



## ВОСТОЧНО ЕВРОПЕЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94

#9(94), 2023 часть 1

Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)  
Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.  
Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - A4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#9(94), 2023 part 1

Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)  
The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.  
The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal  
Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Климек (Польская академия наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия наук)**

**Михал Невядомский (Институт международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

# **СОДЕРЖАНИЕ**

## **ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ**

<b>Утегалиева М.Б., Кереев А.К., Сатыбаев Б.Г.</b> ПРОПОЛИСТИ ҚОЛДАНУДЫҢ ҚОЯНДАРДЫҢ КЛИНИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ЖӘНЕ ЖАРЛАРДЫҢ ЖАЗЫЛУЫНА ӘСЕРІ .....	4
---	---

## **ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Цуканова А.О.</b> ГОРОД МАСДАР – «ЗЕЛЕНАЯ» СТРОЙКА ПОСРЕДИ АРАВИЙСКОЙ ПУСТЫНИ КАК КОНЦЕПЦИЯ НОВОГО ГОРОДА БУДУЩЕГО, ИЛИ ПОЧЕМУ НЕ НЕФТЬ.....	9
---	---

## **МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**

<b>Юдина Н.А., Мельникова Т.Ю.</b> ВЫБОР ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ И ТЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕРИОДА У ЖЕНЩИН.....	19
---	----

<b>Соцкая Я.А., Перфильева М.Ю., Саламех К.А.</b> СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМИ ДИФфуЗНЫМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ПЕЧЕНИ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКИХ ПЕРСИСТИРУЮЩИХ ИНФЕКЦИЙ, И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ЕГО КОРРЕКЦИИ .....	28
---	----

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Барщевский Е.Г.</b> КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ СВЕРТОЧНЫХ СЕТЕЙ .....	33
---	----

<b>Здитовец А.Л.</b> РОЛЬ JAVA-РАЗРАБОТЧИКА В БЕКЕНД-РАЗРАБОТКЕ.....	37
---	----

<b>Малашук Е.В.</b> ИНСТРУМЕНТЫ ИИ В ВЕБ ДИЗАЙНЕ: ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	42
--	----

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Попов В.И.</b> РЕЛАКСАЦИОННЫЙ ФАКТОР НЕЛИНЕЙНЫХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В СРЕДАХ С ЭВОЛЮЦИОННОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ. ....	49
---	----

## **ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Олимов Р.А.</b> СИНТЕЗ НА ОСНОВЕ МОНОАЛКИЛОВЫХ ЭФИРОВ ГЛИЦЕРИНА.....	60
--	----

## ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

UDC 619:616-001:615.33

**Утегалиева М.Б.**

*Магистрант,*

*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық техникалық университеті*

**Кереев А.К.**

*PhD,*

*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық техникалық университеті*

**Сатыбаев Б.Г.**

*докторант,*

*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық техникалық университеті*

### ПРОПОЛИСТИ ҚОЛДАНУДЫҢ ҚОЯНДАРДЫҢ КЛИНИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ЖӘНЕ ЖАРАЛАРДЫҢ ЖАЗЫЛУЫНА ӘСЕРІ

**Utegaliyeva M. B.**

*master's student,*

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan*

**Kereyev A. K.**

*PhD,*

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan*

**Satybaev B.G.,**

*Doctoral student,*

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan*

### EFFECT OF PROPOLIS APPLICATION ON CLINICAL PARAMETERS OF RABBITS AND WOUND HEALING

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.394](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.394)

**Аннотация:** Мақалада прополистің қояндардың клиникалық көрсеткіштерге және олардағы жаралардың жазылуына әсері жөніндегі зерттеу нәтижелері келтірілген. Эксперименттік жаралары бар қояндардың клиникалық зерттеулеріне қарасақ, прополис қолданылған екінші тәжірибелі топтың қояндарында 7-ші күні дене температурасы қалыпқа келді және бақылау тобындағы көрсеткіштер және алғашқы тәжірибелік топтағы көрсеткіштер жоғары болып, айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетті. Барлық топтағы жануарлардың тәбеті сақталды. Үш топтағы жануарлардың пульсі мен тыныс алу жиілігі 7, 14 және 21-ші күндері физиологиялық шекарада қалды және сенімді түрде ерекшеленбеді. Жаралары прополиспен емделген қояндардың клиникалық көрсеткіштері 14 күнде ерте қалпына келді мен жаралары тезірек жазылғаны анықталды. Зерттеу нәтижелері прополисті жергілікті қолдану жара аймағының айтарлықтай төмендеуіне әкелетінін және емдеу процесін тездететінін көрсетті. Қауіпсіздік пен тиімділіктен басқа, прополис тері бетіндегі жараларды емдеуге арналған қол жетімді табиғи құрал болып табылады. Осылайша, прополис жергілікті жараларды емдеуде синтетикалық препараттарды лайықты алмастыра алады, бұл оны жануарлардағы әртүрлі жараларды емдеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

**Summary:** The article presents the results of research on the effect of propolis on clinical parameters of rabbits and wound healing. Looking at the clinical studies of rabbits with experimental wounds, it was shown that the rabbits of the second experimental group, which used propolis, had normalized body temperature on the 7th day, and the indicators in the control group and in the first experimental group were high and significantly different. Appetite was preserved in animals of all groups. Heart rate and respiratory rate of animals in the three groups remained at physiological limits on days 7, 14 and 21 and did not differ significantly. Rabbits whose wounds were treated with propolis recovered clinical signs sooner than 14 days and their wounds were found to heal faster. The results of the study showed that topical application of propolis leads to a significant reduction in wound area and accelerates the healing process. Apart from being safe and effective, propolis is an affordable natural remedy for healing wounds on the surface of the skin. Thus, propolis can adequately replace synthetic drugs in local wound healing, which allows its use for the treatment of various wounds in animals.

*Түйін сөздер: прополис, жара, жараның жазылуы, қояндар, клиникалық көрсеткіштер*

*Keywords: propolis, wound, wound healing, rabbits, clinical indications*

**Кіріспе.** Жаралардың жазылу процесі механизмін қамтиды. Бұл процесс мұқият зақымдалған және жеткіліксіз жасуша ұйымдастырылған төрт кезеңнен тұрады: қанның құрылымдары мен тіндік қабаттарды ауыстыруға ұюы, қабыну, жаңа тіндердің пайда болуы және бағытталған тіндерді қалпына келтірудің күрделі тіндердің құрылымын жақсарту. Жас, жыныс,

тамақтану, стресс деңгейі, инфекциялар және дәрі-дәрмектер сияқты әртүрлі факторлар бұл процестің бір немесе бірнеше фазаларын бұзуы мүмкін, нәтижесінде жараның жазылуы жеткіліксіз немесе киын болады. Ветеринарияда жараларды емдейтін бірнеше құралдарды қолданғанына қарамастан, жаңа дәрілері үнемі ашылып отырады [1, 2, 3 4].

Прополис аралардың өсімдік секрециялары мен бүршіктерінен жинайтын, содан кейін балауызбен және аралар шығаратын ферменттермен араласатын жабысқақ зат. Оның құрамына шамамен 30% балауыз, 50% шайыр және өсімдік бальзамдары, 10% эфир майлары, 5% тозан және тағы 5% түрлі компоненттер кіреді. Прополістің түс схемасы жасыл және қызылдан қою қоңырға дейін өзгереді. Бір қызығы, прополис өзіне тән иіске ие және жабысқақ қасиеттерге ие, тері майлары мен ақуыздармен берік өзара әрекеттесуді қалыптастырады. Геопрополис, керісінше, жергілікті қатыгез аралар шығарады және өсімдік шайырларынан, сондай-ақ топырақ немесе саз компоненттерінен тұрады [5, 6, 7, 8].

Этимологиясы бойынша грекше "прополис" термині "про" дегенді білдіреді, ол "қорғау үшін" немесе "қорғау үшін" және "кала" дегенді білдіретін "полис" дегенді білдіреді және осылайша "ұяны қорғау" деп аударылады. Прополис ара ұяларын құру және ұстау кезінде қолданатын әмбебап зат. Оның көмегімен аралар ұядағы тесіктерді тығыздайды, ішкі беттерін тегістейді, сонымен қатар олардың ыдырауын болдырмау үшін ұяда өлген аралардың денелерін қоршайды. Сонымен қатар, антисептикалық және микробқа қарсы қасиеттерінің арқасында прополис колонияны аурулардан қорғайды [9, 10, 11, 12].

Прополисті қолдану ежелгі дәуірден бастау алады, кем дегенде б.з. д. 300 ж. әлемнің әртүрлі аймақтарында ол ішкі және сыртқы қолдану үшін дәрілік зат ретінде қолданылған. Мысырлықтар, гректер мен римдіктер прополистің кең емдік қасиеттеріне байланысты қолданылуын құжаттады. Ежелгі Египетте ол өлгендерді бальзамдау процесінде қолданылған [13, 14].

Прополис көптеген ғасырлар бойы эмпирикалық білім негізінде қолданылып келеді және бірқатар биологиялық қасиеттерге ие. Бұл бұзылған шеміршектер мен сүйектердегі регенеративті процестердің жеделдеуі және иммуномодуляциялық, микробқа қарсы, антиоксидантты, ауырсынуды басатын, қабынуға қарсы және ісікке қарсы қасиеттері. Прополистің биологиялық қасиеттерінің әмбебаптығын ескере отырып, бұл зерттеудің мақсаты оның қояндардағы тері жараларын емдеуге әлеуетті емдік әсерін клиникалық бағалау болып табылады [15].

Жара бетінің мөлшерін анықтау және олардың өзгеру динамикасын бақылау қажеттілігі кез-келген тері зақымдануы бар науқастарды емдеуде пайда болды. Жараның бетін өлшеу, оның мөлшерін азайту жылдамдығын анықтау және пациенттің түпкілікті қалпына келу уақытын болжау пациенттердің тиісті профилімен

айналысатын хирургтардың маңызды міндеттері болып табылады. Созылмалы ойық жарасы бар және басқа да баяу процестері бар науқастар үшін мұндай тексеру әсіресе өзекті екені анық. Соңғы жылдардағы отандық әдебиеттерде тері ақауларын өлшеу мәселесіне арналған материалдар сирек кездеседі. Бірақ осы бірнеше жұмыстардың ішінде Л.Н. Попованың сынағы жиі қолданылады [16, 17, 18].

Біздің жұмысымыздың мақсаты прополисті қолданудың қояндардың клиникалық көрсеткіштеріне және қояндардағы жараларды емдеуге әсерін анықтау болды.

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Зерттеу БҚАТУ "Жардем-Вет" оқу-ғылыми-өндірістік орталығында, Жәңгір хан Ветеринариялық медицина және мал шаруашылығы институты, БҚАТУ Ветеринариялық клиникалық ғылымдар жоғары мектебінде жүргізілді. Зерттеуге барлығы 1-2 жас аралығындағы 30 ересек қоян (әп топта 5 еркек және 5 аналық) таңдалды. Жануарлар су мен тамақтануға еркін қол жетімді стандартты торларда ұсталды [19, 20].

Жануарлардың клиникалық белгілері жалпы клиникалық зерттеу әдістері арқылы анықталды. Нормативтік деректер ретінде И.П. Кондрахиннің анықтамалығында келтірілген көрсеткіштер пайдаланылды [21].

Емдеу үшін прополис пастасы қолданылды. Паста дайындау үшін оны паста алынғанша ступкада мұқият араластырдық. Бақылау тобындағы қояндар үшін синтомицин жақпа майы қолданылды. 1-ші тәжірибелі топтың қояндары үшін метилурацил жақпа майы қолданылды. 2-ші тәжірибелі топтың қояндары үшін прополис пастасы қолданылды. Барлық жануарлар ксилазинді бұлшықет ішіне енгізу арқылы жансыздандырылды және шамамен 5 см<sup>2</sup> көлеміндегі эксперименттік жаралар жасалды. Жараланғаннан кейін барлық жануарларға инфекциямен күресу үшін бұлшықет ішіне антибиотиктер енгізілді. Жараның ауданын өлшеу жараланғаннан кейін 0, 3, 7, 14 және 21 күн ішінде Н.Попованың әдістемесі бойынша планиметриялық бақылау жүргізілді [22]. Алынған цифрлық деректерге статистикалық талдау "Microsoft Excel 2010" стандартты бағдарламаларын пайдалана отырып жүргізілді.

**1. Зерттеу нәтижелері және талқылау.** Жараны модельдеуден кейін қояндардың жалпы жағдайы күйзеліске ұшырады, дене температурасының жоғарылауы, тәбеттің төмендеуі, жүрек соғу жиілігінің жоғарылауы және тыныс алуының жиілеуі байқалды. 7-ші күні екінші тәжірибелі топтың қояндарындағы дене температурасы қалыпты жағдайға оралды және ол жоғары болып қалған бақылау және бірінші тәжірибелік топтардың көрсеткіштерінен айтарлықтай ерекшеленді. Барлық топтағы жануарлардың тәбеті сақталды. Үш топтағы жануарлардың пульсі мен тыныс алу жиілігі 7, 14,



21-ші күндері физиологиялық шекарада қалды және айтарлықтай ерекшеленбеді (табл. 1).

Кесте 1

### Қояндардың физиологиялық көрсеткіштерінің өзгеруі

Көрсеткіштер	Группы	Зерттеу уақыты, тәулік				
		Ем алдында	3 тәулік	7 тәулік	14 тәулік	21 тәулік
Дене температурасы, °С.	Бақылау	38,7±0,3	39,7±0,5	39,6±0,4	38,7±0,7	38,6±0,4
	Тәжірибе 1	38,6±0,4	39,6±0,6	39,5±0,6	38,6±0,8	38,5±0,5
	Тәжірибе 2	38,5±0,2	39,7±0,6	38,6±0,7	38,5±0,5	38,4±0,3
Пульс жиілігі, соғу/мин	Бақылау	160,8±8,5	195,1±7,6	180,6±6,5	175,6±6,9	166,5±5,8
	Тәжірибе 1	161,2±9,1	197,4±8,5	182,3±6,7	174,3±6,5	165,8±6,3
	Тәжірибе 2	160,5±8,1	193,2±7,3	175,1±7,1	170,1±5,1	163,4±5,4
Тыныс жиілігі, қозғалыс/мин	Бақылау	51,3±0,4	63,1±0,5	69,4±0,5	55,7±0,8	53,9±0,5
	Тәжірибе 1	51,8±0,3	62,8±0,7	59,5±0,8	55,6±0,6	54,2±0,7
	Тәжірибе 2	51,5±0,7	63,1±0,4	52,3±0,7	51,8±0,5	51,7±0,6

Медициналық көмек көрсетілгеннен кейінгі 3-ші күні бақылау тобында жануарлардағы жаралардың орташа ауданы 93%, 1-топта - 91% және 2-топта - 85% құрады. Ветеринарлық көмек көрсетілгеннен кейінгі 7-ші тәулікте бақылау тобында жануарлардағы жаралардың орташа ауданы 70%, 1-топта - 60% және 2-топта - 47% құрады. Ветеринарлық көмек көрсетілгеннен

кейінгі 14-ші күні бақылау тобында жануарлардағы жаралардың орташа ауданы 33%, 1 - топта - 27% және 2-топта - 0% құрады, жаралар толық жазылды. Емдеуден кейінгі 21-ші күні бақылау тобындағы жануарлардағы жаралардың орташа ауданы 4% құрады, 1 топта және 2 топта жаралар толығымен жазылды (табл. 2).

