальной гипертензией без перенесенных ранее сердечно-сосудистых событий долю лиц с высоким риском развития ишемического инсульта.

Материалы и методы исследования. В исследование были включены 77 пациентов с установленным диагнозом «артериальная гипертензия». Критериями включения явились: наличие АГ, информированное согласие для участия в исследовании. Критерии не включения: наличие в анамнезе острых сердечно-сосудистых событий (ишемический инсульт, транзиторная ишемическая атака, инфаркт миокарда).

Всем пациентам проводился забор венозной крови с последующим выполнением общего анализа крови (с определением скорости оседания эритроцитов (СОЭ)), коагулограммы (с определением концентрации фибриногена, активированного частичного тромбопластинового времени (АЧТВ), протромбинового времени (ПВ), протромбинового индекса (ПТИ) и международного нормализованного отношения (МНО)), а также биохимического анализа крови (с определением концентрации общего белка, мочевины, креатинина, глюкозы, общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), триглицеридов и С-реактивного белка (СРБ)). Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) рассчитывалась по формуле СКД-ЕРІ. Уровень холестерина не-ЛПВП рассчитывался как разность между общим холестерином и ХС-ЛПВП.

Для оценки индивидуального риска ишемического инсульта применялась ранее разработанная модель бинарной логистической регрессии [6]. Вероятность (Р) рассчитывалась по формуле:

$$P = 1 / (1 + \exp (-z)),$$

где z – линейный предиктор уравнения логистической регрессии, согласно таблице 2, имеющий вид:

$$z = 0,971 + 0,137 \cdot v_1 - 0,096 \cdot v_2 + 0,594 \cdot v_3 - 0,201 \cdot v_4 + 0,425 \cdot v_5 + 0,1 \cdot v_6,$$

где

- v1 – возраст,
- v2 – СОЭ,
- v3 – фибриноген,
- v4 – общий белок,
- v5 – холестерин не-ЛПВП,
- v6 – С-реактивный белок.

В соответствии с ранее установленным диагностическим порогом, пациенты с расчетной вероятностью $P > 0,476$ были отнесены к группе высокого риска развития инсульта (группа 2), а пациенты с $P \leq 0,476$ – к группе низкого риска (группа 1).

Было установлено, что у 21 из 77 пациентов (27,3%) расчетная вероятность (P) превысила диагностический порог $P_0 = 0,476$. Согласно данной модели, эти пациенты были отнесены к группе высокого риска (группа 2). Остальные 56 пациентов (72,7%) составили группу низкого риска (группа 1).

Статистический анализ данных выполнялся при помощи программы STATISTICA 10,0. Полученные результаты представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Me [LQ; UQ]) при распределении, отличающемся от нормального (нормальность распределений проверялась при помощи критерия Лиллиефорса). Для сравнения численных переменных между двумя независимыми группами использовался U-критерий Манна – Уитни. Для сравнения долей (процентов) бинарных переменных использовался критерий χ^2 -Пирсона с поправкой Йетса. Пороговый уровень статистической значимости был принят равным 0,05.

Результаты исследования. Основные демографические и клиническо-лабораторные характеристики исследуемых групп представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Клинико-лабораторные характеристики исследуемых групп пациентов

Параметр	Группа 1 n=56	Группа 2 n=21	Значение p
Возраст, лет	64,0 [57,0; 68,0]	72,0 [67,0; 73,0]	<0,001
Мужчины/женщины, n (%)	31 (55,4%) / 25 (44,6%)	9 (42,9%)/ 12 (57,1%)	0,47
Гемоглобин, г/л	139,0 [127; 155]	136 [117; 155]	0,043
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	4,66 [4,27; 4,88]	4,52 [3,92; 4,67]	0,104
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	6,80 [5,65; 8,30]	6,10 [4,89; 9,05]	0,464

Параметр	Группа 1 n=56	Группа 2 n=21	Значение p
Тромбоциты, ×10 ⁹ /л	236 [187; 270]	218 [131; 282]	0,646
СОЭ, мм/ч	11,0 [6,0; 20,0]	9,0 [5,0; 16,0]	0,456
АЧТВ, сек	26,8 [23,8; 29,9]	25,5 [23,2; 29,1]	0,847
ПВ, сек	13,2 [11,5; 14,4]	13,8 [12,5; 15,4]	0,157
ПТИ	0,98 [0,94; 1,04]	0,99 [0,92; 1,04]	0,905
МНО	1,04 [0,98; 1,11]	1,04 [0,962; 1,27]	0,836
Фибриноген, г/л	4,11 [3,56; 4,70]	4,69 [4,20; 5,40]	0,007
Общий белок, г/л	71,0 [69,0; 74,0]	64,0 [61,0; 67,4]	<0,001
Мочевина, ммоль/л	6,80 [5,10; 8,80]	7,85 [6,40; 9,10]	0,172
Креатинин, мкмоль/л	91,60 [80,00; 103,90]	98,40 [89,30; 107,50]	0,204
СКФ, мл/мин/1,73 м ²	59,0 [45,0; 78,0]	52,35 [28,0; 62,0]	0,325
Общий холесте- рин, ммоль/л	4,80 [3,90; 5,70]	4,70 [4,00; 5,30]	0,732
ЛПВП, ммоль/л	1,39 [1,11; 1,64]	1,47 [1,10; 1,86]	0,624
ЛПНП, ммоль/л	2,57 [1,80; 3,17]	1,96 [1,34; 3,90]	0,589
Холестерин не- ЛПВП, ммоль/л	3,29 [2,63; 3,98]	3,04 [2,77; 4,02]	0,944
Триглицериды, ммоль/л	1,72 [1,23; 2,53]	1,73 [0,88; 2,27]	0,934
Глюкоза, ммоль/л	5,90 [5,30; 6,50]	5,70 [5,15; 6,10]	0,390
С-реактивный белок, мг/л	4,0 [2,0; 6,0]	6,7 [4,5; 10,0]	0,002

Как видно из таблицы 1 у пациентов группы высокого риска выявлено статистически значимо более высокое содержание фибриногена и С-реактивного белка, более низкое содержание общего белка в крови. Пациенты группы высокого риска были старше. Однако по полу, показателям липидограммы, общего анализа крови, коагулограммы пациенты не отличались.

Проведенный анализ подтвердил, что прогностическая модель адекватно выделяет клинически релевантные подгруппы пациентов. Группа высокого риска характеризовалась не только более старшим

возрастом, но и определённым лабораторным профилем. Ключевыми дифференцирующими факторами оказались маркеры системного воспаления (фибриноген и СРБ), что полностью соответствует современным представлениям о ключевой роли воспаления в патогенезе атеротромбоза и ишемического инсульта [1, 2]

Результаты нашего исследования подтверждают, что низкий уровень общего белка является независимым фактором риска ишемического инсульта. Полученные данные согласуются с концепцией, рассматривающей общий белок в качестве интегрального маркера нутритивного и общего соматического статуса [3]. Клиническая значимость этого показателя была подчеркнута в работе 2025 года, где гипопроteinемия оказалась мощным предиктором летальности, особенно среди пациентов с атеротромботическим инсультом [3].

Таким образом, применение прогностической модели позволило идентифицировать 27,3% пациентов с АГ без предшествующих событий в качестве группы высокого риска развития инсульта. Таким пациентам необходимо проводить реклассификацию риска и в соответствии с этим корректировать проводимую терапию, что позволит снизить риск осложнений у данной категории пациентов.

Список литературы:

1. Bots M., Elwood P., Salonen J. et al. Level of fibrinogen and risk of fatal and non-fatal stroke. EUROSTROKE: a collaborative study among research centers in Europe // J. Epidemiol Community Health. – 2002. №56(suppl 1). – P.14–18.
2. Emerging Risk Factors Collaboration; Kaptoge S, Di Angelantonio E, Lowe G, Pepys MB, Thompson SG, Collins R, Danesh J. C-reactive protein concentration and risk of coronary heart disease, stroke, and mortality: an individual participant meta-analysis. Lancet. 2010 Jan 9;375(9709):132-40..
3. Борздыко А.А., Ершов В.И., Добрынин А.С. Предикторная значимость уровня общего белка в острейшем периоде ишемического инсульта. Вторичный анализ проспективного наблюдательного исследования // Клиническое питание и метаболизм. – 2025. – Т. 6, №1.
4. Кольцова Е.А., Петрова Е.А., Борщ Ю.В. Обзор факторов риска инсульта // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. – 2022. – Т. 122, №12-2. – С.12-19.
5. Самаганова А.Н. Факторы риска ишемического инсульта (Обзор литературы) / А. Н. Самаганова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2025. – Т. 25, № 1. – С. 56-59. – DOI 10.36979/1694-500X-2025-25-1-56-59. – EDN SIKEBM.
6. Сапотько Т.Н. Детерминанты ишемического инсульта у пациентов с артериальной гипертензией / Т.Н. Сапотько, Т.П. Пронько, Ю.В. Лисай, Т.А. Александрова, О.В. Александрова, Д.С. Трубка, А.В. Копыцкий // Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам LXXXI междунар. науч.-практ. конф. – № 8(81). – М., Изд. «МЦНО», 2025.

РАЗДЕЛ 2.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

2.1. ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА, СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА, ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА, КУРОРТОЛОГИЯ И ФИЗИОТЕРАПИЯ

ПИЛАТЕС КАК СПОСОБ УЛУЧШИТЬ НАСТРОЕНИЕ И САМОЧУВСТВИЕ

Банек Арина Владимировна

*студент,
ФГБОУ ВО Кубанский
Государственный Университет,
РФ, г. Краснодар*

Брашован Елена Александровна

*научный руководитель,
преподаватель высшей категории
ФГБОУ ВО Кубанский
Государственный Университет,
РФ, г. Краснодар*

PILATES AS THE WAY TO IMPROVE YOUR MOOD AND WELL-BEING

Banek Arina Vladimirovna

*Student,
Kuban State University,
Russia, Krasnodar*

Brashovan Elena Alexandrovna

*Teacher of the highest category,
Kuban State University,
Krasnodar, Russia*

Аннотация. В статье рассматривается пилатес как система физических упражнений, направленная на комплексное улучшение физического состояния человека. Анализируются ключевые принципы методики, освещаются основные преимущества регулярных занятий пилатесом. Особое внимание уделяется терапевтическому потенциалу методики – её роли в профилактике и реабилитации при заболеваниях опорно-двигательного аппарата. Приводятся данные о положительном влиянии пилатеса на психоэмоциональное состояние. Статья будет полезна фитнес-инструкторам, реабилитологам, а также всем, кто интересуется методами оздоровительной физической культуры и стремится к улучшению качества жизни через осознанные двигательные практики.

Abstract. The article considers pilates as a system of physical exercises aimed at a comprehensive improvement of a person's physical condition. The key principles of the technique are analyzed and the main advantages of regular Pilates classes are highlighted. Special attention is paid to the therapeutic potential of the technique – its role in the prevention and rehabilitation of diseases of the musculoskeletal system. Data on the positive effect of Pilates on the psycho-emotional state is provided. The article will be useful for fitness instructors, rehabilitologists, as well as anyone who is interested in methods of physical fitness and strives to improve the quality of life through conscious motor practices.

Ключевые слова: пилатес, терапевтический потенциал, профилактика, реабилитация, положительное влияние

Key words: Pilates, therapeutic potential, prevention, rehabilitation, positive effects

«Движение – жизнь» – не просто пафосный слоган, а ответ на вопрос, почему важно заниматься спортом. Физическая активность благотворно влияет на здоровье человека, качество и продолжительность жизни. Даже если сегодня вы молоды и в отличной форме – вам не нужно качать пресс для плоского живота или бегать, чтобы похудеть, – подумайте о будущем: тренировки сейчас обернутся «пассивным доходом» в виде активной старости в будущем. Имеет значение, как вы будете проводить время на пенсии: как обуза для себя и окружающих или останетесь бодрым и активным. Разница, согласитесь, разительная.

Чем полезен спорт для тела в перспективе:

- снижает риски развития остеопороза, инфаркта миокарда, инсульта, гипертонической болезни, дислипидемии, почечной недостаточности, сахарного диабета второго типа, рака;

- уменьшает вероятность заразиться респираторными инфекциями и COVID-19;
- улучшает состояние костной системы, уменьшает риски переломов шейки бедра и позвоночника.

Более того, занятия спортом позволят сохранить в старости не только здоровое тело, но и светлый разум. Согласно исследованиям, биологический возраст мозга людей с регулярной физической активностью на 10 лет меньше, чем у тех, кто со спортом не дружит[1] В качестве простого и не затратного способа повысить активность в течение дня предлагаем присмотреться к пилатесу.

Пилатес – это система физических упражнений (методики фитнеса), основная цель которых – детальная проработка мышц, включая самые мелкие (которые обычно не задействованы), увеличение эластичности связок, подвижности позвоночника и суставов, разработанная в начале 20 века Джозефом Пилатесом.

Джозеф Хуберт Пилатес родился в 1880 году в Германии, был хилым ребенком, страдал астмой, ревматической лихорадкой и другими болезнями. Однако сильная воля и желание победить себя побудили Пилатеса разработать свою собственную систему упражнений. Уже в подростковом возрасте Джозеф обладал нормальным здоровьем и телом атлета. Джозеф рассматривал тело как целостную систему, части которой должны оптимально взаимодействовать. Каждое упражнение Пилатеса позволяет побудить к действию большое количество мышц во всем теле. В 1912 году Джозеф переехал в Англию. Во время первой мировой войны его система реабилитационных тренировок помогала солдатам, получившим ранения и проходивших лечение в госпитале. Эта система позволяла даже лежащим больным делать упражнения и тем самым способствовала их быстрому выздоровлению. В 1926 году Джозеф Пилатес иммигрировал в США. В то время его система стала популярна и в Америке. К 90-м годам минувшего столетия врачи травматологи и сотрудники реабилитационных центров в разных странах мира использовали технику пилатеса для восстановления больных после травм и операций.