Кесте 2

### Қояндар жараларының аумағының кішіреюі динамикасы

Топтар	Емдеуден кейінгі зерттеу күндері				
	1	3	7	14	21
Бақылау	100%	93%	70%	33%	4%
Тәжірибе 1	100%	91%	60%	27%	-
Тәжірибе 2	100%	85%	47%	0%	-

Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, прополис некротикалық тіндердің жараларын емдеуге және тазартуға жағымды әсер етеді, патогендік микроорганизмдерге бактерицидтік әсер етеді, ісінуді азайтуға көмектеседі және түйіршіктеу тінін қалыптастыру процесін ынталандырады. Сонымен қатар, ол зақымдалған тіндердің қайта микробтық инфекциясын болдырмайды және дәстүрлі емдеу әдістерімен салыстырғанда жараларды емдеуді айтарлықтай жеделдетеді.

Прополиспен өңделген жараларды зерттеу кезінде жараларды емдеу процесі жарақаттан кейінгі үшінші күні басталып, жетінші күні айтарлықтай белсендірілгені анықталды. Бұл прогресс зерттеудің соңына дейін өзгеріссіз қалған емделмеген жаралармен салыстырғанда айтарлықтай қарама-қайшы болды. Өңделген жараның фокусы тыртыққа айналды, нәтижесінде жараның жалпы мөлшері зерттеу кезеңінде бақылау және бастапқы эксперименттік топтарға қарағанда тұрақты түрде аз болды. Бір қызығы, прополиспен өңделген топта он төртінші күні бақылау тобымен салыстырғанда жараның беткі қабатының айтарлықтай төмендеуі байқалды.

Прополиспен емделген топта зерттеу барысында бақылау және бастапқы эксперименттік топтармен салыстырғанда эпителизация, жиырылу және жалпы жараны емдеу процестерінің жеделдеуі байқалды. Сонымен қатар, осы зерттеу аясында прополисті қолданғаннан кейін бірде-бір қолайсыз жағдай тіркелген жоқ.

Ұзақ емделмейтін жаралар, сондай-ақ антибиотикке төзімді бактериялар тудыратын қайталама инфекциялармен асқынған жаралар ветеринарлық тәжірибеде жиі кездесетін мәселе болып табылады. Осыған байланысты соңғы уақытта жануарлардың жараларын емдеуді жақсартуға бағытталған әртүрлі материалдарды зерттеу бойынша бірқатар зерттеулер жүргізілді.

Сонымен қатар, қауіпті жараларды емдеуді жеделдету қажет. Жазылмайтын жаралар маңызды және барған сайын шиеленісіп келе жатқан проблема болып табылады, бұл жараларды емдеуді жеделдетуге бағытталған әртүрлі емдеу әдістерін қолдануға әкеледі. Алайда, бұл шаралардың көпшілігі жараларды емдеуге қанағаттанарлық нәтиже бермейді. Осыған байланысты жедел және созылмалы жаралар мен жараларды емдеуді, сондай-ақ күйік жарақаттары кезінде зақымдалған

тіндердің регенерациясын жеделдететін тәсілдерді әзірлеу қажеттілігі сақталады.

Жергілікті жараларды емдеуге арналған оңтайлы препарат биоүйлесімділік, ұйтымдық және жараларды емдеудің табиғи процесін бұзбай емдеуді жеделдету қабілеті сияқты қасиеттерге ие болуы керек. Дегенмен, күрделі жараларды емдеуді тиімді түрде жеделдететін жалғыз және мінсіз құрал әлі табылған жоқ. Соңғы бірнеше онжылдықта прополис әртүрлі биологиялық және фармакологиялық қасиеттеріне байланысты зерттеушілердің үлкен қызығушылығын тудырды. Пайдалы биологиялық қасиеттер жиынтығын және жанама әсерлердің жоқтығын ескере отырып, прополис терінің толық қабатты жараларын емдеу процесіне әсерін клиникалық бағалау мақсатында осы зерттеу үшін таңдалды.

Осы жұмыста қолданылатын прополистің химиялық құрамы тұрғысынан негізгі компоненттер прополистің фармакологиялық белсенділігінің көрінісінде маңызды рөл атқаратын флавоноидтар болып табылады. Флавоноидтар қабынуға қарсы, бактерияға қарсы және вирусқа қарсы әсерлерді қамтитын биологиялық әсерлердің кең спектріне ие [23].

**Қорытынды.** Осы зерттеудің нәтижелері прополисті жергілікті қолдану нәтижесінде жараның көлемінің азаюын және оның емделу уақытын арттырғанын көрсетті. Қауіпсіздік пен тиімділіктен басқа, прополис жергілікті жараларды емдеуге арналған арзан табиғи өнім болып табылады. Осылайша, прополисті жергілікті жараларды емдеуге арналған кейбір синтетикалық заттарға жақсы балама ретінде қарастыруға болады. Прополис сонымен қатар тері жараларын емдеуге оң әсер етеді және жануарлардың әртүрлі жараларын емдеу үшін ұсынылуы мүмкін.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Parnell L. K. S., Volk S. W. The evolution of animal models in wound healing research: 1993–2017 // *Advances in wound care*. – 2019. – Т. 8. – №. 12. – С. 692-702.
- 2 Buote N. J. Updates in wound management and dressings // *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. – 2022. – Т. 52. – №. 2. – С. 289-315.
- 3 Lux C. N. Wound healing in animals: a review of physiology and clinical evaluation // *Veterinary dermatology*. – 2022. – Т. 33. – №. 1. – С. 91-e27.
- 4 Canpolat I., Basa A. Wound healing and current treatment techniques // *Agric. Vet. Sci.* – 2017. – Т. 1. – С. 180-184.
- 5 Stojanović S. T. et al. Propolis: chemical composition, biological and pharmacological activity – a review // *Acta Medica Medianae*. – 2020. – Т. 59. – №. 2.
- 6 El-Guendouz S., Lyoussi B., Miguel M. G. Insight on propolis from mediterranean countries: Chemical composition, biological activities and application fields // *Chemistry & biodiversity*. – 2019. – Т. 16. – №. 7. – С. e1900094.

- 7 Belmehdi O. et al. Recent advances in the chemical composition and biological activities of propolis // *Food Reviews International*. – 2022. – С. 1-51.

- 8 Šturm L., Ulrih N. P. Advances in the propolis chemical composition between 2013 and 2018: A review // *Efood*. – 2020. – Т. 1. – №. 1. – С. 24-37.

- 9 Pobiega K. et al. Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods // *Journal of food science and technology*. – 2019. – Т. 56. – №. 12. – С. 5386-5395.

- 10 Arief I. I. et al. Antimicrobial activity of propolis extract and their application as a natural preservative in livestock products: A meta-analysis // *Food Science of Animal Resources*. – 2022. – Т. 42. – №. 2. – С. 280.

- 11 Jug M., Karas O., Kosalec I. The influence of extraction parameters on antimicrobial activity of propolis extracts // *Natural Product Communications*. – 2017. – Т. 12. – №. 1. – С. 1934578X1701200113.

- 12 Er Y. In vitro and in vivo antimicrobial activity of propolis extracts against various plant pathogens // *Journal of Plant Diseases and Protection*. – 2021. – Т. 128. – №. 3. – С. 693-701.

- 13 Rojczyk E. et al. Historical and modern research on propolis and its application in wound healing and other fields of medicine and contributions by Polish studies // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2020. – Т. 262. – С. 113159.

- 14 Hossain R. et al. Propolis: An update on its chemistry and pharmacological applications // *Chinese medicine*. – 2022. – Т. 17. – №. 1. – С. 1-60.

- 15 Rajput J. M., Afsar Shaikh D. G. J., Majaz Q. Bee Propolis: A comprehensive review // *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*. – 2022. – Т. 7. – С. 835-845.

- 16 Langemo D. et al. Measuring wound length, width, and area: which technique? // *Advances in skin & wound care*. – 2008. – Т. 21. – №. 1. – С. 42-45.

- 17 Masson-Meyers D. S. et al. Experimental models and methods for cutaneous wound healing assessment // *International journal of experimental pathology*. – 2020. – Т. 101. – №. 1-2. – С. 21-37.

- 18 Dai T. et al. Animal models of external traumatic wound infections // *Virulence*. – 2011. – Т. 2. – №. 4. – С. 296-315.

- 19 Lidfors L., Edström T., Lindberg L. The welfare of laboratory rabbits // *The Welfare of Laboratory Animals*. – 2007. – С. 211-243.

- 20 Lambertini L., VIGNOLA G., Zaghini G. Alternative pen housing system for fattening rabbits: effects of group density and litter // *World Rabbit Science*. – 2001. – Т. 9. – №. 4.

- 21 Washington I. M., Van Hoosier G. Clinical biochemistry and hematology // *The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents*. – Academic Press, 2012. – С. 57-116.

- 22 Saiko G. et al. Hyperspectral imaging in wound care: a systematic review // *International wound journal*. – 2020. – Т. 17. – №. 6. – С. 1840-1856.



23 Abu-Seida A. M. et al. Effect of propolis on experimental cutaneous wound healing in dogs //Veterinary medicine international. – 2015. – T. 2015.

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.03, 620.92

*Tsukanova Alisa Olegovna**Candidate of Physics and Mathematics**Department of Mathematical Physics and Differential Equations**National Technical University of Ukraine**«Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»**Pobedy Avenue, 37, 03056, Kiev, Ukraine**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0049-3733>*

### MASDAR CITY – «GREEN» BUILDING IN THE MIDDLE OF ARABIAN DESERT AS THE CONCEPT OF NEW CITY OF THE FUTURE, OR WHY NOT OIL

*Цуканова Алиса Олеговна**кандидат физико-математических наук**кафедра математической физики и дифференциальных уравнений**Национальный технический университет Украины**«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**проспект Победы, 37, 03056, Киев, Украина**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0049-3733>*

### ГОРОД МАСДАР – «ЗЕЛЕНАЯ» СТРОЙКА ПОСРЕДИ АРАВИЙСКОЙ ПУСТЫНИ КАК КОНЦЕПЦИЯ НОВОГО ГОРОДА БУДУЩЕГО, ИЛИ ПОЧЕМУ НЕ НЕФТЬ

**Abstract.** Traditional cities are cancerous tumors on giant body of our planet. They devour energy in huge quantities and throw out tons of waste, polluting our environment. It is not easy to live in big city. Sure, it is good, when shopping malls, cinemas, sports arenas and other benefits of our civilization are situated nearby. But for all these reasons residents of modern megacities have to pay with their own health. They have been suffocating from exhaust gases and asphalt fumes for quite a long time. And what is it like for a city dweller to fall asleep in summer with an open window, listening to sound of passing cars and honking horns? That's why we have to pay for city amenities with insomnia and bad mood. Futurologists have been thinking about appearance of cities of the future for a long time, and architects are trying to implement their brave ideas. Such cities, clean and environmentally friendly, exist on our World map. A striking example of such city is Masdar City.

**Аннотация.** Традиционные города – это раковые опухоли на теле Земли. Они пожирают энергию в огромных количествах и выбрасывают тонны отходов, загрязняя окружающую среду. Жить в городе непросто. Хорошо, конечно, когда рядом находятся торгово-развлекательные центры, кинотеатры, спортивные арены и прочие блага цивилизации. Но за все это жителям современных мегаполисов приходится платить собственным здоровьем. Они давно уже задыхаются от ядовитых выхлопных газов и тяжелых асфальтовых испарений. А каково горожанину засыпать летом с открытым окном под шум проезжающих автомобилей и гудки клаксонов? Вот и приходится расплачиваться за городские удобства бессонницей и плохим настроением. Футурологи давно размышляют об облике городов будущего, а архитекторы пытаются воплотить их смелые идеи. Такие города, чистые и безопасные для экологии, существуют на карте мира. Яркий пример такого города – Масдар Сити.

*Key words and phrases: alternative technologies, renewable energy sources, city of the future, green energy, Masdar, resource conservation, eco-city.*

*Ключевые слова: альтернативные технологии, возобновляемые источники энергии, город будущего, «зеленая» энергетика, Масдар, ресурсосбережение, эко-город.*

*«Город-сказка, город мечта,*

*Попадая в его сети, пропадаешь навсегда...»*

*Российская рок-группа «Танцы Минус»*

**Введение.** Интересная все-таки вещь история.

В древние века центром цивилизации считался арабский мир, европейцы же по сравнению с арабами являлись варварами, потом ситуация кардинально изменилась и все стало наоборот. Долгое время арабские страны-нефтяники были объектом шуток, их считали самыми большими гедонистами на Земле, которым, кроме роскоши за счет нефти, больше ничего не нужно. Вместо того,

чтобы развивать инфраструктуру, арабские шейхи сорили деньгами, возводя помпезные фонтаны и дорожные горнолыжные курорты посреди пустыни, отделявали золотом свои роскошные дворцы. Но в апреле 2006 года они перестали разбрасывать деньгами направо и налево, а вложили их в создание первого в мире эко-города Масдар [4]. С тех пор многие переосмыслили свое отношение к самой экзотической стране на нашей планете. Ведь Эмираты – это не только кубометры нефти и мегатонны песка, а это еще и новые идеи в строительстве экологически чистого города

будущего, обеспечиваемого возобновляемыми источниками питания. Арабские страны заставляют задуматься о том, что история человеческой цивилизации совершает очередной виток в развитии.

**Цель работы.** Задача статьи заключается в кратком обзоре такого восьмого чуда света, как город Масдар, с точки зрения основ устойчивого развития общества. А именно, целью работы является как экологический, так и социально-экономический обзор этого «зеленого» чуда нашей современности.

**Основная часть.** Масдар Сити – проект экологичного и, насколько это возможно, идеального города XXI века, города-мечты будущего, – строится в Арабских Эмиратах с 2006 года. Изначально планировалось осуществить задуманное за девять лет и завершить строительство Масдара к 2015 году. Первую фазу работ по возведению жилых зданий генеральный подрядчик должен был завершить к 2009 году сдачи в эксплуатацию жилых зданий и офисных

помещений. Однако в связи со внезапно нагрянувшим мировым финансово-экономическим кризисом, который очень больно ударил как по рынку недвижимости, так и по государственным финансам Абу-Даби, в первоначальные планы были вынужденно внесены существенные коррективы. По заверениям тамошних властей, к 2010 году проект был реализован более, чем на треть. Завершение строительства пришлось отложить почти на десять лет, к 2025 году. Сегодня все чаще поговаривают об очередном переносе сроков завершения реализации этого величайшего проекта еще на пару лет, однако к 2025 году его все же планируется довести до победного конца.

Проект Масдар Сити был настолько амбициозен, грандиозен и впечатляющ, что его даже называли углеродно-нейтральной утопией. Идея этого проекта заключается в создании города, который будет производить минимально возможные объемы углекислого газа и целого множества других загрязняющих веществ и токсичных отходов человеческой деятельности.



*Рис. 1. Отрицательной стороной развития технического прогресса стало загрязнение окружающей среды, что заставляет архитекторов думать в направлении «озеленения» городов*

Инициаторы грандиозного проекта этого «зеленого» города, первую скрипку в котором играет энергетическая корпорация «Масдар», обещают сделать этот населенный пункт первым на планете безотходным городом с нулевым выбросом вредного углерода, воплотив в нем множество технологических инноваций [1, 2, 3]. Для обитателей города, бесспорно, куда важнее будет

оформление этого буйства новшеств. Поэтому разработчики постарались, чтобы в городе было приятно и жить, и работать, и отдыхать. Оригинальная неповторимая архитектура [2], любопытные энергетические системы [3], футуристический транспорт [1] – в Масдаре будет на что посмотреть.



*Рис. 2. Город Масдар – будущая «Силиконовая долина» чистых, зеленых и альтернативных технологий: зеленый оазис с пальмами, прудами с искусственными водопадами и водоемами там, где земля летом не ведает дождя*

Эта огромная лаборатория по созданию города завтрашнего дня расположена прямо посреди Аравийской пустыни, которая, говоря по правде, не пригодна к проживанию, но с помощью грандиозного проекта экологически чистого города расцветет. Не отдельные дома и районы, не маленькие поселения энтузиастов, а целый город бешеными темпами строится в пустыне, где нет воды, а только бесплодные пески да серые камни. Огромные пустые пространства, раскаленный асфальт, редкая скупая растительность – типичный пейзаж арабских стран, но новому эко-граду в пустыне он свойственен не будет. Этому городу будут чужды огромные пустые площади с раскаленным асфальтом, нагретым лучами палящего солнца. Здесь все будет подчинено созданию атмосферы домашней обстановки. Вездесущие изысканные фонтаны,

многочисленные ручьи и искусственно созданные водопады с чистой водой, зеленые насаждения и никаких проспектов с чадящими легковушками. Сказочный город в пышущей жаром пустыне, без раскаленных площадей и нагретого жарким солнцем асфальта станет, бесспорно, одним из чудес света, настоящим достоянием современности.

Символично то, что на данный момент единственный пример живого города будущего строится именно посреди безжизненной пустыни – то есть того, во что, по расчетам многих пессимистично настроенных футурологов, и превратится вся наша планета, если человечество кардинально не изменит своего подхода к пользованию благами нашей с вами матушки-природы.



*Рис. 3. Фантасты много раз описывали города будущего: ветряные мельницы, умные дома и летающие автомобили, – а теперь такой город реально существует на карте мира*

Да, город будущего появится именно в пустыне. В нем постараются учесть все старые хронические болезни мегаполисов Земли и избежать тех проблем, которые портят на данный момент жизни горожан повсеместно, в большей или меньшей степени. Здесь, в новом высокотехнологичном мире среди песков пустыни,

на шести квадратных километрах, все крутится вокруг защиты климата и ресурсосбережения. Этот город с солнечными электростанциями, башнями ветра и другими источниками энергии будет целиком и полностью функционировать исключительно на возобновляемых источниках энергии.



*Рис. 4. Ветряная мельница города Масдар.  
Она способна производить до двадцати МВт электроэнергии  
полностью за счет ветра*



*Рис. 5. Солнечная электростанция города Масдар*

Базовая мысль строительства города такова: в будущем города станут полностью автономными, т. е. они не будут зависеть от существующей системы энергоснабжения. В таком городе не будет привычных для нас линий электропередач и электростанций. Расходуемая энергия должна будет вырабатываться прямо в городе возобновляемым способом. Поэтому-то первой ласточкой строительства стал проект по использованию именно солнечной энергии. Планы Эмиратов по использованию этого вида энергии вскоре получат практическое воплощение, ведь выработка солнечной энергии очень выгодна для ОАЭ по нескольким причинам. Во-первых, для разведки и добычи этого вида источника не нужно тратить много времени и средств. Во-вторых, при всем богатстве минеральных ресурсов, которыми обладает страна, она вряд ли когда-нибудь будет испытывать недостаток именно в этом источнике топлива, ведь в пустыне главный источник энергии – это солнце. И, в-третьих, для использования этого ресурса не нужно строить сложные добывающие установки, что экономит немало времени и, главное, средств.

В этом мегаполисе создают устойчивую экологическую среду с минимальными выбросами углекислого газа в атмосферу, а также систему полной переработки отходов городской деятельности. Ничто на его территории не будет выбрасываться в атмосферу излишки углекислого газа, вся энергия будет поставляться из возобновляемых источников, здесь не будет ни автомобилей, ни небоскребов, ни мусорных свалок. Биологические отходы будут полностью перерабатываться, выброс выхлопных газов минимизирован, потребление воды рационализировано, а основными источниками

энергии в этом «зеленом» оазисе посреди пустыни будут солнечный свет и ветер. Масдар намерен повести за собой в «зеленое» будущее все человечество.

На первый взгляд кажется парадоксальным тот факт, что проект города будущего, основанного на использовании альтернативных источников энергии и предусматривающего нулевой выброс углекислого газа в атмосферу, запущен в стране, являющейся на сегодняшний день главным мировым экспортером нефти. Восток, как говорится, дело тонкое, но осознать, почему, все равно сложно. Как же с нашим менталитетом понять людей, которые рубят сук, на котором сидят: пропагандируют и претворяют в жизнь отказ от традиционных углеродных источников энергии? Однако у начинания арабских шейхов есть своя логика: во-первых, мало кто, кроме них, может позволить себе проект за двадцать два миллиарда долларов США; во-вторых, они понимают, что когда-нибудь нефть все равно закончится и у жителей этой страны больше не останется источников доходов. Да при надвигающейся семимильными шагами нехватке энергоносителей (нефть когда-то закончится, недра матушки-Земли не бездонны), эти «дикие», по мнению некоторых, арабы-мусульмане, пользуясь моментом, не только есть на золоте могли бы, а и дома из него строить. Конечно, наступит этот энергетический кризис не завтра, однако наших внуков он коснется в полной мере, как, впрочем, и оставленное им в наследство удручающее состояние окружающей среды. Так что пора понять, что нам не выжить в этом мире, если каждый его гражданин не перестроится на новый подход к потреблению и производству энергии.

Для многих удивительно, что лаборатория по созданию города завтрашнего дня расположена прямо посреди Аравийской пустыни, которая сегодня не пригодна к проживанию, но с помощью грандиозного проекта экологически чистого города

расцветет. Этот беспрецедентный проект по праву может носить название следующего, восьмого, чуда света современности, которым удивят нас амбициозные арабские шейхи.

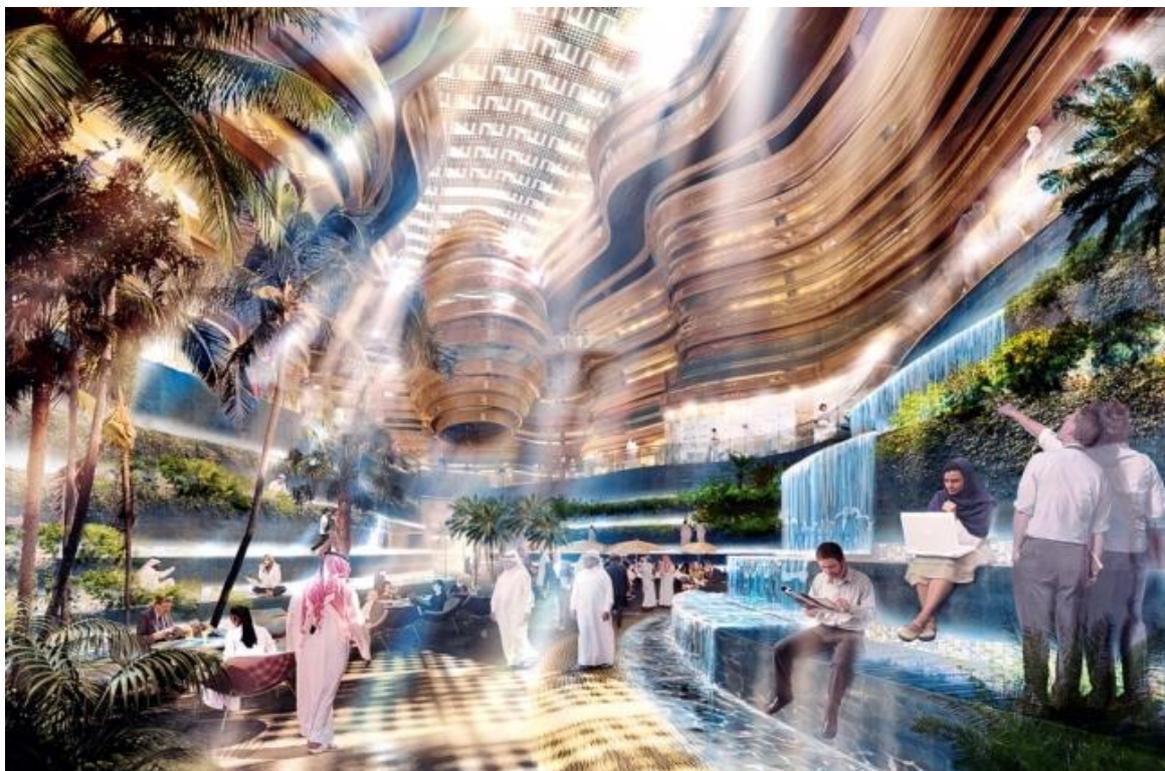


Рис. 6. Город Масдар – будущее восьмое чудо света современности

Очевидно, что этот интересный, грандиозный и невероятно дорогой проект затеяли не на благотворительной основе. Несмотря на кризис, кто-то смог выделить огромную сумму в двадцать два миллиарда долларов на строительство данного суперпроекта, и более пятнадцати миллиардов, т. е. около 70% инвестиций, – заслуга властей Абу-Даби. Пять миллиардов долларов, говорят, вносит лично шейх Абу-Даби [4]. Оставшуюся сумму Масдар Сити заработает на торговле эмиссионными квотами, полагающимися ОАЭ в рамках Киотского протокола, а также на коммерциализации разработок своих научно-исследовательских подразделений и компаний. Например, здесь уже запланировано строительство завода по производству солнечных батарей.

Что же лежит в основе столь бурного строительства? Дальновидность властей? Честь семьи, династии? Ответственность перед будущими поколениями? Амбиции? Наличие лишних денег? Ведь странно, что город, работающий на альтернативном топливе, создают Эмираты, которые богатеют за счет нефти, содержат около десятой части всех известных месторождений нефти в мире и находятся на восьмом месте в мире по ее добыче [6]. Возникает вопрос: почему страну, являющуюся крупным экспортером нефти, настолько озаботили вопросы энергетической безопасности, изменения климата,

сохранения водных ресурсов и защиты природы, что правительством решено было создать особое место, где специалисты со всего мира могли бы работать над решением этих проблем. Ведь, в соответствии с правительственными и промышленными источниками информации, в ОАЭ есть запасы нефти в объеме около девятидесяти восьми миллиардов баррелей, из них около девятидесяти двух миллиардов находятся в Абу-Даби. При нынешних объемах производства, почти три миллиона баррелей в день, этих запасов хватит почти на сто лет [4, 5, 7]. Вот в том-то и дело: получается, что запасов нефти и газа арабским странам хватит ненадолго, максимум на одно столетие, а что же будет потом? Правительство Абу-Даби прекрасно осознает колебания экономики, основанной на природных ископаемых, и намерено продемонстрировать, что это не просто нефтегазовая игра. Оно стремится диверсифицировать экономику и, в конечном итоге, структуру энергетики. Таким образом, правительство Абу-Даби инициирует различные мероприятия и намерено акцентировать большее внимание на переход к использованию знаний, инноваций и на экспорт сверхсовременных технологий. Скандал вокруг японской ядерной электростанции «Фукусима-1» более-менее утих (по крайней мере, пропал с новостной ленты), и информация о безотказных возобновляемых

источниках энергии продолжает выноситься в центр внимания как безопасная и долговременная энергетическая альтернатива. Поэтому, не откладывая дел в долгий ящик, страны региона шустро скупают практически все мало-мальски интересные патенты, связанные с альтернативной энергетикой. Причем не только скупают, а, как мы видим, начинают активно претворять в жизнь планы по реализации этих самых альтернативных источников энергии. В свете этого на краю Аравийской пустыни разворачивается эксперимент-инициатива грандиозной концепции будущего с чистой, альтернативной и, что немаловажно, безопасной энергией.

По мнению создателей Масдара, зеленая площадка для экспериментов в Персидском заливе – это очень амбициозный проект, который не отпугивает инвесторов. В нем коллектив выдающихся архитекторов соединил восточные традиции и развитые западные технологии, ведь этот город – настоящая золотая жила. Цель разработчиков – создать абсолютно новый экологический сектор ОАЭ вокруг «зеленых» и наукоемких отраслей и привлечь к партнерству мировых технологических лидеров из-за рубежа. И огромное количество появившихся здесь научных новинок смогут реализовать потом не только в ОАЭ, но и в других странах, что поможет довольно быстро окупить проект. Этот город – это современный аналог высадки человека на Луне: по дерзости замысла и потенциальному влиянию на развитие технологий и человечества в целом эта инициатива стоит в одном ряду с полетом в космос, – в будущем отсюда выйдут технологии, о которых сейчас мы можем только мечтать или увидеть в фантастических фильмах либо наших сновидениях.

Как видим, у ОАЭ довольно амбициозное видение будущего. Несмотря на то, что уровень углеводорода активно, неуклонно и неустанно растет, правительство страны осознает острую необходимость диверсифицировать источники энергии и весь базис своей экономики. Усилив с помощью Масдара роль секторов экономики, не связанных с нефтью, оно, тем самым, вызовет значительное снижение зависимости от переменчивого рынка нефти [7]. Масдар выступит не только знаменем прогрессивного экологического движения, но и символом всецелой диверсификации нефтяной экономики.

Неудивительно, что этот проект вызвал огромный интерес и привлек массу компаний-партнеров из числа крупнейших корпораций мира. Они рассматривали Масдар как прекрасную экспериментальную и рекламную площадку. Эмират Абу-Даби взял на себя выделение земли, строительство инфраструктуры города и коробок зданий. Сами инновационные технологии в области возобновляемой энергетики, энергосбережения, транспорта и строительства будут бесплатно предоставлены ведущими мировыми корпорациями, для которых этот проект интересен как уникальная возможность опробовать свои

разработки в масштабах реального города. По оценкам экспертов, благодаря использованию инновационных энергетических технологий в течение следующей четверти века Масдар Сити сэкономит нефти на два миллиарда долларов в нынешних ценах. За это же время город создаст свыше семидесяти тысяч рабочих мест, на которых будет производиться около 2% ежегодного ВВП эмирата [8]. Проект добавит статьи экспорта, а также продолжит продвигать партнерство между государством и частным сектором.