Напомним, что пилатес помогает развить осознанность. Отсюда рождается термин «соматический пилатес». Это практика низкоинтенсивных упражнений, в которых движения направлены на внутренние ощущения. То есть неважно, сколько раз вы сделаете, например, скручивание корпуса. Главное, чтобы упражнения выполнялись в осмысленном контроле над собственными эмоциями, мыслями и ощущениями в теле.

По сути любой пилатес может стать соматическим, если выполнять движения медленно и концентрироваться на внутреннем

чувствовании. Но иногда человек больше заинтересован во внешнем результате, например, изменении фигуры[2].

Существуют убедительные доказательства того, что постоянная практика пилатес может улучшить гибкость и динамическое равновесие. Также есть умеренные доказательства, что тренировка может увеличивать выносливость у здоровых людей (Cruz-Ferreira et al. 2011b)[3].

Для исследователей «убедительные доказательства» означают выводы нескольких хорошо спланированных исследований, которые включают рандомизированные, контролируемые испытания. Приведённые ниже исследования подтверждают предположения, что пилатес способен улучшить гибкость, динамическое равновесие и выносливость мышц:

1) *Увеличение гибкости.* Взрослые женщины, практикующие пилатес на мате, улучшили подвижность задней части туловища (Sekendiz et al. 2007) и состояние мышц задней поверхности бедра (Kloubec 2010) по сравнению с контрольной группой людей, не вносивших изменения в образ жизни. Женщины старше 60 лет, практикующие пилатес, увеличили гибкость низа спины и улучшили состояние мышц задней поверхности бедра, в то же время у неактивных женщин изменений не было (Irez et al. 2011).

2) *Лучшее динамическое равновесие.* Спустя 5 недель тренировок на оборудовании пилатес, у здоровых взрослых людей (средний возраст 27 лет) улучшилось динамическое равновесие в положении стоя по сравнению с контрольной группой (Johnson et al. 2007). Женщины старше 60 лет, которые обучались пилатесу на мате в течение 12 недель, улучшили динамическое равновесие и время реакции, а также уменьшили количество падений (Irez et al. 2011).

3) *Больше выносливости мышц.* Женщины, практиковавшие пилатес на мате три раза в неделю в течение 5 недель, улучшили выносливость мышц туловища по сравнению с неактивным контролем (Sekendiz et al. 2007). Молодые взрослые люди продемонстрировали улучшение выносливости мышц живота и низа спины после 8 недель занятий, три раза в неделю. Контрольная группа состояла из активных молодых людей, которые занимались самостоятельно (Rogers & Gibson 2009). В эксперименте с участием молодых и пожилых людей в возрасте 25 -65 лет выносливость мышц живота и верхней части тела увеличилась при занятиях пилатесом в течение 12 недель, два раза в неделю (Kloubec 2010)[3].

Учёные обнаружили дополнительные преимущества от тренировки пилатес, но необходимо больше исследований для подтверждения этих предположений:

4) *Улучшение активации мышц.* Исследование Мишель Олсон (Michele Olson) FACSM, доктора наук, профессора, изучающей физические упражнения в университете Auburn Монтгомери, штат Алабама, показало, что ограниченные движения пилатес, включающие сгибания для активации глубоких мышц живота, более эффективны, чем стандартные скручивания. Упражнения с небольшим сгибанием: «сотка» и «одновременное растягивание» ног – привели к большему рекрутированию внутренних косых и поперечных мышц живота (Archer 2008). Другое исследование показало, что центрирование – или активация мышц живота, многораздельных и мышц тазового дна – одновременно с динамическими сокращениями двуглавой мышцы плеча под нагрузкой, привело к большему рекрутированию мышц плеча, чем без сознательного контроля сокращения core (Barbosa et al. 2013).

5) *Большая удовлетворённость жизнью.* Женщины, занимавшиеся пилатесом на мате по часу дважды в неделю, в течение 6 месяцев, испытывали большую удовлетворённость жизнью (Cruz-Ferreira et al. 2011a).

6) *Улучшение психического состояния.* В дополнение женщины улучшили свою физическую самооценку и представление о здоровье, что способствовало улучшению общего психологического благополучия (Cruz- Ferreira et al. 2011a). Само эффективность, настроение и качество сна улучшилось у студентов колледжа, которые практиковали пилатес в течение одного 15-недельного семестра (Caldwell et al. 2009).

7) *Улучшение функций мозга.* Анализ пяти тематических исследований продемонстрировал увеличение активности нервной сети мозга за 10 недель интенсивной тренировки пилатес на мате, четыре раза в неделю по 90 минут (Bian et al. 2013).

В то же время, те, кто продолжает постоянные практики, может получить гораздо больше преимуществ, чем науке известно до сих пор. Область интересов включает влияние пилатес на обучение движениям, состав тела и мышечную силу, а также выяснения, как подобрать движения, в наибольшей степени подходящие для каждого человека. Например, некоторые упражнения могут представлять опасность для людей с проблемами в позвоночнике, другие движения могут больше подходить для применения в спорте [3].

Пилатес подходит практически всем, независимо от возраста и уровня физической подготовки. Ниже даны примеры групп людей, которым особенно рекомендован пилатес:

- *Люди с болями в спине и проблемами с позвоночником.* Упражнения помогают укрепить мышечный корсет, поддерживающий позвоночник, улучшить его мобильность и снизить болевые ощущения.

- *Офисные работники с сидячим образом жизни.* Длительное сидение приводит к напряжению в шее, плечах и пояснице, а также к ослаблению мышц кора.

- *Женщины в период восстановления после родов.* Упражнения помогают укрепить мышцы тазового дна, вернуть тонус мышцам живота, которые растягиваются во время беременности, и восстановить правильное положение позвоночника.

- *Пожилые люди.* С возрастом мышцы теряют тонус, а суставы - подвижность. Пилатес предлагает безопасный способ сохранить и даже улучшить физическую форму в пожилом возрасте.

- *Спортсмены.* Укрепление глубоких мышц кора, улучшение баланса и координации, а также повышение гибкости – всё это помогает предотвратить травмы и улучшить результаты в основном виде спорта[5].

- Пилатес часто рекомендуют для реабилитации после различных травм и операций, особенно, если нужно восстановить силу и гибкость мышц, улучшить осанку и координацию. Пилатес также полезен при болях в спине, остеопорозе и для укрепления мышечного корсета.

Пилатес считается одним из самых безопасных видов физической активности. Он имеет меньше противопоказаний и ограничений.

1. Острые фазы заболеваний. Не рекомендуется заниматься в период обострения любых заболеваний.

2. Тяжелые травмы позвоночника. При серьезных повреждениях позвоночника, таких как нестабильность позвонков, требуется особая осторожность.

3. Высокое кровяное давление. Некоторые упражнения могут вызывать повышение давления.

4. Беременность. Во время беременности возможны занятия пилатесом, но с программой, адаптированной под ваш триместр и общее состояние здоровья.

5. Послеоперационный период. После операций, особенно на брюшной полости или позвоночнике, необходимо время для восстановления перед началом занятий.

6. Прогрессирующие заболевания нервной системы. При таких заболеваниях требуется индивидуальный подход[5].

Вы – новичок, который желает освоить этот вид фитнеса в домашних условиях? Предлагаем вашему вниманию описание упражнений для начинающих, которые можно использовать в качестве разминки и самостоятельной тренировки. Начиная осваивать их, выполняйте каждое движение 30 секунд. После увеличьте время до 1 минуты.

Круги ногами

- Исходное положение – лежа на спине, руки вдоль туловища, ладонями вниз.
- Левое колено согнуто, ступня опирается на пол. Правая нога прямая, поднята вверх.
- Сделайте круг правой ногой, отведя ее в сторону, опустив вниз и вернувшись в исходное положение. Вновь опишите ногой круг в обратную сторону.
- Сделайте 5-7 подходов с правой ногой.
- Повторите действие с левой ногой.

Маятник

- Лежа на спине, вытяните ноги в стороны, согнув в коленях. Руки прямые, вытянуты в стороны.
- Медленно сделайте движение коленями вправо. Спина, голова прижаты к полу.
- Вернитесь в исходное положение и повторите поворот в другую сторону.
- Количество подходов 5-7 раз.

Планка-гора

- Исходное положение – высокая планка. Руки расположены прямо под плечами.
- Начните раскачиваться телом вперед, затем назад.
- Сконцентрируйтесь на напряжении в ягодицах, руках.
- Продолжительность выполнения сессии -1 минута.

Сотня

- Исходная поза – лежа на спине. Ноги подняты вверх на 45 градусов от пола.
- Голова поднята вверх, руки расположены прямо, вдоль тела, ладонями вниз.
- При вдохе руки поднимаются вверх над полом, при выдохе – опускаются.
- Количество подходов -5 раз.

Скручивание позвоночника

- Положение – лежа на спине, ноги и руки вытянуты вдоль тела.
- На выдохе поднимаются лопатки и голова, корпус скручивается, тянется вперед к прямым ногам.
- Выдох – медленное возвращение в исходное положение.
- Количество повторений -10-15 раз [6].

Выравнивание тела, баланс, восстановление и укрепление мышц кора не являются единственными целями пилатеса. Эта система мягко и эффективно воздействует на организм, обучая безопасному и устойчивому

движению. Созданные в начале 20-го века Джозефом Пилатесом упражнения работают с более мелкими и глубокими стабилизирующими мышцами тела так же тщательно, как и с основными. Пилатес поддерживает здоровье суставов, костей, стабилизирует эмоциональное состояние, улучшая кровообращение, иммунитет, сон. Из-за отсутствия сильного утомления может обманчиво казаться, что пилатес – это простые и легкие, а значит не самые эффективные для фитнеса – цели упражнения. Однако занятия требуют значительной силы и концентрации, улучшают физическую форму. Низкая ударная нагрузка, оптимальное соотношение силы и гибкости, координация дыхания и движения уменьшают боли, дают энергию и большую подвижность в теле, подходят людям любой физической подготовки [5].

Список литературы:

1. Как Пилатес помогает в работе с эмоциями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://media.halvacard.ru/life/pochemu-vazhno-zanimatsya-sportom> (дата обращения: 18.11.2025)
2. Пилатес как средство физического воспитания студентов.pdf [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vkr.pspu.ru/uploads/10177/Smer-tina_vkr.pdf (дата обращения: 17.11.2025)
3. Наука и методика пилатес | FPA <https://fitness-pro.ru/biblioteka/nauka-i-metodika-pilates/> (дата обращения: 16.11.2025)
4. Пилатес – что это за тренировка и чем она полезна? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://start.fitland.pro/poleznoy/pilates-chto-eto-za-trenirovka-i-zachem-ona-vam-nuzhna> (дата обращения: 18.11.2025)
5. Пилатес: польза и вред, для чего нужен пилатес женщина – противопоказания к занятиям | Спортивный клуб Jeda
6. Пилатес: что это такое, польза и упражнения для начинающих | HitFitness [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hitfitness.club/stati/pilates-chto-eto-za-trenirovka-i-v-chem-polza-ot-zanyatij/> (дата обращения: 18.11.2025)
7. Пилатес: польза, доказанная наукой, плюсы и минусы, что дает для тела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://worldclass-university.ru/blog/pilates-polza-dokazannaya-naukoj#popup:fakultet_upravlenia (дата обращения: 15.11.2025)
8. Почему важно заниматься спортом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://media.halvacard.ru/life/pochemu-vazhno-zanimatsya-sportom> (дата обращения: 16.11.2025)
9. Пилатес для начинающих: зачем нужен и кому подходит | Блог Fitness Family [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fitness-family.ru/blog/pilates-dlya-nachinayuschih-zachem-nuzhen-i-komu-podhodit/> (дата обращения: 17.11.2025)

РАЗДЕЛ 3.

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

3.1. ГИГИЕНА

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНЫХ ДИЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ С АНТИОКСИДАНТНЫМ КОМПЛЕКСОМ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЙ

Березовская Анастасия Валерьевна

*аспирант,
магистр биотехнологий, академик МАНЭБ,
президент Сибирского отделения МАНЭБ,
Кузбасский государственный
технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
РФ, г. Кемерово*

NUTRITION HYGIENE OF MILITARY PERSONNEL: DEVELOPMENT OF MODULAR DIETARY CONCENTRATES WITH AN ANTIOXIDANT COMPLEX FOR FIELD CONDITIONS

Berezovskaya Anastasia Valerievna

*Postgraduate student,
Master of Science in Biotechnology,
Academician of the International Academy
of Biological Sciences (IABS),
President of the Siberian Branch of the
International Academy of Biological Sciences (IABS),
Kuzbass State Technical University
named after T.F. Gorbachev,
Russia, Kemerovo*

Аннотация. Разработка специализированных продуктов лечебно-профилактического питания в полевых условиях для военнослужащих представляет собой актуальную проблему гигиены труда и профилактической медицины. Профессиональная деятельность военного персонала сопряжена с комплексом факторов риска развития гастроэнтерологической патологии, включая психоэмоциональное напряжение, нерегулярный режим питания и ограниченный выбор пищевых продуктов. Существующая система продовольственного обеспечения не предусматривает возможности организации диетического питания в соответствии с принципами лечебных диет, что способствует прогрессированию заболеваний желудочно-кишечного тракта и снижению профессиональной работоспособности.