Пока эти грандиозные планы предприимчивых арабов находятся на этапе реализации, однако вовлеченность ОАЭ в «зеленое» строительство говорит о том, что эко-архитектура через пару десятков лет может стать одним из самых прибыльных бизнесов. Построив Масдар, Абу-Даби тем самым станет мировым центром возобновляемой энергии и экологически чистых технологий [7]. Понятно, что после завершения строительства в Масдар ринутся многочисленные туристы и путешественники, чтобы воочию увидеть город-сказку, в котором новаторские экологически чистые открытия победили современные привычные для нас засоряющие окружающую среду технологии.

Да, ОАЭ нельзя не любить за их прогрессивность. Пышный оазис, затерявшийся в безжизненных песках Аравийского полуострова, страна, в которой оживают декорации к мудрым и добрым восточным сказкам, – все это современные Арабские Эмираты. Они не перестают удивлять нас своими потрясающими проектами. Такое получилось и с новым их шедевром, который был назван городом Масдар. Конечно, ни для кого не секрет, что правительство Эмиратов грешит гигантизмом: и здание у них самое высокое в мире, и фонтаны самые поющие, и острова самые красивые. Все там самое-самое-самое. ОАЭ давно ассоциируется с грандиозными мега-проектами, связанными со строительством сооружений. Если сравнить, например, Дубай двадцать лет назад и Дубай сегодня, то вы не сможете идентифицировать тот факт, что это один и тот же город. Эта же ситуация касается и других городов ОАЭ, они выглядят как сочная картинка в 3D, как нарисованный яркий мир в компьютерной игре, хотя и могут утомлять своей ненатуральностью и прилизанностью, ведь они не заряжены духовностью и харизмой, как заряжены города Азии и Европы. Появление мега-отелей, мега-небоскребов, мега-парков, мега-фонтанов, мега-центров и прочих мега-объектов с каждым годом становится все грандиознее, все праздничнее и все авангарднее. Массовое строительство в ОАЭ можно сравнить, пожалуй, с эффектом домино, который начался с Аравийского полуострова и распространяется в сторону Персидского залива. Везде вы увидите супервысокие краны и массовое строительство высоченных небоскребов. Но они, Эмираты, не могут не восхищать, ведь правительство ОАЭ думает не только о красоте

Эмиратов и о своей прибыли, но и об экологических технологиях, активно используя их в своей деятельности. И здесь ни один город мира не сравнится с Масдаром.

Поражает то, что в пустыне, в нелегких природных условиях, за пару-тройку десятилетий реализуется суперпроект и вырастет город будущего – как иллюстрация к фантастическим романам, как необыкновенный сон-утопия. Удивительно, что этот город – дело рук человека, – но при всем при этом он никак не вредит природе и экологии Земли. Трудно вообразить себе место, где не будет автомобилей, где дома, офисы и заводы будут питаться от энергии солнечного света, но оно строится. Это чудо экологического и архитектурного творчества будет охватывать территорию в шесть квадратных километров, где смогут поселиться около пятидесяти тысяч человек. Там не будет автомобилей, к которым мы так привыкли, там можно будет передвигаться лишь при помощи специального автоматического индивидуального транспорта нового поколения, подпитывающегося благодаря электричеству. Отсутствие персонального транспорта позволит и разбить городскую черту на множество затененных улиц, по которым будет гулять освежающий ветерок, и освободить место для пеших прогулок по затененным тротуарам, паркам и улицам города [1]. Чтобы уменьшить включение кондиционеров в жаркие дни, город ориентировали на северо-восток. Это поможет сохранить улицы города в тени и минимизировать количество прямого солнечного света, попадающего на окна строений. Тем самым на кондиционирование города будет уходить минимум энергии. Кроме того, архитектура города спланирована так, что его улицы и площади будут покрыты искусственной чудной ажурной тенью разнообразных очертаний от зданий, что защитит горожан от лучей палящего солнца, создавая даже в самый жаркий день приятную прохладу. Своего рода приманкой для глаз в городе станут огромные передвижные зонтики от солнца, которые будут подниматься из земли и скрывать город от безжалостного солнца. Жарким днем они будут ориентироваться на солнце и давать тень, а прохладной ночью – закрываться и излучать накопленное за целый день тепло [2]. Солнечные батареи и коллекторы будут установлены не только в специально отведенных для них местах, а и на крышах зданий, увеличив при этом количество получаемой энергии, чтобы угодить большому количеству разнообразнейших потребностей горожан и гостей города.

**Выводы.** Под конец хотелось бы отметить, что не стоит удивляться масштабам этого суперпроекта, ведь энергетика – это бизнес, более того, в ОАЭ – это основа экономики, от которой зависит благосостояние миллионов людей. Именно поэтому особенно радует то, как власти смогли соединить холодный коммерческий прагматизм и трепетную заботу о нашей общей матушке-природе. Восхищает, что существует в мире

правительство, которое заботится не о том, как забрать что-нибудь у народа, а наоборот, о том, как народу облегчить жизнь. Туда едут новые и новые люди в поисках лучшей жизни, там открываются новые и новые компании, привлеченные отсутствием налогов и ограничений на движение капитала. Но больше всего восхищает то, что это страна новых идей и абсолютно новаторских технологий. И самое большое восхищение вызывает строительство города Масдар – будущей «Силиконовой долины» чистых, зеленых и альтернативных технологий.

#### References

*Tsukanova A. O. Futuristic Eco-Transport of Masdar City / A. O. Tsukanova. – The Polish International Journal of Scientific Publications «Colloquium-Journal». – № 23 (182), p. 1. – 2023. – P. 57 – 60. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-23182-57-60.*

*Tsukanova A. O. Futuristic Funny of Masdar City / A. O. Tsukanova. – The Polish International Journal of Scientific Publications «Colloquium-Journal». – № 20 (179), p. 1. – 2023. – P. 3 – 7. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-20179-3-8.*

*Tsukanova A. O. Masdar City – the Future «Silicon Valley» of Alternative Technologies / A. O. Tsukanova. – The Polish International Journal of Scientific Publications «Colloquium-Journal». – № 19 (178), p. 1. – 2023. – P. 3 – 6. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-19178-3-6.*

Abu Dhabi: in 40 Years from a Fishing Village to a World Center [Electronic resource] / Access mode: [http://www.energobelarus.by/articles/alternativnaya\\_energetika/abu\\_dabi\\_za\\_40\\_let\\_ot\\_rybatskoy\\_derevushki\\_do\\_mirovogo\\_tsentra/](http://www.energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/abu_dabi_za_40_let_ot_rybatskoy_derevushki_do_mirovogo_tsentra/).

Dubai and Masdar City: a Study in Contrasts. A Tale of Two Cities: City of the Past, City of the Future [Electronic resource] / Access mode: <http://www.greenchipstocks.com/articles/masdar-dubai-renewable-energy/586>.

Masdar City: a Closer Look at the City of the Future [Electronic resource] / Access mode: <http://www.singularityhub.com/2011/03/12/masdar-city-a-closer-look-at-the-city-of-the-future/>.

Masdar City: a Guiding Star in the Desert, a Look into the Future [Electronic resource] / Access mode: <http://www.facepla.net/index.php/the-news/last-news/1707-masdar-city>.

The Cleanest City in the World is Being Built in UAE [Electronic resource] / Access mode: <http://www.nord-news.ru/news/2013/06/03/?newsid=49430>.

#### Список литературы

*Цуканова А. О. Футуристический эко-транспорт города Масдар /*

*А. О. Цуканова. – Польский международный журнал научных публикаций «Colloquium-journal». – № 23 (182), ч. 1. – 2023. – С. 57 – 60. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-23182-57-60.*

*Цуканова А. О. Футуристические нелепости города Масдар /*

*А. О. Цуканова.* – Польский международный журнал научных публикаций «Colloquium-journal». – № 20 (179), ч. 1. – 2023. – С. 3 – 7. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-20179-3-8.

*Цуканова А. О.* Город Масдар – будущая «Силиконовая долина» альтернативных технологий / *А. О. Цуканова.* – Польский международный журнал научных публикаций «Colloquium-journal». – № 19 (178), ч. 1. – 2023. – С. 3 – 6. DOI: 10.24412/2520-6990-2023-19178-3-6.

Абу-Даби: за 40 лет от рыбацкой деревушки до мирового центра [Электронный ресурс] / Режим доступа:

[http://www.energobelarus.by/articles/alternativnaya\\_energetika/abu\\_dabi\\_za\\_40 лет\\_ot\\_rybatskoy\\_derevushki\\_do\\_mirovogo\\_tsentra/](http://www.energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/abu_dabi_za_40 лет_ot_rybatskoy_derevushki_do_mirovogo_tsentra/).

Dubai and Masdar City: A Study in Contrasts. A Tale of Two Cities: City of the Past, City of the Future [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.greenchipstocks.com/articles/masdar-dubai-renewable-energy/586>.

Masdar City: A Closer Look at the City of the Future [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.singularityhub.com/2011/03/12/masdar-city-a-closer-look-at-the-city-of-the-future/>.

Масдар-Сити: путеводная звезда в пустыне, взгляд в будущее [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.facepla.net/index.php/the-news/last-news/1707-masdar-city>.

В ОАЭ строят самый чистый город в мире [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.nord-news.ru/news/2013/06/03/?newsid=49430>.

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

**Юдина Н.А., Мельникова Т.Ю.**

*д.м.н., профессор*

*ГУО Белорусская медицинская академия последипломного образования*

*Кафедра общей стоматологии*

*ул. Кедышко 28, г. Минск, Беларусь, 220114*

*д.м.н., профессор Костюк С.А., к.б.н. Полуян О.С.*

*ГУО Белорусская медицинская академия последипломного образования*

*Научно-исследовательская лаборатория*

*ул. Бровка 3, к. 3, г. Минск, Беларусь, 220013*

### ВЫБОР ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ И ТЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕРИОДОНТА У ЖЕНЩИН

**Ph.D., Professor Yudina N.A., Mel'nikova T.Yu.**

*SEI Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education*

*General Dentistry Department*

*Ph.D., Professor Kostjuk S.A., Ph.D. Poluyan O.S.*

*SEI Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education*

*Research laboratory*

*ORCID Yudina [htt://orcid.org/0000-0001-9586-0019](http://orcid.org/0000-0001-9586-0019)*

*ORCID Mel'nikova [htt://orcid.org/0000-0001-8113-0074](http://orcid.org/0000-0001-8113-0074)*

*ORCID Kostjuk <https://orcid.org/0000-0002-3252-2626>*

*ORCID Poluyan <https://orcid.org/0000-0001-7130-2776>*

### SELECTION OF GENETIC MARKERS FOR PREDICTING THE DEVELOPMENT AND COURSE OF PERIODONTAL DISEASES IN WOMEN

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.395

Минск, 2023

**Введение.** Дефицит витамина D широко распространен в мире среди людей всех возрастов. В Российской Федерации распространенность дефицита витамина D среди населения составляет 43–63%, в Европе – 57–64%, в США – 36%.

Поддержание нормального уровня витамина D для человеческого организма чрезвычайно важно, так как способствует профилактике сахарного диабета 2-го типа, ожирения, сердечно-сосудистых, нейродегенеративных, онкологических и иммуноопосредованных заболеваний. Появляется все больше свидетельств того, что витамин D поддерживает кальциево-фосфорный гомеостаз и минерализацию костной ткани [1]. Оптимальная концентрация витамина D крайне важна для репродуктивного здоровья. Огромное количество экспериментальных, клинических и эпидемиологических данных связывают низкие уровни витамина D с рядом неблагоприятных последствий для здоровья полости рта [2].

Доказательства взаимосвязи состояния полости рта и общего здоровья пациента постоянно пополняются новыми данными [3]. На современном этапе внимание медицинского сообщества к «гендерной медицине» возросло. Мужчины и женщины различаются по эпидемиологии и прогрессированию многих заболеваний. Заболевания периодонта чаще

встречается у женщин, чем мужчин, с соотношением распространенности 3:2.

Современные данные о взаимосвязи между заболеваниями тканей периодонта, остеопорозом, дефицитом витамина D и полиморфизмами VDR у женщин недостаточно убедительны. Некоторые исследования указывают на связь между заболеваниями периодонта и дефицитом витамина D у женщин, в то время как в других работах не было выявлено каких-либо существенных связей. Поэтому актуальным вопросом на сегодняшний день является исследование роли витамина D и его рецептора в регулировании экспрессии генов, участвующих в гомеостазе кальция и метаболизме костей, а также в поддержании здоровья полости рта женщин. Обоснование выбора и последующий скрининг генетических маркеров может позволить на ранней стадии выявить группы риска для своевременного проведения профилактических мероприятий, а также повысить эффективность лечения, избежать осложнений и сократить расходы на лечение заболеваний периодонта [4–6].

**Цель исследования** - разработать метод прогнозирования развития тяжелых форм воспалительных заболеваний периодонта у женщин репродуктивного возраста.

#### **Материал и методы исследования**

В рамках научно-исследовательской работы «Разработать метод прогнозирования развития

тяжелых форм воспалительных заболеваний пародонта у женщин репродуктивного возраста», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь, № госрегистрации: [20210811](#) объектом исследования явились женщины в возрасте от 18 до 45 лет, страдающие заболеваниями тканей пародонта и без патологии.

Клинические исследования проводились на базе кафедры общей стоматологии Государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последиplomного образования» (БелМАПО) – 2021-2023 гг. Лабораторные исследования проводились на базе группы ПЦР-диагностики Научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) БелМАПО.

В качестве биологического материала для выявления структурных особенностей и функционального состояния генов, участвующих в регуляции костного гомеостаза использовали содержимое соскоба клеток эпителия ротовой полости 108 пациенток с заболеваниями пародонта, проходивших амбулаторное лечение на базе кафедры, а также 15 без признаков поражения тканей маргинального пародонта.

Пациентки отбирались в соответствии с клиническими и рентгенографическими критериями, предложенными ВОЗ (классификация 1994), и Международным семинаром по классификации заболеваний пародонта в 1999 году (Armitage 1999) ([ClinicalTrials.gov ID: NCT01330082](#)).

Критерии включения:

1. Женщины репродуктивного возраста (18-44 лет) с различными вариантами течения заболеваний тканей пародонта, подтвержденные лучевыми методами диагностики потеря костной ткани.

2. Женщины репродуктивного возраста (18-34 лет), не имеющие признаков болезней тканей пародонта.

Критерии исключения:

1. Пациентки с язвенно-некротическим, гиперпластическим гингивитом, заболеваниями слизистой оболочки полости рта,

2. Курящие пациентки.

3. Беременные женщины, а также женщины, находящиеся в периоде лактации.

4. Женщины с соматической патологией (сахарный диабет, ревматоидный артрит, метаболический синдром и др.)

В первую группу (контрольную группу) были включены женщины репродуктивного возраста в возрасте 18-44 года (30 человек, средний возраст составил 35,0 лет,  $w=0.92$   $p<0.05$ , из них: 15 человек 18-34 лет – без признаков поражения тканей пародонта, 15 женщин 35-44 лет с диагнозом хронический простой маргинальный гингивит (K05.10).

Во вторую группу (группу наблюдения №2) были включены женщины репродуктивного возраста в возрасте 18-44 года (31 человек, средний возраст 34,4 года,  $w=0.95$   $p>0.05$ ) с легкими формами заболеваний тканей маргинального пародонта. В возрастной группе 18-34 года количество пациенток с диагнозом хронический простой маргинальный гингивит (K05.10) составило 10 человек, с диагнозом хронический простой пародонтит (K05.30) – 5 человек, в возрасте 35-44 года количество пациенток с диагнозом хронический простой пародонтит (K05.30) составило 16 человек.

В группу наблюдения №3 вошли 62 женщины репродуктивного возраста в возрасте 18-44 года (средний возраст 35 лет,  $w=0.90$   $p<0.05$ ) с установленным диагнозом – тяжелые формы заболеваний тканей маргинального пародонта. В возрастной группе 18-34 года участвовали 30 человек (15 женщин с диагнозом хронический сложный пародонтит (K05.31) и 15 женщин с хронический сложный пародонтит (K05.31 (агрессивный, быстро прогрессирующий)). В группе 35-44 года были изучены данные 32 пациенток (22 женщины с диагнозом хронический сложный пародонтит (K05.31) и 10 женщин с хроническим сложным пародонтитом (K05.31 (агрессивный, быстро прогрессирующий)) (таблица 1).

Таблица – 1

**Формирование групп наблюдений по характеру течения заболеваний пародонта**

Возраст, количество	Группа №1 (средний возраст)	Группа №2 (средний возраст)	Группа №3 (средний возраст)
18-34 лет, 60 человек	29.1 ± 1.7 ( $w=0.94$ $p>0.05$ )	28.6 ± 2.0 ( $w=0.91$ $p>0.05$ )	33.0 [30.0 - 34.0] ( $w=0.81$ $p<0.05$ )
35-44 лет, 63 человека	38.0 [37.0 - 38.0] ( $w=0.77$ $p<0.05$ )	39.8 ± 1.7 ( $w=0.89$ $p>0.05$ )	41.5 [38.5 - 44.0] ( $w=0.86$ $p<0.05$ )

Работа проводится с соблюдением принципов добровольности и конфиденциальности.

Обследование пациенток проводилось в стандартных условиях стоматологического

кабинета с использованием стоматологического зеркала и зонда, пародонтального зонда ВОЗ.

Клинический метод: результаты объективного осмотра и динамического наблюдения женщин с

заболеваниями тканей периодонта (выявление жалоб, сбор анамнеза, внешний осмотр, осмотр зубных рядов, осмотр слизистой оболочки полости рта, оценка интенсивности кариеса, оценка гигиенического состояния полости рта, оценка периодонтального статуса).

Детальное исследование тканей периодонта проводится с определением глубины зондирования периодонтальных карманов в шести точках у каждого зуба (мезиобуккальной, буккальной, дистобуккальной, мезиолингвальной, лингвальной и дистолингвальной), также оценивается индекс потери зубодесневого прикрепления (индекс Loss of attachment – LA (Glavind L., Loe H., 1967) с учетом наличия рецессии десны в области каждого зуба в шести точках, также фиксировалась подвижность зубов, наличие окклюзионной травмы. Состояние десны оценивается по наличию или отсутствию кровоточивости во время зондирования в области каждого зуба.

Лабораторные методы: данные рентгенологического исследования: ортопантограмма (ОПТГ) конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), биохимический анализ крови.

Для оценки метаболизма костной ткани по рекомендациям врача-ревматолога пациентки проходили обследование с целью определения в сыворотке крови уровня витамина D; остеокальцина (ОК) – наиболее важный неколлагеновый белок матрикса кости, вырабатываемый остеобластами, тесно связан с процессом минерализации и коррелирует с гистоморфометрическими характеристиками скорости образования новой кости, влияющий на гормоны, регулирующие обмен кальция (кальцитонин, паратиреоидный гормон), метаболизм которого зависит от витамина К,  $\beta$ -cross-laps – С-концевой телопептид коллагена 1-го типа, являющийся наиболее информативным маркером резорбции коллагена 1-го типа в кости. Также у пациенток определялся уровень в крови Са, Са ионизированного и Р (фосфора). Критерии обеспеченности витамином D оценивали по содержанию в крови 25(ОН)D: дефицит определялся при концентрации 25(ОН) D – <20

нг/мл, недостаточность – <30 нг/мл, норма – >30 нг/мл. Содержание остеокальцина в образцах биологического материала оценивалось как норма при референтном интервале до менопаузы: 11-43нг/мл, и 15-46 нг/мл после менопаузы, соответственно, уровень  $\beta$ -cross-laps оценивался как норма в пременопаузе: 0,573 нг/мл и 1,008 нг/мл в постменопаузе, соответственно. При выявлении отклонений от нормы маркеров метаболизма костной ткани пациенткам проводилась двухфотонная абсорбциометрия (костная денситометрия), являющаяся одним из современных неинвазивных методов диагностики остеопороза.

Выделение ДНК из биологического материала проводили с использованием сорбции ДНК на поверхности мембраны специальной колонки (набор реагентов «АртДНК MiniSpin» («АртБиоТех», РБ).

Препарат ДНК хранили при температуре не выше 4°C в течение суток, при температуре не выше минус 16°C в течение 3 месяцев, при температуре не выше минус 68°C в течение 1 года.

Для определения концентрации и степени чистоты выделенной ДНК проводили спектрофотометрические исследования (NanoDrop 1000, Thermo scientific, США), при этом определяли отношение поглощения на длинах волн 260 и 280 нм (A260/280).

Метод выделения РНК основан на принципе связывания нуклеиновых кислот с силикатными сорбентами в присутствии хаотропных солей и их последующей элюцией в низкосолевой буфер (набор реагентов «АртРНК MiniSpin» («АртБиоТех», РБ).

Препарат РНК незамедлительно использовали для постановки реакции обратной транскрипции.

Определение концентрации РНК и степени чистоты выделенной нуклеиновой кислоты проводили спектрофотометрически (NanoDrop 1000, Thermo scientific, США) на длине волны  $\lambda=230$  нм. Степень чистоты выделенной РНК оценивали по соотношениям 260/280 и 260/230.

#### **Результаты исследования и их обсуждение.**

Стоматологический статус обследованных женщин представлен в таблице 2.

## Стоматологический статус у женщин репродуктивного возраста

Критерий	Группа №1	Группа №2	Группа №3
КПУ	9.27 ± 1.75 (w=0.95 p>0.05)	12.45 ± 1.96 (w=0.94 p>0.05)	15.50 [12.0 - 19.0] (w=0.93 p<0.05)
ОНИ-S (индекс гигиены по Грину- Вермиллиону)	0.83 [0.50 - 1.17] (w=0.87 p<0.05)	1.17 [1.16 - 1.33] (w=0.75 p<0.05)	1.95 [1.66 - 2.50] (w=0.92 p<0.05)
Количество зубов с кровоточивостью	2.0 [0.0 - 12.0] (w=0.80 p<0.05)	9.0 [8.0 - 11.0] (w=0.85 p<0.05)	18.0 [14.0 - 22.0] (w=0.95 p<0.05)
Процент зубов с кровоточивостью	7.1 [0.0 - 42.9] (w=0.79 p<0.05)	32.1 [28.6 - 40.7] (w=0.87 p<0.05)	68.1 [53.8 - 100] (w=0.90 p<0.05)
Глубина зондирования периодонтального кармана, мм (ПК >5 мм), количество зубов	-	0 (w=0.35 p<0.05)	6.0 [2.0 - 13.0] (w=0.91 p<0.05)
Глубина зондирования периодонтального кармана, мм (ПК >5 мм), процент зубов	-	0 (w=0.35 p<0.05)	23.6 [9.1 - 48.2] (w=0.91 p<0.05)
Потеря зубодесневого прикрепления >5 мм (LA «2»+ «3» + «4»), количество зубов	-	0 (w=0.26 p<0.05)	7.5 [3.0 - 14.0] (w=0.92 p<0.05)
Потеря зубодесневого прикрепления >5 мм (LA «2»+ «3» + «4»), процент зубов	-	0 (w=0.26 p<0.05)	28.3 (w=0.92 p<0.05)
Потеря зубодесневого прикрепления X – исключенный секстант (в секстанте присутствует менее 2-х зубов)	-	0 (w=0.18 p<0.05)	0 (w=0.38 p<0.05)
Потеря зубодесневого прикрепления X – исключенный секстант (в секстанте присутствует менее 2-х зубов), %	-	0 (w=0.18 p<0.05)	0 (w=0.38 p<0.05)
Количество удаленных зубов	-	0 (w=0.40 p<0.05)	2.0 [0.0 - 4.0] (w=0.88 p<0.05)
Количество зубов с ангулярной деструкцией костной ткани, среднее значение	-	0 (w=0.27 p<0.05)	9.5 ± 1.3 (w=0.98 p>0.05)
Процент зубов с ангулярной деструкцией костной ткани, среднее значение	-	0 (w=0.30 p<0.05)	37.9 ± 5.4 (w=0.96 p>0.05)
Количество подвижных зубов, среднее значение	-	0	6.0

		(w=0.40 p<0.05)	[3.0 - 12.0] (w=0.91 p<0.05)
Процент подвижных зубов, среднее значение	-	1.66 (w=0.40 p<0.05)	21.8 [10.7- 45.5] (w=0.91 p<0.05)

В группе №1 индекс КПУ составил 9,27 зубов, в группе №2 – 12,45 зубов, в группе №3 – 15,5 зубов, соответственно. Удовлетворительная гигиена была отмечена в группе №1 и №2 при интерпретации данных по индексу гигиены ОНI-S, в группе №3 – неудовлетворительная гигиена. При оценке количества зубов с кровоточивостью установлено, что у пациенток с тяжелыми формами заболеваний тканей периодонта в 9 раз больше зубов с кровоточивостью, чем в группе контроля (68, 1% (w=0.90 p<0.05) от общего количества зубов). Среди пациенток в группе №3 потеря зубодесневого прикрепления (LA «2»+ «3» + «4») составляет 7,5 зубов, среднее количество

удаленных зубов – 2,0 зубов, количество зубов с ангулярной деструкцией костной ткани – 9,5 зубов, среднее количество зубов с подвижностью – 6,0.

Установлены статистически значимые различия по количеству зубов с кровоточивостью, величине потери зубодесневого прикрепления и количеству утраченных зубов, а также зубов с ангулярной деструкцией костной ткани, количеству подвижных зубов у пациенток репродуктивного возраста в исследуемых группах.

Результаты обследования женщин репродуктивного возраста на маркеры метаболизма костной ткани по направлению врача-ревматолога представлены в таблице №3.

Таблица – 3

**Уровень маркеров метаболизма костной ткани у женщин репродуктивного возраста**

Критерий	Группа №1	Группа №2	Группа №3	Референтный интервал
Витамин D	31.8 [27.9 - 33.6] (w=0.80 p<0.05)	26.3 ± 3.7 (w=0.98 p>0.05)	23.0 [16.9 - 27.4] (w=0.84 p<0.05)	>30 нг/мл
Остеокальцин	23.2 ± 4.6 (w=0.95 p>0.05)	25.7 ± 4.2 (w=0.96 p>0.05)	17.0 [14.3 - 19.7] (w=0.68 p<0.05)	11-43нг/мл до менопаузы 15-46 нг/мл после менопаузы
β-cross-laps	0.261 ± 0.068 (w=0.94 p>0.05)	0.325 ± 0.102 (w=0.97 p>0.05)	0.345 ± 0.043 (w=0.96 p>0.05)	в пременопаузе: <0,573 нг/мл в постменопаузе <1,008 нг/мл
Са кальций	2.33 ± 0.06 (w=0.95 p>0.05)	2.30 ± 0.05 (w=0.94 p>0.05)	2.35 [2.27 - 2.42] (w=0.55 p<0.05)	2,2-2,65 mmol/L
Са ионизированный	1.20 [1.06 - 1.24] (w=0.89 p<0.05)	1.21 ± 0.04 (w=0.94 p>0.05)	1.22 ± 0.03 (w=0.95 p>0.05)	1,12-1,32 mmol/L
P фосфор	1.23 ± 0.07 (w=0.90 p>0.05)	1.17 [1.11 - 1.28] (w=0.84 p<0.05)	1.16 ± 0.6 (w=0.96 p>0.05)	0,81-1,45 mmol/L

В результате проведенных исследований установлено что, такие маркеры метаболизма костной ткани, как Са, Са ионизированный, P, β-cross-laps, остеокальций находились в пределах референтного интервала во всех группах пациенток. Уровень витамина D в группе №1 – 31,8 нг/мл (w=0.80 p<0.05), что соответствует нижней границе нормы, в группе №2 – 26,3 нг/мл (w=0.98 p>0.05), в группе №3 – 23,0 нг/мл (w=0.84 p<0.05),

соответственно. Таким образом, у 75,6% обследованных женщин выявлена недостаточность витамина D.

Использование непараметрического критерия Манна-Уитни позволило сделать вывод о наличии статистически достоверных различий по уровню витамина D между некоторыми исследуемыми группами (таблица 4).

Таблица 4

**Статистические параметры критерия Манна-Уитни**

Сравниваемые группы	Показатель Z	Показатель p
1-2	1,947	0,05
1-3	4,182	<0,001
2-3	1,416	0,156

На основании проведенного статистического анализа установлено наличие достоверных ( $p < 0,05$ ) различий по уровню витамина D между группой контроля и пациентками с легкими формами воспалительных заболеваний тканей периодонта, а также между группой контроля и пациентками,

страдающими хроническим сложным периодонтитом.

Учет данных проведенных молекулярно-генетических исследований по распределению аллельных вариантов (таблица 5), а также по определению генотипного профиля (таблица 6) проводили с учетом групп исследования.

Таблица 5

**Распределение аллельных вариантов в зависимости от группы исследования**

Полиморфизм Sp1 (G1546T) гена COL1A1					
Группа исследования	Аллель S		Аллель s		
	n	%	n	%	
1 (N=30)	44	73,3	16	26,7	
2 (N=31)	40	64,5	22	35,5	
3 (N=62)	73	58,9	51	41,1	
Полиморфизм TaqI (+61968 T>C) гена VDR					
Группа исследования	Аллель T		Аллель t		
	n	%	n	%	
1 (N=30)	47	78,3	13	21,7	
2 (N=31)	40	57,89	22	42,11	
3 (N=62)	71	57,26	53	42,74	
Полиморфизм Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR					
Группа исследования	Аллель G		Аллель A		
	n	%	n	%	
1 (N=30)	52	86,7	8	13,4	
2 (N=31)	42	67,74	20	32,26	
3 (N=62)	54	43,55	70	56,45	

Примечание – N – количество пациентов, n – количество аллелей

Таблица 6

**Распределение генотипов в зависимости от группы исследования**

Полиморфизм Sp1 (G1546T) гена COL1A1						
Группа исследования	Генотип GG		Генотип GT		Генотип TT	
	n	%	n	%	n	%
1 (N=30)	22	73,3	-	0,0	8	26,7
2 (N=31)	19	61,3	2	6,4	10	32,3
3 (N=62)	34	54,8	5	8,1	23	37,1
Полиморфизм TaqI (+61968 T>C) гена VDR						
Группа исследования	Генотип TT		Генотип tt		Генотип Tt	
	n	%	n	%	n	%
1 (N=30)	19	63,4	7	23,3	4	13,3
2 (N=31)	14	45,2	12	38,7	5	16,1
3 (N=62)	25	40,3	29	46,8	8	12,9
Полиморфизм Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR						
Группа исследования	Генотип AA		Генотип GG		Генотип AG	
	n	%	n	%	n	%
1 (N=30)	2	6,7	8	26,7	20	66,6
2 (N=31)	3	9,7	16	51,6	12	38,7
3 (N=62)	7	11,3	45	72,6	10	16,1

Примечание – N – количество пациентов, n – количество генотипов

При анализе генетической структуры у периодонта была установлена неравномерность пациенток с воспалительными заболеваниями распределения аллельных вариантов исследуемых

генов в зависимости от нозологической формы заболевания.