Проведенный патентный поиск показал, что известны функциональные пищевые концентраты и продукты энтерального питания (RU2262240C1, RU2416936, RU2602608C1), сублимированные рационы быстрого приготовления для армейских нужд (ИРП, патенты РФ по линии Минобороны), пищевые композиции с пробиотическими и антиоксидантными свойствами. Однако ни один из них не предусматривает модульного принципа построения рациона по стадиям медицинской эвакуации (реанимация – госпиталь – стационар), не содержит антиоксидантного комплекса на основе ферментированной козьей сыворотки и облепихи, не использует низкотемпературную сушку $\leq 50^\circ\text{C}$ для сохранения термолабильных нутриентов, не адаптирован к лечебным диетам № 1, 2, 5п в виде супов и каш различной степени измельчения, пригодных для зондового и щадящего питания [6; 9; 14].

В рамках проведенного исследования разработана технология модульных диетических концентратов, ориентированная на решение проблем профилактики и диетотерапии гастроэнтерологических заболеваний в условиях профессиональной деятельности военнослужащих. Технология основана на применении щадящих режимов низкотемпературной сушки ($\leq 50^\circ\text{C}$) предварительно подготовленного сырья растительного и животного происхождения, что обеспечивает сохранение пищевой ценности и создание продуктов с заданными функциональными свойствами. Особенностью разработки является интеграция в рецептурные композиции антиоксидантного пробиотического комплекса на основе ферментированной козьей сыворотки и биологически активных компонентов облепихи, обеспечивающего целенаправленное гастропротекторное и противовоспалительное действие.

В результате реализации проекта создана система модульных продуктов дифференцированной степени измельчения, позволяющая организовать непрерывную этапную диетотерапию на всех этапах медицинской эвакуации. Обосновано предположение, что разработанные концентраты

для профилактики патологий желудочно-кишечного тракта, коррекции нутритивного статуса и снижения частоты обострений хронических заболеваний, имеют веские основания для дальнейшей углубленной разработки и внедрения во все этапы эвакуации. Предложенное технологическое решение вносит существенный вклад в совершенствование системы охраны здоровья военнослужащих и может быть адаптировано для применения в других областях профессиональной деятельности с экстремальными условиями труда [1; 2].

Abstract. The development of specialized therapeutic and preventive nutrition products for military personnel in field conditions represents a pressing issue in occupational hygiene and preventive medicine. Military professional activity is associated with a complex of risk factors for the development of gastrointestinal pathologies, including psycho-emotional stress, irregular eating patterns, and limited food choices. The existing food supply system does not allow for the organization of dietary nutrition in accordance with therapeutic diet principles, which contributes to the progression of gastrointestinal diseases and a decrease in professional performance.

A patent search revealed the availability of functional food concentrates and enteral nutrition products (RU2262240C1, RU2416936, RU2602608C1), freeze-dried ready-to-eat rations for army needs (IRP, Russian Ministry of Defense patents), and food compositions with probiotic and antioxidant properties. However, none of them provide a modular approach to ration design according to the stages of medical evacuation (resuscitation – field hospital – inpatient care), include an antioxidant complex based on fermented goat whey and sea buckthorn, employ low-temperature drying $\leq 50^{\circ}\text{C}$ to preserve thermolabile nutrients, or are adapted to therapeutic diets No. 1, 2, 5p in the form of soups and porridges of varying consistency suitable for tube feeding and gentle nutrition.

Within this study, a technology for modular dietary concentrates was developed, aimed at preventing and managing gastrointestinal disorders in military personnel under professional conditions. The technology is based on the use of gentle low-temperature drying ($\leq 50^{\circ}\text{C}$) of preprocessed plant and animal raw materials, which ensures the preservation of nutritional value and the creation of products with specified functional properties. A key feature of the development is the integration of an antioxidant-probiotic complex based on fermented goat whey and biologically active components of sea buckthorn, providing targeted gastroprotective and anti-inflammatory effects.

As a result of the project, a system of modular products with differentiated particle sizes was created, enabling continuous staged dietary therapy at all stages of medical evacuation. It is proposed that the developed concentrates, intended for the prevention of gastrointestinal pathologies, correction

of nutritional status, and reduction of exacerbation frequency of chronic diseases, provide a solid foundation for further in-depth development and implementation across all evacuation stages. The proposed technological solution makes a significant contribution to improving the healthcare system for military personnel and can be adapted for use in other professional fields under extreme working conditions.

Ключевые слова: антиоксиданты; диетотерапия; зондовое питание (Enteral Nutrition); облепиха; ферментация; функциональные пищевые продукты; гастропротекция; воспаление; пробиотики.

Keywords: Antioxidants; Diet Therapy; Enteral Nutrition; Hippophae; Fermentation; Functional Foods; Gastroprotection; Inflammation; Probiotics.

Обеспечение военнослужащих специализированным лечебно-профилактическим питанием при патологии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в полевых условиях представляет собой актуальную проблему военной гигиены и профилактической медицины. Высокая распространенность гастроэнтерологических заболеваний в данной профессиональной группе, обусловлена комплексом факторов риска, связанных с особенностями профессиональной деятельности. Особую медико-гигиеническую значимость проблема приобретает в условиях продолжительных полевых выходов и боевых действий, где стандартные рационы питания не обеспечивают возможностей для адекватной диетической коррекции.

Перспективным направлением в решении данной медико-гигиенической проблемы является создание модульных диетических концентратов, сочетающих в себе длительный срок хранения, простоту применения и целенаправленное лечебно-профилактическое действие. Значительный потенциал имеет использование растительного сырья, в частности облепихи (*Hippophae rhamnoides*), обладающей доказанными гастропротекторными, противовоспалительными и репаративными свойствами [5].

Цель исследования – разработка технологии модульных диетических концентратов, обогащенных антиоксидантным комплексом на основе ферментированной козьей сыворотки и экстрактов облепихи, для лечебно-профилактического питания военнослужащих с патологией ЖКТ в полевых условиях.

Динамика внутренних наблюдений показала прогрессирующий рост заболеваемости ЖКТ среди военнослужащих в условиях СВО. Обзором научных публикаций поддерживается данное утверждение, а также ученые обсуждают влияние стрессов и полевых условий на ЖКТ, обеспечивая биологическую обоснованность гипотезы, обосновывая прямую зависимость между продолжительностью пребывания в зоне боевых действий и

частотой патологии [13]. Доминирующими провоцирующими факторами являются психоэмоциональный стресс, нерегулярное питание и употребление непривычных продуктов [4]. Совместное воздействие этих факторов приводит к стойким нарушениям моторики и секреторной функции ЖКТ, формируя основу для органических поражений. В структуре заболеваемости преобладают кислотозависимые заболевания и функциональные расстройства [10].

Научной основой разработки является антиоксидантный про биотический комплекс, обладающий синергическим действием, гастропротекторным (снижение повреждения слизистой, антиоксидантным (снижение маркеров окислительного стресса) и противовоспалительной манипуляцией.

Новизна исследования заключается в интеграции технологии сухих концентратов с инновационной рецептурой антиоксидантного комплекса для решения проблемы организации этапной диетотерапии в полевых условиях. Разработан принципиально новый подход к организации лечебного питания в полевых условиях, основанный на интеграции технологий пищевой инженерии и современных достижений нутрициологии. Создана в экспериментальном варианте система модульных сублимированных диетических концентратов, сочетающих в себе принципы щадящих диет с целенаправленным лечебно-профилактическим действием. Обоснованностью разработки модульного блока стала потребность соответствия требованиям лечебных диет (столы № 1, 2, 5п) стандартных продуктов питания, применяемых на этапах эвакуации [8].

Ключевые элементы новизны:

- технология низкотемпературной сушки ($\leq 50^{\circ}\text{C}$) предварительно сваренных овощей и круп с сохранением 95 % термолабильных биологически активных компонентов;
- рецептуры специализированных модулей, соответствующих диетическим столам № 1, 2 и 5п.;
- антиоксидантный про биотический комплекс (АПК) на основе ферментированной козьей сыворотки и экстрактов облепихи;
- оптимальные параметры ферментации (24 ч, 37°C), обеспечивающие максимальную биологическую активность;
- методика внесения АПК при пастификации (влажность 40 %) для равномерного распределения и стабильности.

Доказанный синергетический эффект компонентов комплекса включает в себя систему фракционирования концентратов в зависимости от метода введения пищи, комплексную методику оценки эффективности модулей. Подтвержденная стабильность в течение 12 месяцев хранения.

Для создания антиоксидантного про биотического комплекса (АПК) использовалось сырье, соответствующее требованиям фармацевтических стандартов. Основу комплекса составила козья сыворотка, полученная из молока коз загорской породы, характеризующегося повышенным содержанием белка (3,8–4,2 %) и улучшенными технологическими свойствами. Растительный компонент был представлен корой, ветками, листьями и зелеными плодами сорта «Крушиновидная», заготовленной в фазе активной вегетации. Была разработана и апробирована технология получения АПК в двух формах, жидкой (ферментированный напиток) и сухой (микро капсулированный порошок).

Процесс производства жидкой формы АПК основывался на софментации многокомпонентной системы. Подготовка включала пастеризацию козьей сыворотки с внесенной измельченной зеленой массой и корой облепихи (массовое соотношение 10:4. Ферментацию проводили симбиотической закваской, содержащей штаммы *Bifidobacterium bifidum* и *Lactobacillus casei*. Ключевым этапом являлось одновременное созревание и ферментация при температуре 38–40°C в течение 6–7 суток. Разработанный режим обеспечивал максимальную экстракцию полифенольных соединений из растительного сырья, достижение титров про биотических культур не менее 1×10^8 КОЕ/мл для *Lactobacillus casei* и 1×10^7 КОЕ/мл для *Bifidobacterium bifidum*, антиоксидантную активность готового продукта [11; 12]. Разработка рецептур модульных концентратов базировалась на единых технологических принципах [3]. В качестве ключевого функционального компонента использовался антиоксидантный про биотический комплекс (АПК) в форме стандартизированной сухой смеси, включающей сублимированную ферментированную козью сыворотку (штаммы *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) и сублимированный экстракт облепихи, стандартизированный по содержанию флавоноидов соответственно.

Технология внесения АПК предусматривала его введение в виде жидкого концентрата на этапе пастификации при влажности массы 40 % с последующим распылительным высушиванием в матрице мальтодекстрина, что обеспечивало равномерное распределение и стабильность комплекса в готовом продукте.

Технология обработки: все ингредиенты предварительно варятся до состояния до состояния структурно-технологической готовности с последующей низкотемпературной сушкой (не более 50°C), что позволяет сохранить до 90–95 % нутриентов и органолептических свойств [12]. Восстановление производится горячей водой (90–95°C) в течение 5–7 минут. Выход готового блюда стандартизирован до 250–300 г. Эффективность нутритивной поддержки должна оцениваться индивидуально, в

зависимости от классификации модуля, и метаболических потребностей. С учетом задач этапной эвакуации разработаны три линейки модулей, дифференцированных по степени измельчения для обеспечения гибкости диетотерапии на различных этапах применения. Испытания в моделированных условиях хранения (температура от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность до 85 %) подтвердили сохранение органолептических, физико-химических и микробиологических показателей продукции в течение 12 месяцев. Отсутствие признаков окислительной порчи после 12 месяцев хранения при $+40^{\circ}\text{C}$ обусловлено комплексным действием барьерной упаковки и антиоксидантной активностью АПК, эффективно ингибирующего перекисное окисление липидов. Количество жизнеспособных пробиотических клеток в составе АПК, за счет устойчивой ферментации сохранялось на уровне $\geq 1 \times 10^8$ КОЕ/г, что превышает минимальный порог для проявления пробиотического эффекта. Отсутствие посторонних привкусов и запахов, характерных для продуктов длительного хранения, обусловлено эффективной антиоксидантной защитой АПК. Консистенция восстановленных продуктов соответствовала требованиям щадящих диет – от гомогенной жидкости для зондового питания до нежной структурированной массы для этапа реабилитации.

Практическая значимость работы определяется созданием замкнутой технологической цепочки, обеспечивающей непрерывность диетического питания на всех этапах медицинской эвакуации. Система включает в себя жидкие формы для зондового питания (помол < 200 мкм) для использования на передовых этапах эвакуации, протертые модули (помол 0,5–1 мм) для острого периода заболеваний в условиях полевого госпиталя, а также модули с более грубой структурой (помол 2–3 мм) для реабилитации и вторичной профилактики. Данный подход устраняет проблему разрыва в оказании энергетической и биологической поддержки, характерную для существующей системы полевого медицинского снабжения. Перспективы внедрения и развития технологии обусловлены целесообразностью интеграции в систему довольствия Вооруженных Сил, включив их в состав носимого аварийного запаса медика и табельное оснащение медицинских пунктов всех уровней. На базе отработанной технологической платформы возможно создание специализированных модулей для других терапевтических направлений, включая гипогликемические рационы, а также диетические блюда для снижения уровня холестерина в крови. Продукты обладают значительным потенциалом для применения в гражданском здравоохранении, особенно в условиях чрезвычайных ситуаций, удаленных территорий и опасных производств. Перспективным направлением является развитие персонализированного питания через совмещение модульного принципа с экспресс-диагностикой для формирования индивидуальных рационов.

Увеличенная энергетическая ценность, длительный срок хранения и компактность продукции позволяют оптимизировать логистические цепи снабжения.

Таким образом, разработанная технология не только решает актуальные задачи профилактической базы, но и открывает новые возможности для развития системы лечебного питания в различных сферах здравоохранения.