При анализе данных молекулярно-генетических исследований по изучению полиморфизма Sp1 (G1546T) гена COL1A1 нами не были выявлены статистически значимые ( $p > 0,05$ ) достоверные факторы риска формирования воспалительных заболеваний пародонта.

При анализе данных, полученных при исследовании полиморфизма TaqI (+61968 T>C) гена VDR было установлено, что частота выявления аллельного варианта T (а также генотипного профиля TT) статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличалась для группы контроля (0,78 и 0,63 соответственно) по сравнению с группой пациенток с тяжелыми формами заболеваний тканей пародонта. Обращает на себя внимание и факт достоверно ( $p < 0,05$ ) более частой встречаемости аллеля t и генотипа tt в группе №3 с

хроническим сложным периодонтитом (0,42 и 0,46 соответственно) по сравнению с группой №1.

Проведенный анализ данных показал наиболее широкое разнообразие частоты встречаемости аллельных вариантов и генотипного профиля полиморфизма Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR в исследуемых группах. Частота выявления аллеля G и генотипа GG статистически значимо ( $p < 0,05$ ) различалась между всеми исследуемыми группами пациенток.

На основании полученных данных нами было выдвинуто предположение о влиянии аллельных вариантов и генотипного профиля полиморфизмов TaqI (+61968 T>C) и Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR на риск формирования воспалительных заболеваний пародонта у женщин репродуктивного возраста. Анализ значимости различий по частоте встречаемости признаков оценивали с помощью критерия  $\chi^2$  в таблице сопряженности 2x2 (таблица 7).

Таблица 7

**Сопряженность аллельных вариантов и генотипного профиля полиморфизмов TaqI (+61968 T>C) и Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR**

T-аллель TaqI (+61968 T>C) гена VDR			
Параметр	Группа №1 и Группа №2	Группа №1 и Группа №3	Группа №2 и Группа №3
Критерий $\chi^2$	2.845 ( $p = 0.092$ )	7.807 ( $p < 0.05$ )	0.905 ( $p = 0.342$ )
Критерий ф сила связи	0.153 слабая	0.206 средняя	0.070 несущественная
Относительный риск ОР	0.824	0.731	0.887
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.656 - 1.034	0.597 - 0.895	0.699 - 1.127
Отношение шансов ОШ	0.503	0.371	0.737
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.225 - 1.125	0.182 - 0.754	0.392 - 1.384
Частота выявления	0.783 vs 0.645	0.783 vs 0.573	0.645 vs 0.573
G-аллель Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR			
Параметр	Группа №1 и Группа №2	Группа №1 и Группа №3	Группа №2 и Группа №3
Критерий $\chi^2$	6.176 ( $p < 0.05$ )	30.783 ( $p < 0.05$ )	9.688 ( $p < 0.05$ )
Критерий ф сила связи	0.225 средняя	0.409 относительно сильная	0.228 средняя
Относительный риск ОР	0.782	0.502	0.643
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.641 - 0.953	0.402 - 0.628	0.494 - 0.837
Отношение шансов ОШ	0.162	0.119	0.367
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.068 - 0.382	0.052 - 0.271	0.194 - 0.697
Частота выявления	0.867 vs 0.677	0.867 vs 0.435	0.677 vs 0.435
tt - генотип TaqI (+61968 T>C) гена VDR			
Параметр	Группа №1 и Группа №2	Группа №1 и Группа №3	Группа №2 и Группа №3
Критерий $\chi^2$	1.681 ( $p = 0.195$ )	4.664 ( $p < 0.05$ )	0.545 ( $p = 0.461$ )
Критерий ф сила связи	0.166 слабая	0.225 средняя	0.077 несущественная
Относительный риск ОР	1.659	2.005	1.208
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.756 - 3.639	0.995 - 4.040	0.721 - 2.025
Отношение шансов ОШ	2.075	2.887	1.391

Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.682 - 6.314	1.081 - 1.081	0.578 - 3.348
Частота выявления	0.233 vs 0.387	0.233 vs 0.468	0.387 vs 0.468
GG - генотип Cdx2 (-3731 A>G) гена VDR			
Параметр	Группа №1 и Группа №2	Группа №1 и Группа №3	Группа №2 и Группа №3
Критерий $\chi^2$	3.976 (p < 0.05)	17.452 (p < 0.05)	4.026 (p < 0.05)
Критерий ф сила связи	0.255 средняя	0.436 относительно сильная	0.208 средняя
Относительный риск ОР	1.935	2.722	1.406
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	0.976 - 3.837	1.475 - 5.023	0.968 - 2.043
Отношение шансов ОШ	2.933	7.279	2.482
Нижняя - верхняя границы 95% ДИ	1.003 - 8.576	2.724 - 19.453	1.010 - 6.095
Частота выявления	0.267 vs 0.516	0.267 vs 0.726	0.516 vs 0.726

3.3 Анализ результатов молекулярно-генетических исследований по определению уровней нормализованной экспрессии генов *COL1A1* и *VDR*

На основании выполненных молекулярно-генетических исследований установлено, что

уровни нормализованной экспрессии гена *COL1A1* для группы 1 составили  $248.9 \pm 62.0$  (w=0.95 p>0.05), для группы 2 –  $104.9 \pm 26.4$  (w=0.94 p>0.05), для группы 3 –  $34.9 [14.1 - 76.4]$  (w=0.58 p<0.05) (рисунок 3).

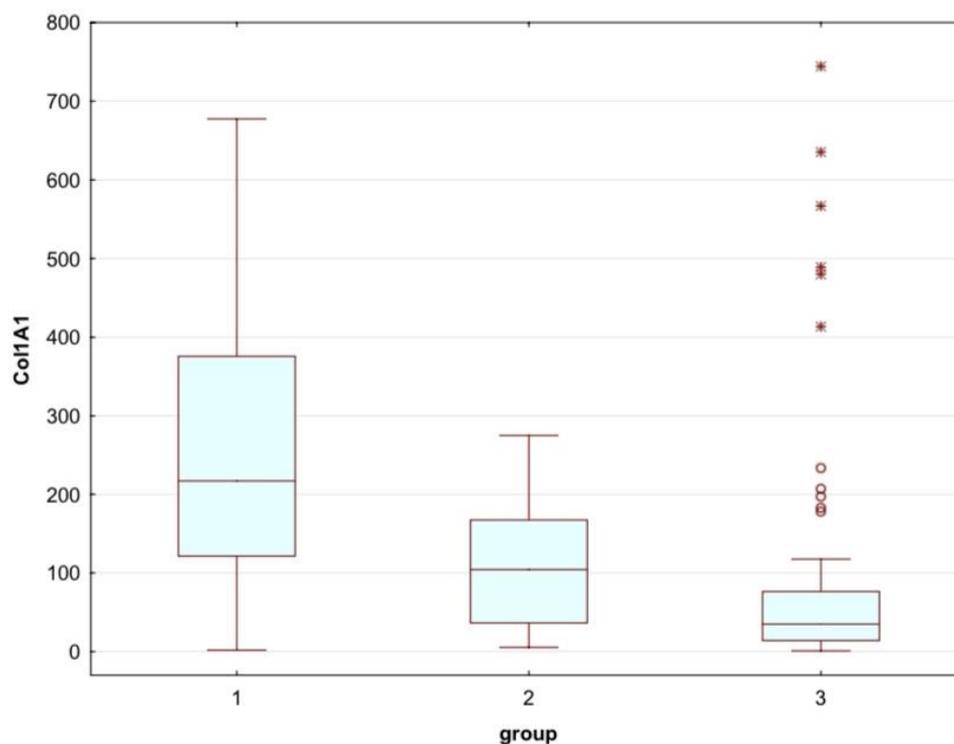


Рисунок 3 – Уровни нормализованной экспрессии гена *COL1A1* в биологическом материале женщин репродуктивного возраста

Использование непараметрического критерия Манна-Уитни позволило сделать вывод о наличии статистически достоверных различий (p<0,05) по уровням нормализованной экспрессии гена

*COL1A1* в биологическом материале пациенток между всеми исследуемыми группами (таблица 8).

Таблица 8

**Статистические параметры критерия Манна-Уитни**

Сравниваемые группы	Показатель Z	Показатель p
1-2	3,527	<0,001
1-3	4,793	<0,001
2-3	2,832	<0,05

Затем нами были проведены аналогичные исследования по определению уровней нормализованной экспрессии гена *VDR*. Для группы 1 значения составили 21.4 [9.2 – 30.2]

( $w=0.65$   $p<0.05$ ), для группы 2 – 36.7 [7.8 – 72.8] ( $w=0.77$   $p<0.05$ ), для группы 3 – 35.9 [12.0 – 82.4] ( $w=0.74$   $p<0.05$ ) (рисунок 4).

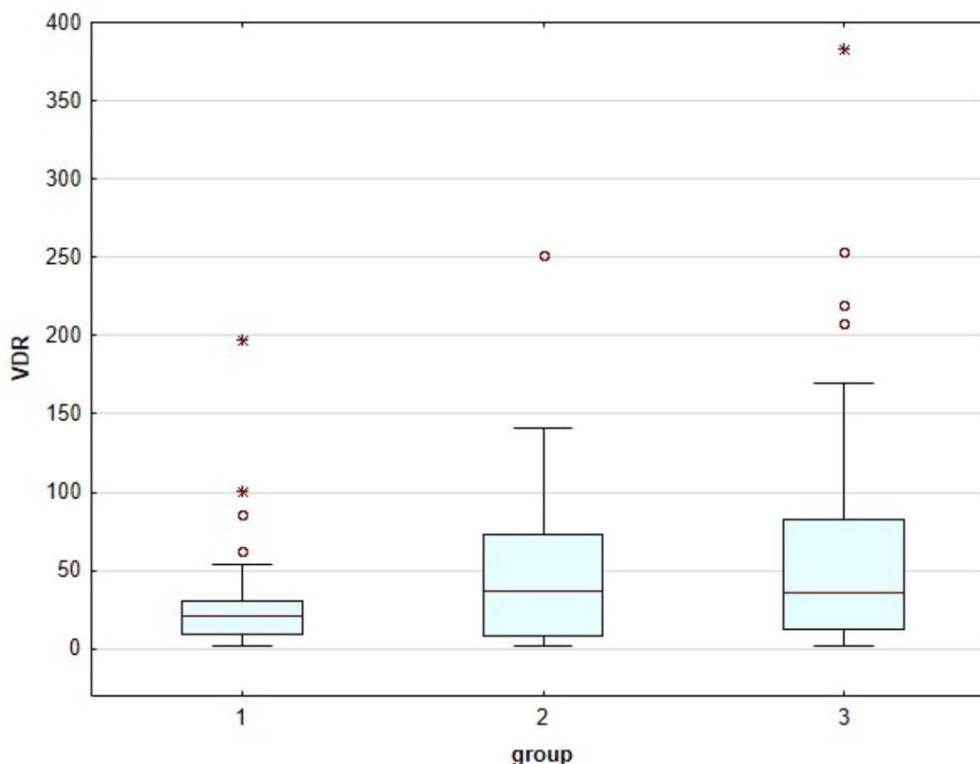


Рисунок 4 – Уровни нормализованной экспрессии гена *VDR* в биологическом материале женщин репродуктивного возраста

При использовании непараметрического критерия Манна-Уитни установлено отсутствие статистически значимых ( $p<0,05$ ) достоверных

различий по анализируемому признаку для всех групп (таблица 9).

Таблица 9

**Статистические параметры критерия Манна-Уитни**

Сравниваемые группы	Показатель Z	Показатель p
1-2	-1,291	0,197
1-3	-2,036	<0,05
2-3	-0,485	0,628

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При анализе взаимосвязи состояния тканей периодонта с дефицитом витамина D установлено, что у лиц, имеющих недостаточность и дефицит витамина D, большая величина потери зубодесневого прикрепления, большее количество утраченных и подвижных зубов, зубов с ангулярной деструкцией костной ткани. Недостаточность витамина D выявлена в 75,6% женщин репродуктивного возраста.

Определено наличие достоверных ( $p<0,05$ ) различий по уровню витамина D между группой контроля и пациентками с легкими формами воспалительных заболеваний тканей периодонта, а также между группой контроля и пациентками, страдающими хроническим сложным периодонтитом.

Установлена ассоциация различных нозологических форм воспалительных заболеваний периодонта с полиморфными вариантами генов: полиморфизм Sp1 (G1546T) гена *COL1A1*, TaqI

(+61968 T>C) гена *VDR* и *Cdx2* (-3731 A>G) гена *VDR*.

Вероятность развития хронического сложного периодонтита в 1,37 раза выше при выявлении в биологическом материале пациенток t-аллеля *TaqI* (+61968 T>C) гена *VDR*; в 2,0 раза выше – при выявлении tt-генотипа *TaqI* (+61968 T>C) гена *VDR*. При выявлении G-аллеля *Cdx2* (-3731 A>G) гена *VDR* – вероятность развития данного заболевания увеличивается в 2,0 раза; при выявлении GG-генотипа – в 2,72 раза.

Развитие легких форм заболеваний тканей периодонта у женщин репродуктивного возраста характеризуется наличием у пациенток G-аллеля (риск увеличивается в 1,28 раза) и GG-генотипа (риск увеличивается в 1,93 раза) *Cdx2* (-3731 A>G) гена *VDR*.

По результатам исследования утверждена инструкция по применению в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь «Метод оценки вероятности развития тяжелых форм воспалительных заболеваний тканей периодонта у женщин репродуктивного возраста», регистрационный №090-0923 от 29 сентября 2023г.