Список литературы:

1. Березовская А.В. Разработка системы биооксидантной коррекции для работников угольной отрасли // Научный диалог: теория и практика – современные концепции: материалы Междунар. науч. форума (г. Москва, 23 окт. 2025 г.) / отв. ред. Д. Р. Хисматуллин. – М.: Изд-во «Инфинити», 2025. – С. 195–202.
2. Березовская А.В., Фомин А.И. Факторы опасности здоровью шахтёров и меры противодействия этим рискам // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 5 (131). – С. 75–79. DOI: 10.23670/IRJ.2023.131.17
3. ГОСТ Р 57106-2023. Продукты диетического лечебного и диетического профилактического питания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1302050662> (дата обращения: 10.11.2025).
4. Дорофеев И.И. Прогноз стресс-ассоциированных заболеваний гастроэнтерологического профиля у военнослужащих // Санитарно-эпидемиологическая и медицинская безопасность (СЕАМЕД). – 2025. – № 2. – С. 56–64. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seamed.elpub.ru/jour/article/view/823> (дата обращения: 13.11.2025).
5. Концентрат облепихи и способ его приготовления: пат. RU 2043741 C1, Российская Федерация / Шарафетдинов Х. Р., Токарев А. Н., Смирнова Т. Г. [и др.]; заявитель – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой промышленности. – Заявл. 17.03.1992; опубл. 10.09.1995. – Бюл. № 25. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2043741C1> (дата обращения: 01.11.2025).
6. Пищевой функциональный продукт, обладающий противовоспалительными свойствами при заболеваниях желудочно-кишечного тракта: пат. RU 2416936 C1, Российская Федерация / Шарпов В.А., Плотникова Н.С., Снякина Т.В. [и др.]. – Заявл. 10.12.2009; опубл. 20.04.2011. – Бюл. № 11.

7. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 05.08.2003 № 330 «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=468344> (дата обращения: 12.11.2025).
8. Приказ Министерства обороны Российской Федерации от 21.06.2011 № 888 «О продовольственном обеспечении военнослужащих» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/55172034/> (дата обращения: 13.11.2025).
9. Продукт энтерального питания «УниПит»: пат. RU 2262240 С1, Российская Федерация / Семёнова М.В., Липатов А.А., Беляева Е.А. [и др.]. – Заявл. 11.03.2004; опубл. 27.10.2005. – Бюл. № 30.
10. Ушаева Л.А., Завьялов Д.В., Шубин Л.Б. Клинические аспекты патологии верхних отделов желудочно-кишечного тракта у военнослужащих Северо-Кавказского округа Росгвардии, участвующих в боевых действиях // Известия Российской военно-медицинской академии. – 2024. – Т. 43. – № 3. – С. 243–249. – DOI 10.17816/rmmar631338.
11. Ферментированные пищевые продукты (нетвёрдый йогурт и т.п.): пат. RU 2412600 С2, Российская Федерация / Куриленко Л.А., Соколова Е.Н., Плотникова И.В. [и др.]; заявитель – ОАО «Вимм-Билль-Данн Продукты Питания». – Заявл. 18.06.2008; опубл. 20.02.2011. – Бюл. № 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2412600C2> (дата обращения: 13.11.2025).
12. Ферментированные пищевые продукты, содержащие устойчивые титры бифидобактерий: пат. RU 2404668 С2, Российская Федерация / Куриленко Л.А., Соколова Е.Н., Плотникова И.В. [и др.]; заявитель – ОАО «Вимм-Билль-Данн Продукты Питания». – Заявл. 03.03.2008; опубл. 27.11.2010. – Бюл. № 33. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2404668C2> (дата обращения: 11.11.2025).
13. Фомичев А.В. Особенности заболеваний органов пищеварения у военнослужащих // Органы пищеварения / Digestive System Diseases. – 2017. – Т.9. – № 2. – С. 35–40. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journals.eco-vector.com/1682-7392/article/view/12174> (дата обращения: 13.11.2025).
14. Функциональные продукты питания и способ их получения: пат. RU 2602608 С1, Российская Федерация / Михайлова А.В., Власова Н.А., Галузо Т.В. [и др.]. – Заявл. 18.11.2015; опубл. 27.11.2016. – Бюл. № 33.

ХИМИЯ

РАЗДЕЛ 4.

ХИМИЯ

4.1. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ НОВЫХ ГИДРАЗОНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

Мендибаева Анель Жанатовна

*докторант,
Карагандинский индустриальный университет,
Казахстан, г. Темиртау*

Жаутикова Сауле Базарбаевна

*д-р мед. наук, проф.,
Карагандинский индустриальный университет,
Казахстан, г. Темиртау*

Нуркенов Оралгазы Актаевич

*д-р хим. наук, проф.,
Карагандинский индустриальный университет,
Казахстан, г. Темиртау*

Кабиева Сауле Казжановна

*канд. хим. наук, проф.,
Карагандинский индустриальный университет,
Казахстан, г. Темиртау*

Аннотация. В данной работе представлены результаты синтеза, теоретического и экспериментального исследования водорастворимых комплексов включения на основе ряда новых гидразонов никотиновой кислоты с циклодекстринами. Методами молекулярного моделирования и докинга выполнено *in silico* исследование комплексообразования между гидразонами никотиновой кислоты и α -, β -, γ -циклодекстринами. На основании оцененной аффинности связывания показано более эффективное связывание гидразонов с β - и γ -циклодекстринами. Выполнен синтез новых гидразонов и их комплексов с β - и γ -циклодекстринами в водно-спиртовой среде. Спектральные свойства комплексов включения охарактеризованы с помощью ИК-спектроскопии и ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии.

Ключевые слова: никотиновая кислота; гидразоны; циклодекстрины; супрамолекулярный комплекс; ЯМР спектроскопия.

Одним из перспективных субстратов в поиске новых биоактивных веществ являются производные 3-пиридинкарбоновой кислоты [1, с. 606]. На основе производных никотиновой кислоты разработано значительное количество лекарственных препаратов, применяемых в медицинской практике.

Привлекательность никотиногидразонов как биоактивных соединений обусловлена многогранностью их реакционной способности, а также практическим использованием производных бензилиденогидразонов в качестве «билдинг-блоков» в создании новых биоактивных средств и технических реагентов [2]. Однако многие производные гидразонов никотиновой кислоты характеризуются низкой растворимостью в водной среде, что не позволяет провести обширное изучение их биологических свойств.

В этой связи водорастворимые комплексы натуральных циклических природных макроциклов с биологически активными молекулами представляют собой один из наиболее интенсивно используемых объектов, что увеличивает растворимость органических молекул в составе комплексов, а также повышает их стабильность в среде физиологических жидкостей при хранении и т.д. [2, с. 272].

В качестве составляющего элемента супрамолекулярной системы для получения водорастворимых комплексов наиболее перспективно использование олигосахаридов циклического строения – α -, β - и γ -циклодекстринов (CD).

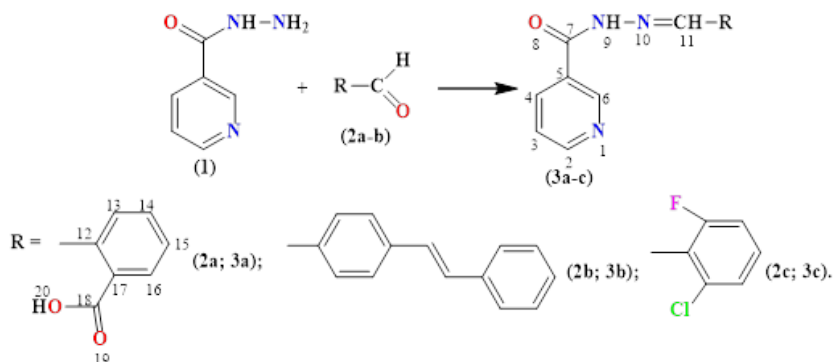
В литературе имеются лишь несколько данных, касающихся комплексообразования циклодекстринов с гостевыми структурами, сходными со структурой никотиновой кислоты. Результаты этих

исследований показали, что в отличие от никотиновой кислоты, ее клатратные производные обладают более широким спектром биологической активности [5, с. 197].

В настоящей статье представлены результаты исследования по получению водорастворимых комплексов включений ряда новых гидразонов никотиновой кислоты с β -циклодекстрином и изучению их термохимических свойств.

Основными объектами научной работы послужили гидразид никотиновой кислоты, 2-карбок-сибензальдегид, фталальдегид, циннамальдегид и 2-хлор-6-фторальдегид (фирма Sigma-Aldrich) и их гидразоновые производные, а также α -, β - и γ -циклодекстрины (фирма 99.5 %, Fluka).

Новые гидразоны 2-((2-никотиноилгидразоно)метил)бензойной кислоты (3a), N'-(4-((E)-стирил)бензилиден)никотиногидразид (3b), N-(2-хлор-6-флуоро-бензилиден)никотиногидразид (3c) получены по следующей схеме.



Состав и строение соединений (3a-c) подтверждены данными ИК-, ЯМР ¹H- и ¹³C-спектроскопии, а также данными двумерных спектров COSY (¹H-¹H) и HMQC (¹H-¹³C).

Спектр ЯМР ¹H соединения (3a) характеризуется присутствием ароматических протонов – фрагментов бензойной и никотиновой кислот при 7.46–7.51 м (2H, H-3, H-13), 7.59 т (1H, H-15, ³J 7.4 Гц), 7.86–7.88 м (1H, H-14), 8.05 д (1H, H-16, ³J 7.6 Гц), 8.24 д (1H, H-4, ³J 7.6 Гц), 9.06 с (1H, H-6) и 9.18 с (1H, H-2) м.д. Ненасыщенный протон H-11 проявился однопротонным синглетом при 8.70 м.д. Гидразиновый протон H-9 резонировал однопротонным синглетом при 12.18 м.д. Из-за наличия обменных процессов

у карбоксильного протона Н-20 с молекулами воды дейтерированного растворителя он проявился уширенным синглетом при 5.02 м.д.

В спектре ЯМР ^{13}C соединения (3а) сигналы ароматических углеродных атомов фрагментов бензойной и никотиновой кислот проявились при 123.99 (C-3), 127.27 (C-16), 129.61 (C-5), 130.22 (C-13), 130.84 (C-14), 131.32 (C-17), 132.48 (C-15), 134.94 (C-12), 136.07 (C-4), 147.96 (C-2) и 149.17 (C-6) м.д. Непредельный углеродный атом C-11 регистрировался при 152.78 м.д. Карбонильные и карбоксильные углеродные атомы C-7 и C-18 резонировали при 162.51 и 168.58 м.д. соответственно.

В спектрах ^1H - ^1H COSY соединения (3а) наблюдаются спин-спиновые корреляции через три связи протонов соседних метин-метинных ароматических групп H^{13} - H^{15} (7.47, 7.60 и 7.60, 7.47), H^{13} - H^{14} (7.47, 7.86 и 7.86, 7.47), $^{15}\text{H}^{15}$ - H^{16} (7.58, 8.04 и 8.04, 7.58), H^3 - H^4 (7.48, 8.24 и 8.24, 7.48), H^{13} - H^{11} (7.48, 8.70 и 8.70, 7.48) и H^6 - H^2 (9.06, 9.16 и 9.16, 9.06) м.д. (рисунок 1).

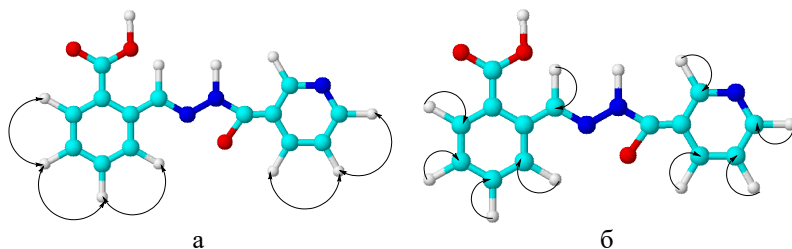


Рисунок 1. Схема корреляций в спектрах COSY (а) и HMQC (б) соединения (3а)

Гетероядерные взаимодействия протонов с атомами углерода через одну связь были установлены с помощью спектроскопии ^1H - ^{13}C HMQC для следующих присутствующих в соединениях пар: H^3 - C^3 (7.48, 124.02), H^{13} - C^{13} (7.46, 130.23), H^{15} - C^{15} (7.58, 132.51), H^{16} - C^{16} (8.04, 127.29), H^{14} - C^{14} (7.86, 130.88), H^4 - C^4 (8.22, 136.18), H^2 - C^2 (9.17, 148.08), H^{11} - C^{11} (8.69, 152.75) и H^6 - C^6 (9.05, 149.33) м.д.

Гетероядерные взаимодействия протонов с атомами углерода через две и более связей были установлены с помощью спектроскопии ^1H - ^{13}C HMBC для следующих присутствующих в соединении пар: H^{11} - C^3 (8.68, 123.92); H^2 - C^4 (9.18, 135.39), H^2 - C^2 (9.18, 147.92); H^{20} - C^{18} (12.16, 162.54) м.д.

2-((2-Никотиноилгидразо)метил)бензойная кислота (3а). К смеси 2,74 г (0,02 М) гидразида никотиновой кислоты в 20 мл этанола

добавляли при перемешивании 3 г (0,02 М) 2-карбоксибензальдегида в 30 мл этанола. Реакционную смесь перемешивали при температуре 60°C в течение 2 часов, а затем охлаждали до комнатной температуры. Сырой продукт отфильтровали, промывали и сушили. Перекристаллизация из изопропанола дала (3а) в виде белого порошка. Выход 97 %, т. пл. 220–222°C. ИК спектр (KBr), ν , см⁻¹: 3414 (NH), 1697 (CO_{амид}), 1601 (C=N), 1601 (аром.). Масс-спектр, m/z , ($I_{\text{отн}}$, %): 270.125 (100) [M+H]⁺.