#### Литература / References.

Holick MF. Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 2007, 357: 266-281. doi:10.1056/NEJMr070553

УДК 616.36-036.12-07:616.98

- Соцкая Я.А.**  
ФГБОУ ВО ЛГМУ им. Свт. Луки Минздрава России,  
Россия, 291045, Луганская Народная Республика, г. Луганск, кв. 50-летия обороны Луганска, 1-г
- Перфильева М.Ю.**  
ФГБОУ ВО ЛГМУ им. Свт. Луки Минздрава России,  
Россия, 291045, Луганская Народная Республика, г. Луганск, кв. 50-летия обороны Луганска, 1-г
- Саламех К.А.**  
ФГБОУ ВО ЛГМУ им. Свт. Луки Минздрава России,  
Россия, 291045, Луганская Народная Республика, г. Луганск, кв. 50-летия обороны Луганска, 1-г

### СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМИ ДИФФУЗНЫМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ПЕЧЕНИ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКИХ ПЕРСИСТИРУЮЩИХ ИНФЕКЦИЙ, И ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ЕГО КОРРЕКЦИИ

- Ya.A. Sotskaya**  
FSBEI HI ST. LSMU of MOH of Russia,  
Russia, 291045, Lugansk People's Republic, Lugansk, apt. 50th anniversary of the defense of Lugansk, 1-g
- M.Yu. Perfilyeva**  
FSBEI HI ST. LSMU of MOH of Russia,  
Russia, 291045, Lugansk People's Republic, Lugansk, apt. 50th anniversary of the defense of Lugansk, 1-g
- K.A. Salameh**  
FSBEI HI ST. LSMU of MOH of Russia,  
Russia, 291045, Lugansk People's Republic, Lugansk, apt. 50th anniversary of the defense of Lugansk, 1-g

### STATE OF ENERGY METABOLISM IN PATIENTS WITH CHRONIC DIFFUSE LIVER LESIONS DUE TO CHRONIC PERSISTENT INFECTIONS, AND OPTIMIZATION OF APPROACHES TO ITS CORRECTION

**Аннотация:** Установлены выраженные нарушения энергетического метаболизма у больных хроническими диффузными поражениями печени (ХДПП) на фоне хронических персистирующих инфекций (ХПИ), а также увеличение концентрации «средних молекул» (СМ) в крови обследованных, что

свидетельствует о наличии синдрома «метаболической интоксикации». Включение комбинации фитопрепарата полифита-П и детоксицирующего и метаболически активного средства реамберина в лечебный комплекс у больных ХДПП на фоне ХПИ, способствует нормализации показателей энергетического метаболизма и достижению стойкой клинической ремиссии заболевания. Это дает основания для рекомендаций по включению полифита-П и реамберина в программу лечения и медицинской реабилитации больных ХДПП на фоне ХПИ.

**Abstract:** Severe disturbances in energy metabolism were established in patients with chronic diffuse liver damage (CDLD) against the background of chronic persistent infections (CPI), as well as an increase in the concentration of “medium molecules” (MM) in the blood of the examined patients, which indicates the presence of a “metabolic intoxication” syndrome. The inclusion of a combination of the herbal medicine Polyfit-P and the detoxifying and metabolically active agent Reamberin in the treatment complex for patients with CDPP against the background of CPI helps to normalize energy metabolism parameters and achieve stable clinical remission of the disease. This gives grounds for recommendations for the inclusion of Polyfit-P and Reamberin in the program of treatment and medical rehabilitation of patients with CDPP against the background of CPI.

*Ключевые слова:* хронические диффузные поражения печени, хронические персистирующие инфекции, энергетический метаболизм, реамберин, полифит-П.

*Keywords:* chronic diffuse liver damage, chronic persistent infections, energetic metabolism, reamberin, polyphit-P

**Введение.** В последние десятилетия в России и других странах СНГ отмечается существенное повышение частоты заболеваемости хроническими диффузными поражениями печени (ХДПП) и хроническими персистирующими инфекциями (ХПИ) [1]. Установлено, что при сочетании патологии печени и ХПИ течение каждой из этих болезней может отягощаться [2, 3], что делает целесообразным изучение патогенеза сочетанной патологии в виде ХДПП и ХПИ.

В патогенетическом плане важным при лечении хронических заболеваний печени является восстановление метаболического гомеостаза, в частности состояния энергетического метаболизма [4, 5]. Поэтому наше внимание привлечено к созданию рациональных подходов к лечению и медицинской реабилитации больных ХДПП на фоне ХПИ, в плане восстановления у них показателей иммунного и метаболического гомеостаза.

При разработке рациональных подходов к лечению больных ХДПП на фоне ХПИ нами установлена возможность использования фитосредств и детоксицирующих препаратов, действие которых направлено на ликвидацию синдрома «метаболической интоксикации» и улучшение состояния энергетического метаболизма, в частности фитосорбента полифита-П (печеночного) и современного инфузионного препарата реамберина, который содержит в своем составе соль янтарной кислоты – сукцинат натрия.

**Целью** работы было изучение динамики показателей энергетического метаболизма у больных ХДПП на фоне ХПИ под влиянием комбинированного лечения с использованием метаболически активного препарата реамберина и фитосредства полифита-П.

**Материалы и методы исследования.** Были сформированы две группы – основная (68 пациентов) и сопоставление (66 больных), рандомизированные по полу, возрасту, тяжести заболевания и показателю вирусной нагрузки, которые в периоде обострения воспалительного

процесса в ГБС получали стационарное лечение в гастроэнтерологическом отделении. Мужчин среди обследованных было 70 (52,2%) и женщин 64 (47,8%). Все больные получали общепринятое лечение. В целях коррекции синдрома метаболической интоксикации больным основной группы назначали полифит-П и реамберин. Полифит-П назначался в виде 1-2% суспензии внутрь по 150 – 200 мл 3-4 раза в сутки за один-два часа до или после еды, повторными курсами по 10-12 дней. Как правило больные получали 2 курса введения полифита-П. Реамберин вводили внутривенно капельно медленно по 400 мл 1 раз в день в течение 7-10 дней в зависимости от достигнутого эффекта.

Кроме общепринятого клинического и биохимического обследования все находившиеся под наблюдением больные подлежали изучению состояния энергетического метаболизма и выраженности синдрома «метаболической интоксикации» исходя из концентрации «средних молекул» (СМ) в сыворотке крови [6]. Оценку энергетического метаболизма проводили по уровню макроэргических соединений в гемолизате отмытой суспензии эритроцитов больных методом тонкослойной хроматографии [7], при этом определяли содержание АТФ, АДФ и АМФ в ммоль/л; с одновременным вычислением энергетического заряда эритрона (ЭЗЭ) как соотношения АТФ/(АДФ+АМФ) [8]. Изучали общую активность ключевого фермента анаэробного гликолиза лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и его изоферментный спектр (ЛДГ<sub>1-5</sub>) методом электрофореза в агарозном геле [9] в камере горизонтального электрофореза на при. При этом вычисляли уровень анодных «аэробных» фракций изоферментов ЛДГ<sub>1+2</sub>, промежуточной (ЛДГ<sub>3</sub>) и катодных «анаэробных» фракций ЛДГ<sub>4+5</sub> [10].

Статистическую обработку полученных результатов исследования проводили на персональном компьютере Intel Pentium Core Duo при помощи одно- и многофакторного дисперсионного анализа (пакеты лицензионных

программ Microsoft Office 2010, Microsoft Excel Stadia 6.1/prof и Statistica, XLSTAT - Pro для MS Excel, Statistical Package for Social Science) [11].

**Полученные результаты и анализ.** При проведении биохимического обследования больных, находившихся под нашим наблюдением, установлено, что в большинстве случаев у обследованных до начала лечения имели место существенные сдвиги со стороны показателей

энергетического метаболизма, и прежде всего адениловой системы. Из этих нарушений состояния адениловой системы наибольшую значимость имело существенное снижение содержания АТФ в крови обследованных больных, в то время как уровень других макроэргических соединений (АДФ и АМФ) повышался, т.е. формировался дисбаланс разных адениновых нуклеотидов у пациентов с ХДПП на фоне ХПИ (табл.1).

Таблица 1

**Показатели активности адениловой системы у больных ХДПП на фоне ХПИ до начала лечения (M±m)**

Показатели	Норма	Обследованные больные		P
		основная группа (n=68)	группа сопоставления (n=66)	
АТФ (ммоль/л)	650±7	346±7,6***	349±7,8***	<0,05
АДФ (ммоль/л)	232±5	278±6,2**	286±5,9**	<0,05
АМФ (ммоль/л)	53±3	102±5,5***	95±5,2***	<0,05
ЭЗЭ	2,28±0,05	0,91±0,06***	0,92±0,06***	<0,05

**Примечание:** в таблицах 1-4 достоверность различий относительно нормы: \* - при P<0,05, \*\* - P<0,01, \*\*\* - P<0,001, столбец P – достоверность различий между показателями основной группы и группы сопоставления.

Действительно, содержание АТФ в гемолизате венозной крови больных ХДПП на фоне ХПИ к началу лечения в основной группе было в среднем в 1,89 раза и группе сопоставления в 1,86 раза ниже нормы (P<0,001). До начала проведения лечебных мероприятий уровень АДФ был умеренно повышен в обеих группах больных: в основной в среднем в 1,2 раза и группе сопоставления в 1,23 раза по отношению к норме (P<0,01). Вероятно, повышение концентрации этого аденинуклеотида в крови было компенсаторным и связано с существенным снижением уровня АТФ в крови, которая в процессе утилизации этого основного макроэргического соединения и распадается до АДФ. До начала проведения лечебных мероприятий у всех обследованных нами пациентов отмечено существенное увеличение АМФ: в основной группе в среднем в 1,9 раза и в группе сопоставления в 1,8 раза относительно нормы (P<0,01). Вероятно, причины повышения уровня АМФ в крови больных ХДПП на фоне ХПИ к началу лечения могут носить неоднозначный характер и быть связаны как с распадом

макроэргических соединений более высокого энергетического уровня (АТФ и АДФ), так и с компенсаторным биосинтезом АМФ из аденина [24]. При анализе интегрального показателя ЭЗЭ было установлено, что к началу лечения этот индекс был существенно снижен у всех больных ХДПП на фоне ХПИ, в том числе в основной группе в среднем в 2,5 раза и группе сопоставления – в 2,48 раза (P<0,001) по отношению к норме, что указывало на снижение энергообеспеченности тканей организма обследованных больных.

Установлено также, что до начала проведения лечения имело место повышение общей активности ЛДГ, составлявшей в среднем в основной группе 2,49±0,16 и группе сопоставления 2,52±0,14 мкмоль/л\*сек при норме 2,1±0,11 мкмоль/л\*сек, т.е. была повышена в обеих группах в 1,2 раза по отношению к норме (P<0,05). Это повышение сопровождалось изменениями ее изоферментного спектра, в основном снижением концентрации «аэробных» фракций – ЛДГ<sub>1+2</sub> при росте содержания «анаэробных», так называемых «печеночных» фракций – ЛДГ<sub>4+5</sub> (табл. 2).

Таблица 2

**Активность ЛДГ и ее изоферментный состав у больных ХДПП на фоне ХПИ до начала лечения (M±m)**

Показатели	Норма	Обследованные больные		P
		основная группа (n=68)	группа сопоставления (n=66)	
ЛДГ <sub>общ.</sub> мкмоль/л·сек	2,02±0,05	2,49±0,08*	2,52±0,07*	<0,05
ЛДГ <sub>1+2</sub> , %	77,4±2,8	60,5±2,2*	59,5±1,9*	<0,05
мкмоль/л·сек	1,56±0,06	1,51±0,05	1,49±0,04	<0,05
ЛДГ <sub>3</sub> , %	16,5±1,1	23,7±1,6	24,2±2,2	<0,05
мкмоль/л·сек	0,33±0,02	0,59±0,04**	0,61±0,06**	<0,05
ЛДГ <sub>4+5</sub> , %	6,1±0,1	15,8±0,15***	16,2±0,13***	<0,05
мкмоль/л·сек	0,12±0,002	0,39±0,003***	0,41±0,003***	>0,1

Действительно, активность ЛДГ<sub>общ.</sub> была повышена в этот период обследование в основной группе в среднем в 1,23 раза ( $P < 0,05$ ) и группе сопоставления в 1,25 раза ( $P < 0,05$ ). Относительное количество суммы изоферментов ЛДГ<sub>4+5</sub> было повышено в 2,6 раза в основной группе и в 2,66 раза – в группе сопоставления ( $P < 0,001$ ). Абсолютное содержание «печеночных» изоферментов ЛДГ<sub>4+5</sub> к началу лечения было повышено по отношению к норме в основной группе в 3,25 раза ( $P < 0,01$ ) и в группе сопоставления – в 3,42 раза ( $P < 0,01$ ). При этом не было установлено вероятных разногласий между изученными показателями энергетического метаболизма в основной группе и группе сопоставления ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, у больных ХДПП на фоне ХПИ отмечаются нарушения энергетического метаболизма, характеризующиеся снижением уровня АТФ в крови, при компенсаторном повышении содержания АДФ и АМФ, повышением концентрации ЛДГ<sub>4+5</sub> и общей активности ЛДГ, что свидетельствует о разобщении окислительного

фосфорилирования и переключение энергетического метаболизма на менее эффективный путь анаэробного гликолиза.

Нами также установлено существенное повышение концентрации СМ в сыворотке крови обследованных больных до начала лечения: в основной группе до  $2,54 \pm 0,03$  г/л, то есть в 4,9 раза относительно нормы ( $P < 0,001$ ) и в группе сопоставления – до  $2,46 \pm 0,04$  г/л, что в 4,7 раза превышало средний показатель нормы ( $P < 0,001$ ).

При повторном биохимическом обследовании было установлено, что после завершения лечения у больных основной группы с применением комбинации полифита-П и реамберина, отмечалась четкая тенденция к улучшению энергетического метаболизма, а именно показателей адениловой системы, прежде всего, роста уровня АТФ в крови на фоне уменьшения содержания АМФ. и АДФ, в результате чего значения интегрального коэффициента ЭЗЭ повышались, что указывало на восстановление энергообеспеченности клеток (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели активности адениловой системы у больных ХДПП на фоне ХПИ после завершения лечения (M±m)**

Показатели	Норма	Обследованные больные		P
		основная группа (n=68)	группа сопоставления (n=66)	
АТФ (ммоль/л)	$650 \pm 7$	$641 \pm 8,2$	$549 \pm 7,5^{**}$	$< 0,01$
АДФ (ммоль/л)	$232 \pm 5$	$247 \pm 5,4$	$265 \pm 6,8^*$	$< 0,05$
АМФ (мкмоль/л)	$53 \pm 3$	$59 \pm 3,5$	$87 \pm 4,7^{**}$	$< 0,01$
ЭЗЭ	$2,28 \pm 0,05$	$2,1 \pm 0,06$	$1,56 \pm 0,06^{**}$	$< 0,01$

Из таблицы 3 видно, что в группе сопоставления также отмечалась положительная динамика относительно показателей адениловой системы, однако существенно менее выраженная, поэтому после завершения лечения данные показатели достоверно отличались как от нормы, так и от аналогичных показателей в основной

группе.

Установлена также положительная динамика со стороны активности ЛДГ и ее изоферментного спектра у больных основной группы, получавших в комплексе лечения полифит-П и реамберин. У этих пациентов отмечалась практически полная нормализация изученных показателей (табл. 4).

Таблица 4

**Активность ЛДГ и ее изоферментный состав у больных ХДПП на фоне ХПИ после завершения лечения (M±m)**

Показатели	Норма	Обследованные больные		P
		основная группа (n=68)	группа сопоставления (n=66)	
ЛДГ <sub>общ.</sub> мкмоль/л·сек	$2,02 \pm 0,05$	$2,06 \pm 0,07$	$2,29 \pm 0,08^*$	$< 0,05$
ЛДГ <sub>1+2</sub> , % мкмоль/л·сек	$77,4 \pm 2,8$	$76,6 \pm 2,4$	$66,9 \pm 1,8^*$	$< 0,05$
	$1,56 \pm 0,06$	$1,58 \pm 0,07$	$1,53 \pm 0,04$	$< 0,05$
ЛДГ <sub>3</sub> , % мкмоль/л·сек	$16,5 \pm 1,1$	$16,9 \pm 1,2$	$20,3 \pm 1,3^*$	$< 0,05$
	$0,33 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,03$	$0,46 \pm 0,08^*$	$< 0,05$
ЛДГ <sub>4+5</sub> , % мкмоль/л·сек	$6,1 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,14$	$12,8 \pm 0,3^{***}$	$< 0,001$
	$0,12 \pm 0,002$	$0,13 \pm 0,003$	$0,29 \pm 0,007^{***}$	$< 0,001$

Действительно, повторное биохимическое обследование после проведенного лечения показало, что у подавляющего большинства

больных группы сопоставления (получавших только общепринятое лечение) оставалась повышенной активность общей ЛДГ в среднем в

1,13 раза ( $P < 0,05$ ). Концентрация катодных «печеночных» фракций ЛДГ<sub>4+5</sub> у больных группы сопоставления в относительном плане сохранялась повышенной в 2,1 раза относительно нормы ( $P < 0,001$ ) и в абсолютном подсчете в 2,4 раза относительно показателя нормы ( $P < 0,001$ ), и в 2,23 относительно соответствующего показателя у пациентов основной группы ( $P < 0,001$ ). Следовательно, полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии применяемой комбинации полифита-П и реамберина на состояние показателей энергетического метаболизма.

Что касается концентрации СМ в сыворотке крови, то она снижалась у больных основной группы до верхней границы нормы, в то же время в группе сопоставления этот показатель составлял  $1,26 \pm 0,03$  г/л, что было выше нормы в среднем в 2,42 раза ( $P < 0,01$ ) и показателя основной группы в 2,25 раза ( $P < 0,01$ ), то есть у больных группы сопоставления сохранялись лабораторные признаки «метаболической интоксикации».

#### Выводы

1. У больных ХДПП на фоне ХПИ отмечаются нарушения со стороны энергетического метаболизма, характеризующиеся снижением уровня АТФ в крови, на фоне компенсаторного роста содержания АДФ и АМФ, повышением общей активности ЛДГ и суммы катодных «печеночных» фракций. ЛДГ<sub>4+5</sub>, что свидетельствует о разобщении окислительного фосфорилирования и переключении энергетического метаболизма на менее эффективный путь анаэробного гликолиза. В то же время у обследованных больных отмечалось повышение концентрации СМ в сыворотке крови в среднем в 4,7-4,9 раза относительно нормы, что свидетельствовало о наличии четко выраженного клинико-биохимического синдрома «метаболической интоксикации».

4. Включение комбинации фитосредства полифита-П и детоксицирующего и метаболически активного препарата реамберина в комплекс лечения больных ХДПП на фоне ХПИ положительно влияло на показатели энергетического метаболизма, что характеризовалось нормализацией уровня АТФ в крови, (АДФ и АМФ), повышением показателя ЭЗЭ, нормализацией активности ЛДГ и его изоферментного спектра. Наряду с этим отмечено снижение до верхнего предела нормы концентрации СМ в сыворотке крови, что свидетельствует о ликвидации проявлений «метаболической интоксикации».

6. Исходя из полученных данных, можно считать патогенетически обоснованным, целесообразным и перспективным включение

комбинации полифита-П и реамберина в терапевтический комплекс при лечении и медицинской реабилитации больных ХДПП на фоне ХПИ и рекомендовать эти препараты к использованию в клинической практике.

#### Литература

1. Ройтберг Г.Е. Внутренние болезни. Печень, желчевыводящие пути, поджелудочная железа : учебное пособие / Г.Е. Ройтберг, А.В. Струтынский. – М. : МЕДпресс-информ, 2016. – 623 с.
2. Филиппова А.Ю. Болезни гепатобилиарной системы: фокус на рациональную гепатотропную терапию / А.Ю. Филиппова // Гастроэнтерология. – 2019. – Т. 53, № 3. – С. 188-195.
3. Неверов В.А. Герпесвирусные инфекции, вызываемые лимфотропными вирусами. Часть IV / В.А. Неверов, Т.П. Демиденко, В.В. Васильев // Российский семейный врач. – 2018. - №22(2). – С. 5–13.
4. Белоглазов В.А. Метаболическая эндотоксинемия: возможные причины и последствия / В.А. Белоглазов, И.А. Яцков, Е.Д. Кумельский // Ожирение и метаболизм. – 2021. – Т18, № 3. – С. 320-326.
5. Громашевская Л.Л. Метаболическая интоксикация в патогенезе и диагностике патологических процессов / Л.Л. Громашевская // Лабораторная диагностика. – 2006. – №1 (35). – С. 3 – 13.
6. Николайчик В.В. Способ определения «средних молекул» / В.В. Николайчик, В.М. Моин, В.В. Кирковский // Лабораторное дело. – 1991. – №10. – С. 13-18.
7. Захарова Н.Б. Тонкослойная хроматография адениловых нуклеотидов эритроцитов на пластинках Силуфол / Н.Б. Захарова, В.И. Рубин // Лабораторное дело. - 1980. - № 12. - С. 735-738.
8. Гааль З. Медьши Г., Верецкеи Л. Электрофорез в разделении биологических макромолекул: Пер. с англ. // З. Гааль, Г. Медьши, Л. Верецкеи. – М.: Мир, 1982. – 448 с.
9. Герман Н.Г. Электрофоретическое разделение изоферментов лактатдегидрогеназы в геле агарозы // Н.Г. Герман, В.С. Гудумак, Н.И. Мадан // Лабораторное дело. – 1982. - № 9. – С. 33 – 35.
10. Рубин В.И. Обмен адениловых нуклеотидов и методы его исследования: Методическое пособие для врачей-лаборантов. / В.И. Рубин, Н.Б. Захарова, Н.И. Целик. – 2-е изд. – Саратов, 1992. – 32 с.
11. Лапач С.Н. Основные принципы применения статистических методов в клинических испытаниях : учебник / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. – Киев : МОРИОН, 2002. – 160 с.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UDC 004.93

*E. G. Barshchevsky, professor  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
St. Petersburg, Russian Federation*

### IMAGE CLASSIFICATION USING ARTIFICIAL CONVOLUTIONAL NETWORKS

*Барщевский Е.Г.,  
профессор*

*ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

УДК 004.93

### КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ СВЕРТОЧНЫХ СЕТЕЙ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.396](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.396)

**Summary.** Image classification using artificial convolutional networks is a current problem. The article discusses a general approach to the problem of image classification. The structure is shown and the principle of operation of convolutional networks is shown using a specific example.

**Аннотация.** Классификация изображений с использованием искусственных сверточных сетей является актуальной проблемой. В статье рассматривается общий подход к задаче классификации изображений. Показана структура и показан принцип работы сверточных сетей на конкретном примере.

**Keyword.** *Artificial convolutional networks, image classification, convolution layer, pooling layer, convolution kernel.*

**Ключевые слова.** *Искусственные сверточные сети, классификация изображений, слой свертки, слой пулинга, ядро свертки.*

#### Введение (Introduction)

Термин «обработка изображений» относится к широкому классу задач, входными данными для которых являются изображения, а выходными могут быть как изображения, так и наборы связанных с ними характерных признаков. Существует множество вариантов работы с изображениями: классификация, сегментация, аннотирование, обнаружение объектов и т. п. В данной статье мы исследуем классификацию изображений не только потому, что это одна из самых востребованных задач, но и потому, что она лежит в основе многих других задач.

Классификация изображений помогает классифицировать большие объемы изображений, является подходящим решением для определения того чем является образ. Классификация изображений помогает снизить потребность во вмешательстве человека в различных областях человеческой деятельности. Так в области сельского хозяйства решения для классификации изображений помогают выявить болезни растений и растения, которым требуется вода. В области здравоохранения классификация изображений помогает обнаружить трещины кости, различные виды рака и аномалии в тканях. В области электроники, где для просмотра и проверки электронных плат в настоящее время используют операторов, классификация изображений позволяет автоматизировать поиск сбоев в

производстве электронных плат и, тем самым, повысить производительность труда и сэкономить значительные средства. Средства разработки нейронных сетей с глубоким обучением используются для решения сложных задач обработки информации при больших потоках данных.

#### Методы и материалы (Methods and Materials)

Если определить общий подход к задаче классификации изображений, то можно представить его состоящим из следующих двух шагов:

1. Генерация значимых признаков изображения.
2. Классификация изображения на основе его признаков.

Для решения подобных задач хорошо себя зарекомендовала сверточная нейронная сеть (CNN) [1], которая показывает хорошую производительность в наборах данных изображений. Сверточные нейронные сети являются одной из форм многослойных нейронных сетей. На рис.1 приведена схема типичной CNN [2]. Первая часть сети состоит из слоев свертки и максимального пула, которые выступают в качестве экстрактора признаков. Вторая часть состоит из полносвязного слоя, который выполняет нелинейные преобразования извлеченных признаков и действует как классификатор.

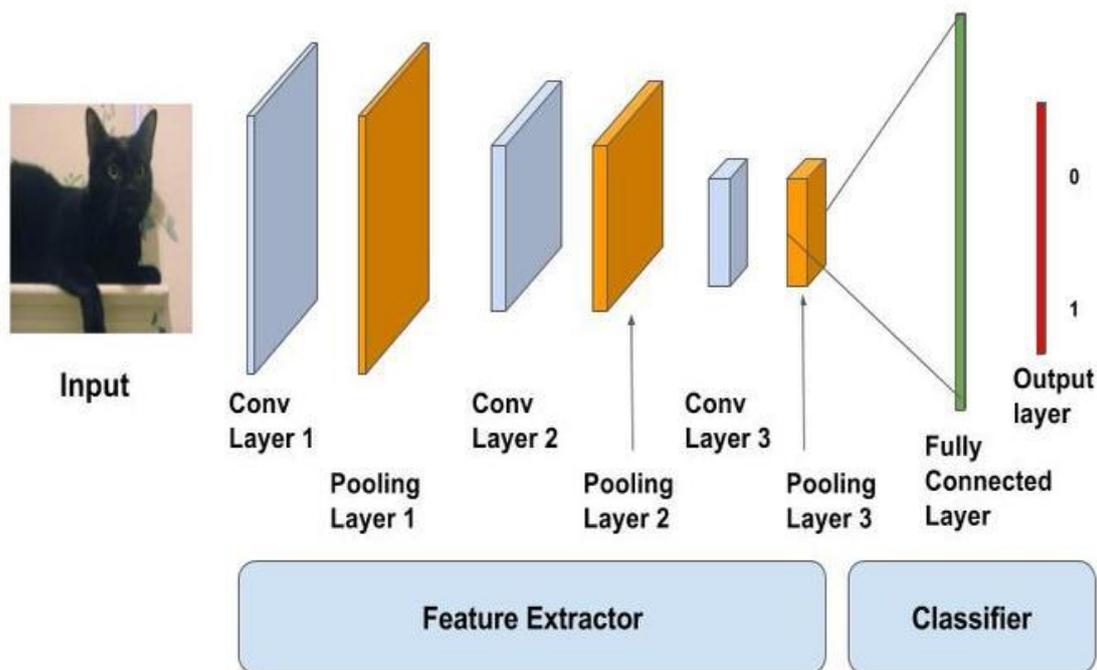


Рис. 1 Диаграмма типичной сверточной нейронной сети (CNN)

На приведенной выше диаграмме входные данные подаются в сеть, состоящую из последовательных слоев Conv, Pooling, где слой Conv является слоем свертки, слой Pooling является слоем пулинга. Выходные данные могут быть слоем softmax, указывающим, показана ли на изображении кошка или что-то другое. Также, в качестве выходных данных может быть использован сигмоидный слой, на выходе которого будет показана вероятность того, что изображение будет кошкой. Рассмотрим слои более подробно.

Сверточный слой можно рассматривать как глаза сверточной нейронной сети [3], [4]. Нейроны в этом слое ищут определенные особенности. Свертку можно рассматривать как взвешенную

сумму между двумя сигналами или функциями. Пример операции свертки на матрице размером  $5 \times 5$  с ядром размером  $3 \times 3$  показан ниже. Ядро свертки скользит по всей матрице для получения карты активации.

Предположим, что входное изображение имеет размер  $32 \times 32 \times 3$ , т.е. это трехмерный массив глубины 3. Любой фильтр свертки, который мы определяем на этом слое, должен иметь глубину, равную глубине ввода. Поэтому мы можем выбрать фильтры свертки глубины 3 (например,  $3 \times 3 \times 3$  или  $5 \times 5 \times 3$  или  $7 \times 7 \times 3$  и т. Д.). Выберем фильтр свертки размера  $3 \times 3 \times 3$ , т. е. сверточное ядро будет кубом вместо квадрата.

7	2	3	3	8
4	5	3	8	4
3	3	2	8	4
2	8	7	2	7
5	4	4	5	4

 $\star$ 

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

 $=$ 

6		

$7 \times 1 + 4 \times 1 + 3 \times 1 +$   
 $2 \times 0 + 5 \times 0 + 3 \times 0 +$   
 $3 \times -1 + 3 \times -1 + 2 \times -1$   
 $= 6$

Рис. 2 Пример операции свертки на матрице размером  $5 \times 5$  с ядром  $3 \times 3$

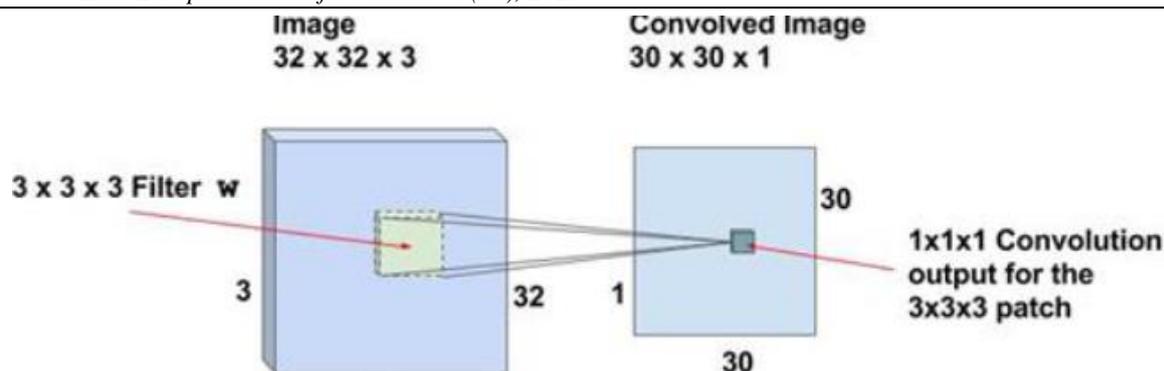


Рис. 3 Пример операции свертки с трехмерным массивом  $32 \times 32 \times 3$  и фильтром  $3 \times 3 \times 3$

Если мы сможем выполнить операцию свертки, сдвинув фильтр  $3 \times 3 \times 3$  на все изображение размером  $32 \times 32 \times 3$ , то мы получим изображение с разрешением  $30 \times 30 \times 1$