N'-(4-((*E*)-стирилбензилиден)никотиногидразид (3b). Выход 79 %, желтый порошок, т. пл. 240–242°C. Спектр ЯМР ¹H (ДМСО-d₆), δ , м.д., (J, Гц): 7.24–7.36 (6H, м, H-19,21-25), 7.52–7.59 (4H, м, H-3,18,14,16), 7.66–7.72 (2H, м, H-13,17), 8.21–8.22 (1H, м, H-4), 8.39 (1H, с, H-11), 8.72–8.73 (1H, м, H-2), 9.03 (1H, с, H-6), 11.96 (1H, с, H-9). Спектр ЯМР ¹³C (ДМСО-d₆), δ _C, м.д.: 124.02 (C-3), 127.19 (C-5), 127.45 (C-13,17,18,22-24), 128.14 (C-21,25), 129.29 (C-14,16), 130.05 (C-19), 133.85 (C-12), 135.92 (C-4), 137.06 (C-20), 139.16 (C-15), 148.52 (C-11), 149.09 (C-6), 152.72 (C-2), 162.08 (C-7). Спектр ЯМР COSY: H-21,25→H-22,24,23, H-3→H-4, H-3→H-2. Спектр ЯМР HMQC: H-3→C-3, H-21,25→C-21,25, H-14,16→C-14,16, H-22-24→C-22-24, H-13,17→C-13,17, H-4→C-4, H-11→C-11, H-2→C-2, H-6→C-6. Спектр ЯМР HMBC: H-6→C-5; H-9→C-7.

N'-(2-хлоро-6-фторбензилиден)никотиногидразид (3с). Выход 84 %, белый порошок, т. пл. 198–199°C. Спектр ЯМР ¹H (ДМСО-d₆), δ , м.д., (J, Гц): 7.22–7.31 (1H, м, H-15), 7.36–7.37 (1H, м, H-16), 7.41–7.42 (1H, м, H-14), 7.51–7.54 (1H, м, H-3), 8.22–8.24 (1H, м, H-4), 8.65 (1H, с, H-11), 8.73 (1H, с, H-2), 9.04 (1H, с, H-6), 12.21 (1H, с, H-9). Спектр ЯМР ¹³C (ДМСО-d₆), δ _C, м.д.: 116.06 и 116.28 (C-16), 120.89 и 121.02 (C-12), 124.13 (C-3), 126.59 (C-14), 129.38 (C-13), 132.37 (C-15), 134.47 (C-5), 136.07 (C-4), 142.36 (C-11), 149.19 (C-6), 152.98 (C-2), 159.41 и 161.98 (C-17), 162.28 (C-7). Спектр ЯМР COSY: H-15→H-14, H-3→H-4, H-3→H-2. Спектр ЯМР HMQC: H-3→C-3, H-16→C-16, H-14→C-14, H-15→C-15, H-4→C-4, H-4→C-4, H-11→C-11, H-2→C-2, H-6→C-6. Спектр ЯМР HMBC: H-11→C-12, C-5; H-9→C-7, C-11.

В супрамолекулярной химии определяющую роль играют размеры и форма или геометрическая комплементарность взаимодействующих компонентов [4, с. 105]. С целью выбора наиболее эффективного комплексообразующего агента из α -, β - и γ -циклодекстринов для субстратов (3а)-(3с) был выполнен молекулярный докинг – исследование комплексов «хозяин–гость» для системы «циклодекстрин-гидразон» (1:1) с оценкой аффинности связывания (рисунок 2).

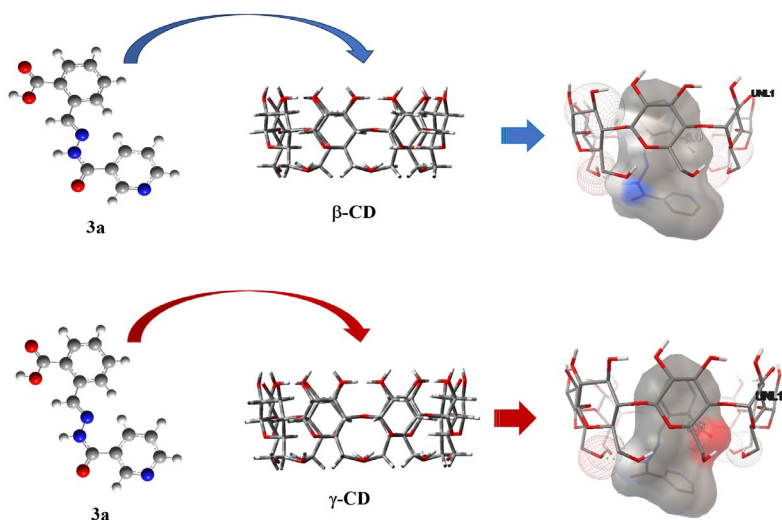


Рисунок 3. Схематическое представление комплексообразования гидразона никотиновой кислоты (3a) с β- и γ-циклодекстринами

В рамках подготовки молекулярных структур объектов исследования к докингу их геометрия была первоначально оптимизирована методом DFT RB3LYP/6-311G CPCM (water) для определения наиболее устойчивых конформаций и оценки их параметров [3, с. 2211].

Соотношение геометрических параметров молекул гидразонов в качестве «гостей» с размерами полостей молекул α-, β- и γ-циклодекстринов позволяет предположить наиболее эффективное связывание с β- и γ-циклодекстринами, так как «контейнер» молекулы α-циклодекстрина слишком мал для вмещения молекул исследуемых гидразонов.

Методика получения комплекса включения 2-((2-никотиноилгидразон) метил)бензойной кислоты с β-CD (4a). К концентрированному раствору 2-((2-никотиноилгидразон) метил)бензойной кислоты (0,0006 М) в 7 мл ДМФА в соотношении 1:1 по каплям вносят насыщенный раствор β-CD (0,0006 моль) в 15 мл воды, перемешивают при температуре 50–60°C 3–4 часа. Выпавший при охлаждении (4°C) осадок отфильтровывают через воронку Шотта. Конечный продукт был высушен при комнатной температуре (22–23°C). Комплекс включения гидразона с β-циклодекстрином был получен в виде водорастворимого белого порошка. Общий выход продукта составил 22 %, т. пл. 230°C.

Комплекс включения *N'*-(4-((*E*)-стирил) бензильден) никотиногидразид с β -CD (4b) получен аналогично (4a) в виде водорастворимого желтого порошка. Общий выход продукта составил 19 %, т.пл. 243–245°C.

Комплекс включения *N*-(2-хлор-6-флуоробензильден) никотиногидразида с β -CD (4c) получен аналогично (4a) в виде водорастворимого белого порошка. Общий выход продукта составил 16 %, т.пл. 305°C.

Комплекс включения *N*-(2-хлор-6-флуоробензильден) никотиногидразида с γ -CD (4d) получен аналогично (4a) в виде водорастворимого белого порошка. Общий выход продукта составил 17 %, т.пл. 265–270°C. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C комплексов 4a–4d приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C комплексов 4a–4d

№ Соед.	Группа	δ ₀ , м.д.		δ, м.д.		Δδ = δ – δ ₀	
		¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C
β-Циклодекстрин							
4a	H ₃	3.60 м	73.64	3.58	73.37	-0.02	-0.28
	H ₅	3.49 м	72.50	3.50	73.21	0.01	-0.29
4b	H ₃	3.60 м	73.64	3.58	73.37	-0.02	-0.28
	H ₅	3.49 м	72.50	3.50	73.21	0.01	-0.29
4c	H ₃	3.60 м	73.64	3.61	73.55	0.01	-0.09
	H ₅	3.49 м	72.50	3.49	72.51	0	-0.01
4d	H ₃	3.37 м	73.44	3.62	73.07	0.25	-0.37
	H ₅	3.37 м	73.11	3.44	72.27	0.07	-0.84

Заключение

В ходе работы получены водорастворимые комплексы включений ряда новых гидразонов никотиновой кислоты с циклодекстринами (β -ЦД, γ -ЦД) в водно-спиртовой среде. Методами молекулярного докинга и моделирования выполнено *in silico* исследование комплексообразования гидразонов никотиновой кислоты с циклодекстринами. Анализ полученных данных показал, что с α -циклодекстрином гидразоны имеют поверхностное связывание, без проникновения молекулы гостя в полость хозяина, что проявляется в низких значениях аффинности связывания. Во всех остальных случаях гидразоны демонстрируют частичное или полное проникновение внутрь полости циклодекстринов. В случае с γ -циклодекстрином, несмотря на проникновение молекул «гостей» внутрь полости тора, исследуемые гидразоны демонстрируют менее эффективное связывание,

чем в случае с β -циклодекстрином, что обусловлено несоответствием размера полости тора γ -циклодекстрина геометрическим параметрам молекул гидразонов. Высокие значения энергии активации комплексов включений новых гидразонов никотиновой кислоты указывают на стабильность и прочность сформированных связей в изученных клатратах.

Список литературы:

1. Бояршинов В.Д., Михалев А.И., Ухов С.В., Юшкова Т.А., Махмудов Р.Р. Синтез и биологическая активность амидов пиридин-2-карбоновой кислоты // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9. – С. 606–610.
2. Jansook P., Ogawa N., Loftsson T. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2018. – № 5. – Pp. 272–284.
3. Sarkar A., Concilio S., Sessa L., Marrafino F., Piotto S. Advancements and novel approaches in modified AutoDock Vina algorithms for enhanced molecular docking // *Results in Chemistry*. – 2024. – №7. – P. 2211.
4. Tomasi J., Mennucci B., Cammi R. Quantum Mechanical Continuum Solvation Models // *Chemical Reviews*. – 2005. – № 105. – P. 2999–3093.
5. Zhdanov A., Kompantseva E.V., Alekseev Y.E., Ovcharenko L.P. Chiral induction in beta-cyclodextrin complexes with isonicotinic-acid derivatives // *Doklady akademii nauk*. – 1995. – № 2. – Pp. 197–199.

САМОСОБИРАЮЩИЕСЯ МОНОСЛОИ НА ОСНОВЕ ДИАМОНДОИДОВ: ОТ АДАМАНТАНА ДО ВЫСШИХ ДИАМОНДОИДОВ

Новиковский Анатолий Александрович

*младший научный сотрудник,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический
университет (МАДИ),
РФ, г. Москва*

Неделькин Владимир Иванович

*д-р хим. наук, проф.,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический
университет (МАДИ),
РФ, г. Москва*

SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS BASED ON DIAMONDODS: FROM ADAMANTANE TO HIGHER DIAMONDODS

Novikovskiy Anatolii Alexandrovich

*Junior Researcher,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University (MADI),
Russia, Moscow*

Nedelkin Vladimir Ivanovich

*Doctor of Chemical Sciences, Prof.,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University (MADI),
Russia, Moscow*

Аннотация. Самоорганизующиеся монослои (СОМ) на основе диамондоидов представляют собой перспективный класс материалов для нанотехнологий, сочетающих высокий структурный порядок, термическую стабильность и регулируемые электронные свойства.

В данном обзоре систематизированы достижения в области создания и исследования СОМ – от простейшего адамантана до его высших

гомологов. Рассмотрены особенности самосборки, структурная организация и функциональные свойства монослоев на поверхности золота, в том числе уникальная способность высших диамондоидов придавать поверхности свойства отрицательного электронного сродства, что открывает возможности для разработки монохроматических источников электронов.

Особое внимание уделено стратегиям повышения стабильности СОМ, включая использование триподных лигандов и графеновых покрытий. Обсуждаются перспективы применения диамондоидных монослоев в молекулярной электронике, квантовых технологиях и аналитическом приборостроении.

Abstract. Self-assembled monolayers (SAMs) based on diamondoids represent a promising class of materials for nanotechnology, combining high structural order, thermal stability, and tunable electronic properties. This review systematizes advances in the creation and study of SAMs—from the simplest adamantane to its higher homologues.

The peculiarities of self-assembly, structural organization, and functional properties of monolayers on gold surfaces are considered, including the unique ability of higher diamondoids to confer negative electron affinity to the surface, which opens up possibilities for the development of monochromatic electron sources. Special attention is paid to strategies for enhancing the stability of SAMs, including the use of tripodal ligands and graphene coatings. The prospects for the application of diamondoid monolayers in molecular electronics, quantum technologies, and analytical instrumentation are discussed.

Ключевые слова: самоорганизующиеся монослои, диамондоиды, адамантан, нанотехнологии, отрицательное электронное сродство, монохроматические источники электронов, молекулярная электроника.

Keywords: self-assembled monolayers, diamondoids, adamantane, nanotechnology, negative electron affinity, monochromatic electron sources, molecular electronics.

Самосборка молекулярных структур на поверхностях представляет собой фундаментальный процесс в нанотехнологии, направленный на создание функциональных материалов с атомарной точностью. В качестве традиционных строительных блоков применяются тиолы с протяженными алкильными цепями, однако присущая им конформационная гибкость обуславливает формирование дефектных монослоев с нерегулярной упаковкой [1], [2].

Альтернативу составляют диамондоиды, чья жесткая сферическая или псевдосферическая структура и высокая симметрия обеспечивают значительное снижение энтропийных потерь при ассоциации по сравнению с гибкими алканами [3]. В результате образуются более однородные самоорганизующиеся монослои (COM), характеризующиеся пониженной концентрацией вакансий и увеличенными размерами доменов [4], [5].

Первоначальные исследования по формированию диамондоидных COM были выполнены с использованием 1-адамантантиола и его димерного производного $\text{AdCH}_2\text{SSCH}_2\text{Ad}$ на поверхности $\text{Au}(111)$ [6], [7]. Методом сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) было установлено образование гексагональных двумерных структур с периодом решетки приблизительно 0.65 нм, что коррелирует с параметром решетки кристалла адамантана [8], [9]. Специфическим признаком данных COM является формирование «леопардового» узора, состоящего из островков, которое связано с экстракцией атомов золота из первого слоя подложки (Рис. 1) [7].

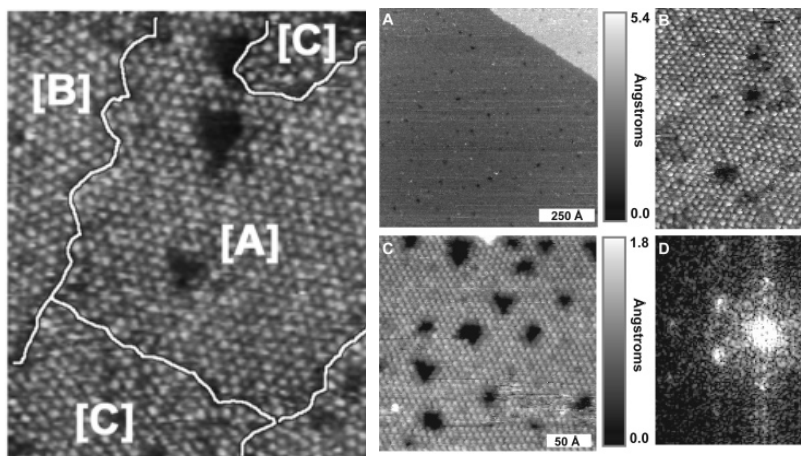


Рисунок 1. Слева. Три группы доменов (A–C) с разными углами ориентации молекул в монослой $\text{AdCH}_2\text{SSCH}_2\text{Ad}$ на $\text{Au}(111)$. Белые линии показывают границы между доменами [6]. Справа. СТМ-изображение гексагональной плотноупакованной решётки монослоя 1-адамантантиола на $\text{Au}(111)$ при разных разрешениях и соответствующее преобразование Фурье с узлами обратной решётки первого и второго порядков [7].

Основное преимущество 1-адамантантиолата заключается в минимальных энтропийных потерях в процессе самосборки. В отличие от гибких алканов, жесткая структура адамантанового каркаса не приводит к потере конформационной энтропии при образовании контактных пар, что обуславливает более благоприятную энергетику ассоциации [3]. Дополнительным фактором, способствующим формированию высокоупорядоченных структур, является эпитаксиальное соответствие: трехлучевая симметрия молекулы 1-адамантантиолата комплементарна симметрии поверхности Au(111), что приводит к увеличению размеров упорядоченных доменов [10].

Несмотря на несколько менее прочную связь 1-адамантантиола с поверхностью золота в сравнении с алкантиолами (разница в энергии связи электронов 2p серы составляет приблизительно ~ 0.16 эВ для додекантиола) [11], формируемые им СОМ характеризуются одним значительным свойством: они легко подвергаются замещению другими тиолами. Указанное свойство послужило основой для разработки технологии микросмещающей печати (microdisplacement printing). В рамках данной технологии 1-адамантантиол функционирует в качестве временного барьера, который впоследствии селективно замещается функциональными «чернильными» молекулами, например, 1-додекантиолом (Рис. 2) [12], [13].

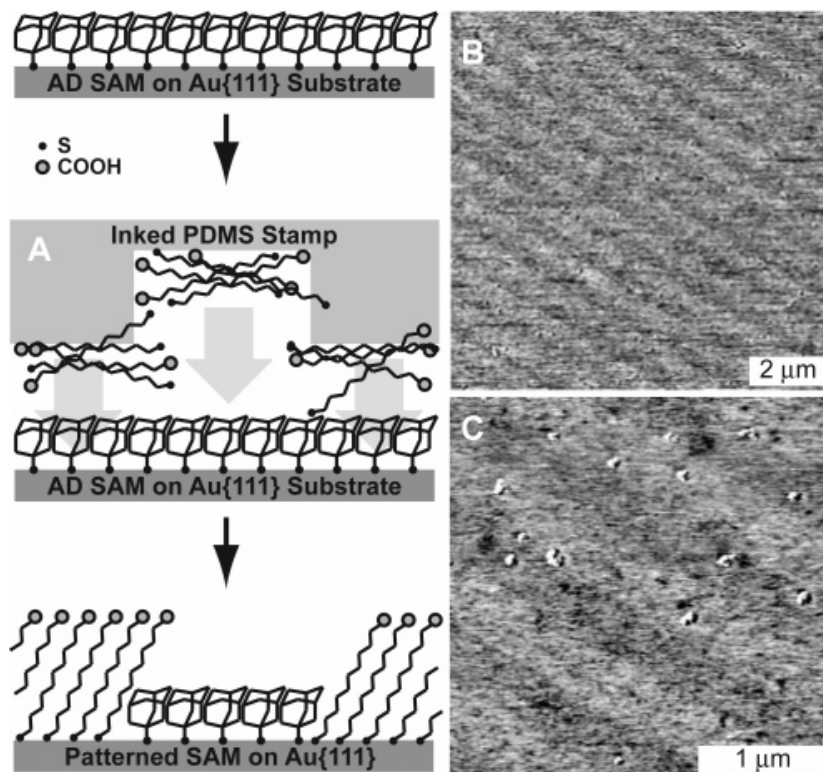


Рисунок 2. А) Схематическое изображение печати методом микросмещения на самоорганизующемся монослое 1-адамантантиолатата с использованием штампа, пропитанного 11-меркаптоундекановой кислотой. В и С) Изображения, полученные методом микроскопии латеральных сил, структурированной поверхности Au(111), созданной с помощью печати методом микросмещения с использованием полидиметилсилоксанового штампа с плотностью 1200 линий/мм, пропитанного 25 мМ раствором 11-меркаптоундекановой кислоты. [12]

В целях повышения стабильности самоорганизующихся монослоев были синтезированы триподные (трехопорные) молекулярные структуры на основе адамантана, обладающие множественными точками анкеровки к подложке. Такие соединения, как BrCH₂SH₃AD (1-бром-3,5,7-трис(меркаптометил)адамантан), формируют высокоупорядоченные СОМ за счет трехточечного ковалентного связывания с поверхностью Au(111) [14].

Проведенные с помощью СТМ исследования выявили способность данных систем к спонтанному образованию хиральных надмолекулярных структур, что обусловлено спецификой пространственной упаковки метиленовых групп в составе «ног» трипода (Рис. 3) [15].

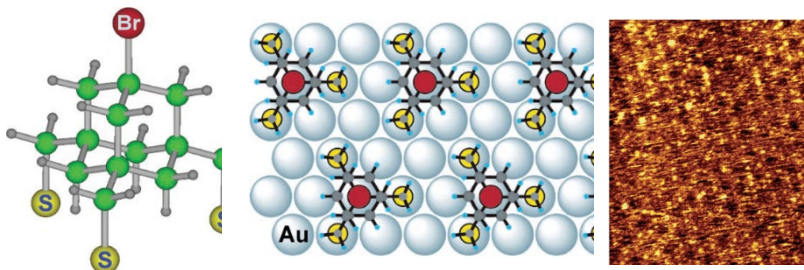


Рисунок 3. Слева. Структура молекулы 1-бром-3,5,7-трис(меркаптометил)адамантана. Центр. Вид сверху на возможное расположение соединения $\text{BrCH}_2\text{SH}_3\text{AD}$ в самоорганизующемся монослое на $\text{Au}(111)$. Справа. СТМ-изображение самоорганизующегося монослоя $\text{BrCH}_2\text{SH}_3\text{AD}$ на поверхности $\text{Au}(111)$, полученное в 0.1 М водном растворе HClO_4 при комнатной температуре. [15]

Особый научный интерес вызывают триподные структуры, функционализированные электроактивными группами, в частности ферроценовыми ($\text{FcCH}_2\text{SH}_3\text{AD}$). Пространственная изоляция ферроценовых групп, обеспечиваемая жестким адамантовым каркасом, обуславливает практически идеальное нернстовское поведение данных самоорганизующихся монослоев в циклической вольтамперометрии. Это поведение наблюдается в отсутствие межмолекулярных взаимодействий даже при высокой поверхностной плотности функциональных групп (Рис.4) [16]. Указанное свойство открывает перспективы для разработки высокоплотных и стабильных молекулярных электронных устройств.

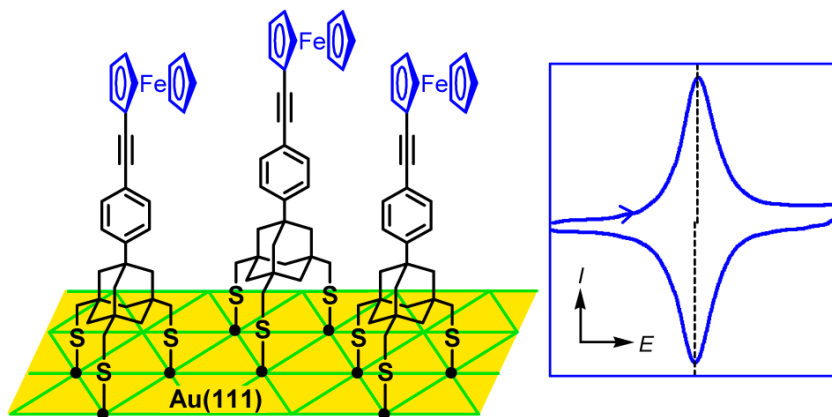


Рисунок 4. Слева: Возможное расположение молекул в самоорганизующемся монослое $FeCH_2SH_3AD$, в котором ферроценовые группы ориентированы в одном направлении.

Справа: Записанные на золотом рабочем электроде, модифицированном слоем $FeCH_2SH_3AD$, циклические вольтамперограммы демонстрируют практически идеальное нернстовское поведение [16].

Старшие гомологи адамантана и их тиольные производные привлекают внимание благодаря усиленным дисперсионным взаимодействиям и уникальным электронным свойствам [17–19]. Однако их поведение на поверхности критически зависит от позиции заместителя. Апикально замещенные тиолы (например, 4-диамантантиол) благодаря симметрии формируют плотные гексагональные СОМ, подобные монослоям адамантантиола [20]. В отличие от них, медиально замещенные изомеры (например, 1-диамантантиол) из-за стерических затруднений образуют метастабильные системы с разнообразной упаковкой и динамическим поведением на поверхности (Рис. 5) [20].

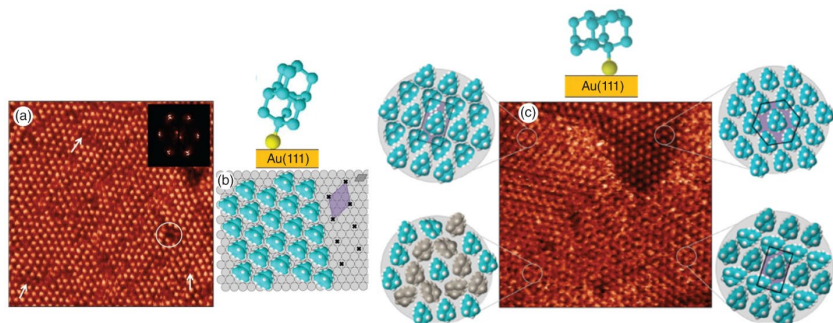


Рисунок 5. а) СТМ-изображение в режиме постоянного тока монослоя 4-диамантилтиола на Au(111), где вставка показывает Фурье-образ, характерный для гексагональной упаковки. (б) Схематическая модель упаковки 4-диамантилтиола на Au(111), где крестиками обозначены центры адсорбции на поверхности, а серые кружки представляют атомы золота; (с) СТМ-изображение монослоя 1-диамантилтиола на Au(111), где частичная конформационная гибкость изменяет морфологию, но сохраняет целостность самоорганизующегося монослоя

Ключевым открытием стало создание монохроматического источника электронов на основе СОМ из 6-[121] тетрамантилтиола. Этот диамондоидный слой на золоте снижает работу выхода до рекордных ~ 1.6 эВ (с ~ 5.3 эВ) и придает поверхности свойство отрицательного электронного сродства (NEA) [21, 22]. При рентгеновском возбуждении поверхность испускает интенсивный электронный пучок с узким распределением по энергиям (полуширина ~ 0.3 эВ) [21]. Механизм заключается в переносе возбужденных электронов с золота на вакантные орбитали (LUMO) диамондоида, которые, находясь выше вакуумного уровня, действуют как эффективный эмиттер (Рис. 6) [23, 24].

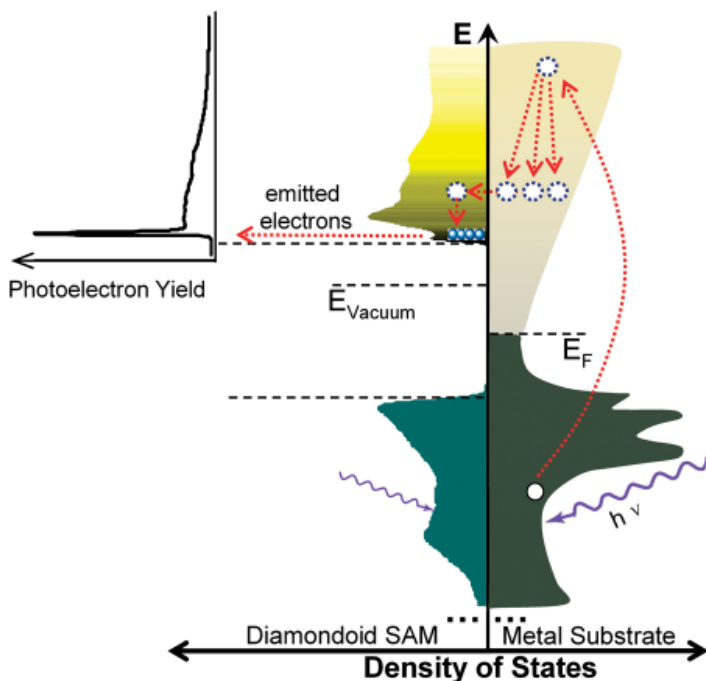


Рисунок 6. Механизм испускания электронов с поверхности металла, модифицированной диамондоидами. Возбуждение поверхности вызывает перенос электрона на диффузную НСМО (нижнюю свободную молекулярную орбиталь) диамондоида, которая расположена выше уровня вакуума. Это приводит к эффективной эмиссии электронов с поверхности. [23]

Для повышения термической стабильности подобных катодов успешно применяется метод покрытия самоорганизующихся монослоев слоем графена. Данный подход позволяет увеличить температуру эксплуатационной стабильности до 280°C и добиться дальнейшего сужения спектра электронной эмиссии (Рис. 7) [25].

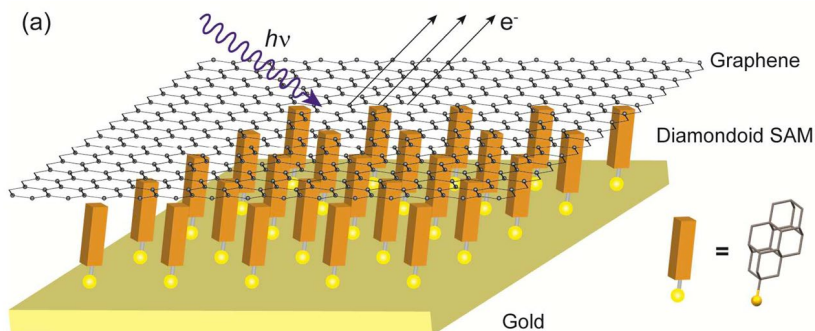


Рисунок 7. Покрытие самоорганизующегося монослоя 6-[121] тетрамантилтиола на золотой поверхности монослоем графена с высокой прозрачностью для электронов служит в качестве прочного барьера, препятствующего десорбции диамондоидов. Такая защита обеспечивает четырёхкратное повышение стабильности по сравнению с незащищённым диамондоидным монослоем [25]

Самоорганизующиеся монослои на основе диамондоидов формируют уникальный класс материалов, для которого характерно сочетание исключительной структурной упорядоченности, высокой термической и химической стабильности, а также регулируемых электронных свойств. Наиболее значимым достижением является способность высших диамондоидов придавать поверхностям свойство отрицательного электронного сродства, что создает предпосылки для разработки нового поколения монокроматических источников электронов, применимых в электронной микроскопии и ускорительной технике.

Перспективные направления дальнейших исследований включают повышение стабильности данных систем, изучение СОМ на основе новых высших диамондоидов и их функциональных производных (фосфонатов, N-гетероциклических карбенов), а также интеграцию этих материалов в практические устройства наноэлектроники и квантовых технологий.

Список литературы:

1. J.P. Wagner, P.R. Schreiner. London dispersion in molecular chemistry-reconsidering steric effects. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2015. Vol.54. P.12274–12296.
2. R.G. Nuzzo, D.L. Allara. Adsorption of bifunctional organic disulfides on gold surfaces. *J. Am. Chem. Soc.* 1983. Vol.105. P.4481–4483.

3. E.M. King, M.A. Gebbie, N.A. Melosh. Impact of rigidity on molecular self-assembly. *Langmuir*. 2019. Vol.35. P.16062–16069.
4. V.V. Korolkov, S. Allen, C.J. Roberts, S.J.B. Tendler. Subsecond self-assembled monolayer formation. *J. Phys. Chem.* 2010. Vol.114. P.19373–19377.
5. M.M. Jobbins, A.F. Raigoza, S.A. Kandel. Adatoms at the sulfur-gold interface in 1-adamantanethiolate mono layers, studied using reaction with hydrogen atoms and scanning tunneling microscopy. *J. Phys. Chem.* 2011. Vol.115. P.25437–25441.
6. S. Fujii, U. Akiba, M. Fujihira. Geometry for self-assembling of spherical hydrocarbon cages with methane thiolates on Au(111). *J. Am. Chem. Soc.* 2002. Vol.124. P.13629–13635.
7. A.A. Dameron, L.F. Charles, P.S. Weiss. Structures and displacement of 1-adamantanethiol self-assembled monolayers on Au{111}. *J. Am. Chem. Soc.* 2005. Vol.127. P.8697–8704.
8. P.A. Reynolds. An X-ray diffuse-scattering study of the ordered, cubic, $F\{4\}3m$ phase of adamantane (tricyclo[3.3.1.1^{3,7}]decane). *Acta Crystallogr.* 1978. Vol.34. P.242–249.
9. A. Ulman. Formation and structure of self-assembled monolayers. *Chem. Rev.* 1996. Vol.96. P.1533–1554.
10. W. Azzam, A. Bashir, O. Shekhah. Thermal study and structural characterization of self-assembled monolayers generated from diadamantane disulfide on Au(111). *Appl. Surf. Sci.* 2011. Vol.257. P.3739–3747.
11. T.M. Willey, J.D. Fabbri, J.R.I. Lee. Near-edge X-ray absorption fine structure spectroscopy of diamondoid thiol monolayers on gold. *J. Am. Chem. Soc.* 2008. Vol.130. P.10536–10544.
12. A.A. Dameron, J.R. Hampton, R.K. Smith. Microdisplacement printing. *Nano Lett.* 2005. Vol.5. P.1834–1837.
13. J.J. Schwartz, J.N. Hohman, E.I. Morin, P.S. Weiss. Molecular flux dependence of chemical patterning by microcontact printing. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2013. Vol.5. P.10310–10316.
14. T. Kitagawa, Y. Idomoto, H. Matsubara. Rigid molecular tripod with an adamantane framework and thiol legs. Synthesis and observation of an ordered monolayer on Au(111). *J. Org. Chem.* 2006. Vol.71. P.1362–1369.
15. S. Katano, Y. Kim, H. Matsubara. Hierarchical chiral framework based on a rigid adamantane tripod on Au(111). *J. Am. Chem. Soc.* 2007. Vol.129. P.2511–2515.
16. T. Kitagawa, H. Matsubara, K. Komatsu. Ideal redox behavior of the high-density self-assembled monolayer of a molecular tripod on a Au(111) surface with a terminal ferrocene group. *Langmuir*. 2013. Vol.29. P.4275–4282.
17. B.A. Tkachenko, N.A. Fokina, L.V. Chernish. Functionalized nanodiamonds part 3: thiolation of tertiary bridgehead alcohols. *Org. Lett.* 2006. Vol.8. P.1767–1770.

18. A.A. Fokin, P.R. Schreiner, N.A.Fokina. Reactivity of [1(2,3)4]pentamantane (Td-pentamantane): a nanoscale model of diamond. *J. Org. Chem.* 2006. Vol.71. P.8532–8540.
19. T.M. Willey, J.R.I. Lee, J.D. Fabbri. Determining orientational structure of diamondoid thiols attached to silver using near-edge X-ray absorption fine structure spectroscopy. *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* 2009. Vol.172. P.69–77.
20. Y.Y. Lopatina, V.I. Vorobyova, A.A. Fokin. (2019). Structures and dynamics in thiolated diamantane derivative monolayers. *J. Phys. Chem. C* 2019. Vol.123. P.27477–27482.
21. W.L. Yang, J.D. Fabbri, T.M. Willey. Monochromatic electron photoemission from diamondoid monolayers. *Science.* 2007. Vol.316. P.1460–1462.
22. N.D. Drummond, A.J. Williamson, R.J. Needs, G. Galli. Electron emission from diamondoids: a diffusion quantum Monte Carlo study. *Phys. Rev. Lett.* 2005. Vol.95. P.096801.
23. W.A. Clay, Z. Liu, W.L. Yang. Origin of the monochromatic photoemission peak in diamondoid monolayers. *Nano Lett.* 2009. Vol.9. P.57–61.
24. S. Roth, D. Leuenberger, J. Osterwalder. Negative-electron-affinity diamondoid monolayers as high-brilliance source for ultrashort electron pulses. *Chem. Phys. Lett.* 2010. Vol.495. P.102–108.
25. H. Yan, K.T. Narasimha, J. Denlinger. Monochromatic photocathodes from graphene-stabilized diamondoids. *Nano Lett.* 2018. Vol.18. P.1099–1103.

ARTICLES IN ENGLISH

CHEMISTRY

SECTION 1.

CHEMISTRY

1.1. ANALYTICAL CHEMISTRY

DETERMINATION OF ZIRCONIUM IN THE FORM OF MULTILIGAND COMPLEXES WITH ORTHONITROBENZOLAZOPYROCATECHIN AND CETYLTRIMETHYLAMMONIUM BROMIDE

Ahmadov İntizam Alisafa

PhD student,

*Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry
named after Academician M. Naghiyev,
Azerbaijan, Baku*

Pashajanov Aydin Muhammad

PhD student,

*Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry
named after Academician M. Naghiyev,
Azerbaijan, Baku*

Abstract. The formation conditions of zirconium(IV) multiligand complexes with orthonitrobenzolazopyrocatechin and cetyltrimethylammonium bromide, as well as the mechanism of interaction between the reagent, metal, and surfactant, have been investigated. The complex formation reaction occurs in an

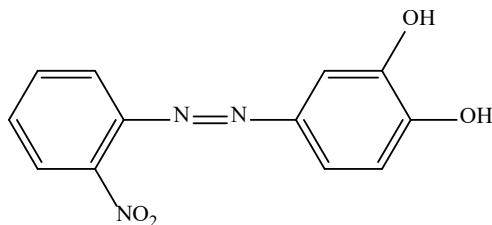
acidic medium, and maximum absorbance is observed at $\text{pH} = 1.5\text{--}4$. The complex exhibits maximum light absorption at $\lambda_{\text{max}} = 480 \text{ nm}$. Upon introduction of the surfactant into the reaction system, orthonitrobenzolazopyrocatechin undergoes deprotonation, enhancing its ability to coordinate with the metal. The stoichiometric ratio of metal, reagent, and surfactant in the mixed-ligand complex was determined to be 1:2:2. The molar absorptivity of the complex is $2.8 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, and the stability constant is $\beta_k = 7.1$. The extractability of the complex using organic reagents for preconcentration and separation was studied. A single extraction with 500 μL of chloroform transfers 97.0% of zirconium into the organic phase as a mixed-ligand complex. High extraction efficiency is maintained within the temperature range of $10\text{--}40^\circ\text{C}$ and aqueous phase volume of 20–40 mL, without a decrease in color intensity of the complex. Using the proposed method, microgram quantities of zirconium have been determined in natural and industrially significant materials.

Keywords: zirconium, extraction, orthonitrobenzolazopyrocatechin.

Introduction. Various physicochemical methods exist for the determination of zirconium [1, p.535, 2, p.736 3, p.3035]. However, many of the proposed methods have significant drawbacks. Selectivity is limited; the reagent may react not only with the target metal but also with interfering ions, and analytical procedures are often multi-step. The synthesis of complexes is time-consuming, instruments are expensive, and require special calibration. In the present study, the experiments conducted for zirconium determination are simple, the reagents are environmentally friendly, and no costly equipment is required.

Instruments and Reagents. The optical density of colored solutions was measured using a CФ-46 spectrophotometer or a КФК-2 photoelectrocolorimeter in a quartz glass cuvette with a thickness of $l = 1.0 \text{ cm}$, and with a JENWAY 6300 spectrophotometer using a quartz microcuvette. For separation of the aqueous-organic phase, a Denley BS400 centrifuge (Denley Instruments Ltd., Billingshurst, UK) was used. The pH of the studied solutions was monitored using a Cond./TDS/Temp universal pH meter. Spectrophotometric measurements were carried out at $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Orthonitrobenzolazopyrocatechin was synthesized according to the procedure described in [4, p.383] and purified by recrystallization from alcohol. Using the titanometric titration method, the percentage content of each reagent was determined [5, p.386]. The purity of the reagent was 99.9%, and its molecular structure is as follows.



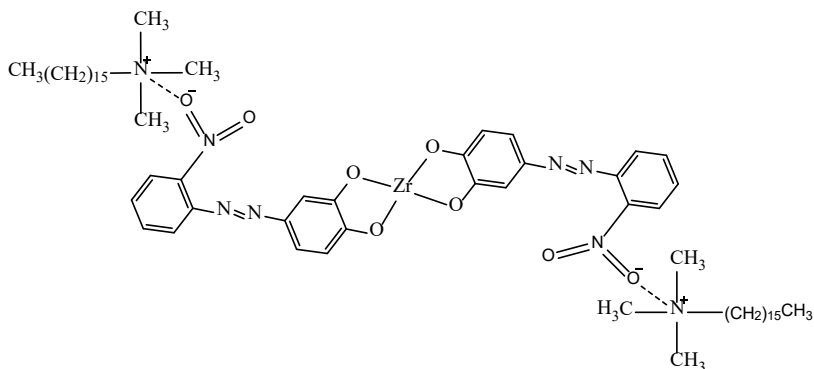
Method. A 5 μg amount of zirconium was added to a 10 mL test tube. Reagent and surfactant were then introduced, and the acidity was adjusted to the optimal pH using a buffer solution. Subsequently, extraction and dispersing solutions were added sequentially. Distilled water was added to bring the total volume to 10 mL. A turbid solution was obtained, which was shaken for 2 minutes and then centrifuged. The optical density of the concentrated and separated zirconium complex was measured using a spectrophotometer.

Results and Discussion. The pH of the sample solution significantly influences both the formation of the metal complex and its subsequent extraction into the organic phase. The effect of pH on complex formation and extraction was studied. Maximum absorbance of the complex at $\lambda_{\text{max}} = 480 \text{ nm}$ is observed within the pH range of 2–4. At pH values below the optimal acidity, protonation of oNBAP occurs, leading to the dissociation of its complex with zirconium; at higher pH values, extraction efficiency decreases. For maximum incorporation of the metal into the mixed-ligand complex, the required concentrations of ligand and surfactant are $3.5 \times 10^{-4} \text{ M}$ and $4.11 \times 10^{-4} \text{ M}$, respectively. To determine the most effective extractant for the mixed-ligand complex, the extraction capabilities of chloroform, dichloroethane, chlorobenzene, toluene, benzene, and hexane were investigated. The best extractant was found to be chloroform at a volume of 500 μL .

Although salt addition can facilitate the extraction of metal complexes into the organic phase in liquid-liquid extraction methods [6, p.13442], experiments were conducted using sample solutions with NaCl concentrations ranging from 0.0 to 3.0 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. The results showed that NaCl concentration had no significant effect on extraction efficiency. The influence of temperature and aqueous phase volume on extraction was also studied. It was observed that within the temperature range of 10–40°C and aqueous phase volume of 20–40 mL, and at a centrifugation speed of 3000 rpm, the organic phase separated more effectively.

The mechanism of the complex formation reaction was investigated. The introduction of the nucleophilic substituent $-\text{NO}_2$ group into the benzene ring leads to a bathochromic shift in the reagent's absorption maximum. In acidic medium, the azoid form of the reagent is stable. When the amount of organic solvent is increased, the reagent's maximum light

absorption undergoes a hypsochromic shift, the quantity of the azoid form increases, and changes in absorption intensity are observed. However, without changing the amount of solvent, increasing the acidity of the medium can shift the equilibrium toward the formation of the quinonehydrazone form, and the absorption maximum can be shifted toward the long-wavelength region. During the complex formation reaction, the first hydrogen ion released from the reagent separates from the hydroxyl group located in the para position relative to the azo group. The hydrogen atom in the para-positioned hydroxyl group is highly mobile and easily dissociates from the reagent during complex formation. The ratio of components in the complex was studied using the Starik-Barbanel method, isomolar series, and equilibrium shift technique. In the mixed-ligand complex, the component ratio is $\text{Zr(IV):oNBAP:STAB}=1:2:2$. The probable composition of the complex can be represented as follows:



Numerous factors affect complex formation and extraction. To determine which factors have the greatest impact, extensive experimentation is necessary. To reduce the number of external experiments and assess the accuracy and reliability of the results, statistical calculations were performed. First, normality tests were conducted for the graphs showing the influence of factors on extraction yield. To identify which of the eight variables significantly affect the analysis results, the Plackett–Burman statistical method was applied. The statistically significant parameters were found to be ligand concentration (LC), pH, and volume of the extractant solution (VES). According to the statistical analysis, the optimal values of the independent variables for achieving maximum absorbance are $\text{pH} = 3.3$, $\text{LC} = 3.5 \times 10^{-4} \text{ M}$, and $\text{VES} = 500 \mu\text{L}$. The proposed method was successfully applied to

determine microgram quantities of zirconium in natural and industrially significant materials.

References:

1. Mishra V.G., Rawat N., Thakur U.K., Kumar A., Santu K. Development of analytical method for zirconium determination in U–Pu–Zr alloy samples // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. – 2024. – Vol. 334. – P. 535–540.
2. Feng L., Hu W., Jiao Y., Zhou L., Zhang W., Hu Z., Liu Y. High-precision stable zirconium isotope ratio measurements by double spike thermal ionization mass spectrometry // *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. – 2020. – Vol. 35, № 4. – P. 736–745.
3. Feng L., Wang C., Han Y., Zhang W., Guo J.-L., Zhou L., Hu Z. A single-stage purification method for the precise determination of zirconium isotopic composition in geological samples by double spike MC-ICP-MS // *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. – 2024. – Vol. 39, № 12. – P. 3035–3047.
4. Фирц-Давид Г.Э., Бланже Л. Основные процессы синтеза красителей. – М.: Иностранная литература, 1957. – 383 с.
5. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1976. – 386 с.
6. Lommelen R., Onghena B., Binnemans K. Cation Effect of Chloride Salting Agents on Transition Metal Ion Hydration and Solvent Extraction by the Basic Extractant Methyltriocylammonium Chloride // *Inorganic Chemistry*. – 2020. – Vol. 59, № 18. – P. 13442–13452.

1.2. PETROCHEMICALS

COMPARATIVE STUDY OF ADDITIVES IMPROVING THE LUBRICITY OF DIESEL FUEL

Andayev Siroj Rustamovich

*Basic doctoral student,
Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent*

Urinov Ulugbek Komiljonovich

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent*

Abstract. This study compares the lubricity performance of four additives in ultra-low sulfur diesel (ULSD, S < 10 ppm): methyl oleate, oleic acid diethanolamide, sulfonated methyl oleate, and sulfonated amide. Additives were tested at 0.05–0.3 wt% using the HFRR method at 60 °C and 200 g load. The base diesel showed a wear scar diameter (WSD) of $612 \pm 5 \mu\text{m}$. At 0.1 wt%, methyl oleate reduced WSD to $485 \mu\text{m}$ (–20.8%), amide to $505 \mu\text{m}$ (–17.5%), sulfonate ester to $465 \mu\text{m}$ (–24.0%), and sulfonated amide to $410 \mu\text{m}$ (–33.0%). The additives slightly increased kinematic viscosity from 2.5 to 3.1 mm²/s but remained within ASTM D975 standards. Among all samples, sulfonated amide synthesized from soapstock waste showed the highest lubricity improvement, reducing wear by one-third while maintaining fuel stability and homogeneous blending for over 30 days.

Keywords: Diesel fuel, lubricity improver, fatty acid ester, amide additive, sulfonation, wear scar diameter, tribology

The lubricity of diesel fuel is a critical property ensuring smooth operation of fuel pumps, injectors, and distribution systems [1-2]. With the introduction of ultra-low sulfur diesel (ULSD) standards (sulfur < 10 ppm), natural lubricating compounds such as sulfur- and nitrogen-containing hydrocarbons are eliminated during hydrodesulfurization [3-4]. This leads to an

increased risk of scuffing, wear, and seizing in high-pressure fuel injection systems [5].

To mitigate these problems, lubricity-enhancing additives (LEAs) are introduced in small concentrations (0.05–0.5 wt%) [6-7]. Effective additives should form a thin, stable, and polar film on metal surfaces, reduce friction, and prevent wear under high temperature and pressure conditions [8].

Recent studies emphasize the advantages of bio-based additives, especially those synthesized from fatty acid derivatives [9], esters [10], amides [11], and sulfonates obtained from renewable resources such as vegetable oils, animal fats, and soapstock [12]. Compared to mineral-based additives, these compounds are biodegradable, nontoxic, and cost-effective.

Table 1.

Effect of different additives on the lubricity of diesel fuel (HFRR, 60 °C, 200 g, 75 min)

Additive type	Chemical composition	Concentration (wt %)	Wear scar diameter (μm)	Improvement compared to base diesel (%)
Base diesel	—	0.00	612 ± 5	—
Methyl oleate	Fatty acid ester	0.10	485 ± 4	20.8
Oleic acid diethanolamide	Amide compound	0.10	505 ± 5	17.5
Sulfonated methyl oleate	Sulfonate ester	0.10	465 ± 4	24.0
Sulfonated amide (RCONHCH ₂ CH ₂ OSO ₃ H)	Amido-sulfonate	0.10	410 ± 3	33.0

The efficiency order was therefore determined as: sulfonated amide > sulfonated ester > fatty ester > amide. These findings confirm that the presence of polar functional groups containing oxygen, nitrogen, and sulfur atoms enhances molecular adsorption on metal surfaces, forming a strong boundary film that reduces friction and wear. The additives also influenced viscosity: the base fuel showed 2.5 mm²/s at 40 °C, while samples containing 0.3 wt% additive ranged from 2.8 to 3.1 mm²/s, remaining within the ASTM D975 standard limits. No sedimentation or phase separation was observed after 30 days of storage, proving excellent miscibility and stability. The overall analysis suggests that polar and

sulfonated structures, particularly amide-sulfonate compounds synthesized from waste soapstock and diethanolamine, provide superior protection under boundary lubrication conditions.

Their strong surface adhesion, high polarity, and compatibility with the fuel matrix result in lower friction, reduced metal-to-metal contact, and better long-term stability. Thus, the synthesized sulfonated amide additive can be considered the most effective and environmentally friendly solution for restoring the lubricity of modern low-sulfur diesel fuels.

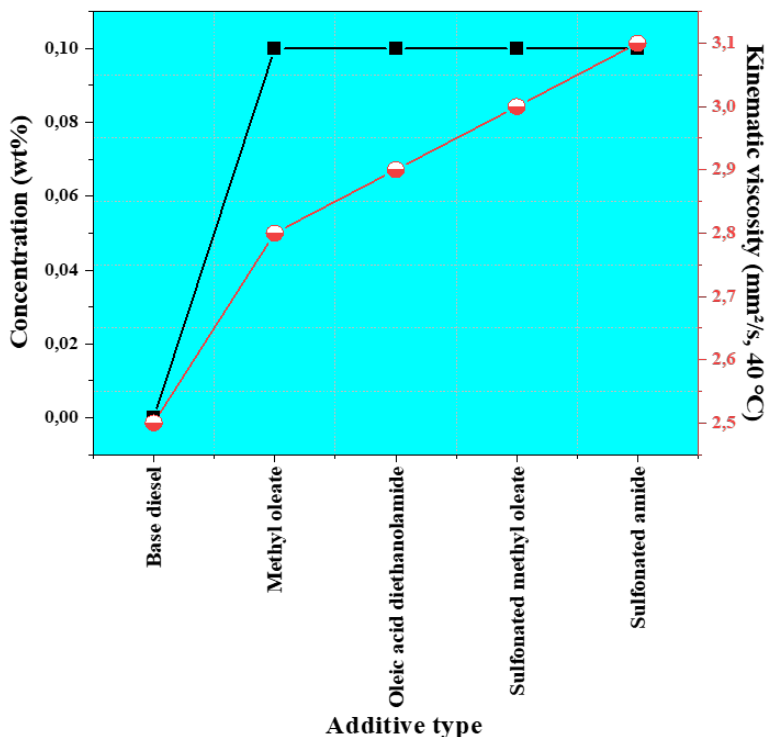


Figure 1. Influence of additive concentration on the kinematic viscosity and stability of diesel fuel

The graph illustrates the variation in kinematic viscosity (left axis) and fuel stability (right axis) with increasing additive concentration. As shown by the red

curve with circular markers, the kinematic viscosity of base diesel ($2.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ at 40°C) gradually increases to $3.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ as the additive concentration reaches 0.1 wt%. This slight rise remains within the ASTM D975 standard limits, indicating that the additives enhance lubricity without negatively affecting fluidity. The black curve with square markers represents the fuel's stability, which remains constant throughout the concentration range, confirming excellent miscibility and absence of phase separation after 30 days of storage. Overall, the trend demonstrates that bio-based sulfonated additives improve viscosity and ensure long-term homogeneity, making them effective for enhancing the lubricity and stability of ultra-low sulfur diesel fuels.

References:

1. Okologume, W. C., & Aimikhe, V. J. (2025). 4.11 – Methanol and LPG (Liquefied Petroleum Gas) blends as fuel. In M. R. Rahimpour (Ed.), *Comprehensive Methanol Science* (1st ed., pp. 200–215). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15740-0.00077-X>
2. Zidani, J., Tajounte, L., Benzaouak, A., Touach, N., Duong, A., Zannen, M., & Lahmar, A. (2025). Advances in lead-free flexible piezoelectric materials for energy and evolving applications. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 8(3), 341–386. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2025.04.001>
3. Abdulkareem-Alsultan, G., Asikin-Mijan, N., Nassar, M. F., Samidin, S., Adzahar, N. A., Voon, L. H., Kurniawan, T. A., & Taufiq-Yap, Y. H. (2025). 4.10 – Biodiesel blend with different alcohol emission evaluation. In M. R. Rahimpour (Ed.), *Comprehensive Methanol Science* (1st ed., pp. 179–199). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15740-0.00100-2>
4. Tiwari, D., & Lalmalsawmi, J. (2025). Chapter 12 – Highlights on industrial case studies, patented research and commercialized electrochemical devices for clean energy and environment. In Z. Khanam, D. N. Srivastava, & M.-S. Balogun (Eds.), *Advanced Electrochemical Materials and Devices for Clean Energy and Environment* (pp. 409–443). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23582-5.00012-4>
5. Madankar, C. S., Dalai, A. K., & Naik, S. N. (2013). Green synthesis of biolubricant base stock from canola oil. *Industrial Crops and Products*, 44, 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.012>
6. Pang, X., Yao, Z., Liu, S., & Min, E. (2012). Synthesis and anti-wear performance of monoglycerides catalyzed by ionic liquid. *Lubrication Engineering (China)*, 43(2), 15–18. (URL Scopus orqali.)
7. Robinson, E., Lukman, A., & Beiiio, A. (2012). Review of *Sclerocarya birrea* seed oil extracted as a bioenergy resource for compression ignition engines. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 5(3). <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.007>

8. Hudson, G. T., Johnson, D. M., & Wardlow, G. W. (2011). Fueling Kubota RTV900 utility vehicles with D2 and B20: Results of in-use and laboratory studies. *Applied Engineering in Agriculture*, 27(3), 325–332.
9. Carter, B. H., & Green, D. (2010). Marine lubricants. In *Handbook/Book chapter* (pp. 389–409). https://doi.org/10.1023/b105569_13
10. Yordanov, D. I., & Petkov, P. S. (2009). Obtaining of ashless additives for diesel fuel improving the lubricating, anticorrosion and protection properties. *Petroleum Science and Technology*, 27(15), 1783–1788. <https://doi.org/10.1080/10916460802686400>
11. Wen, Q.-F., Shi, P., Yue, W., Li, G.-H., Zhang, H., & Liu, J.-J. (2009). Friction and wear properties of KM-type lubricating oil anti-wear additive for diesel locomotive. [manba nomi aniqlanmagan], 31(2), 44–48. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-8360.2009.02.008>
12. Grishina, I. N., & Kolesnikov, I. M. (2008). The mathematical description of diesel fuels with the additives improving their properties. [manba nomi aniqlanmagan]. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84867416850>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ**

*Сборник статей по материалам LXXXII международной
научно-практической конференции*

№ 9(82)
Ноябрь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 20.11.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: med@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru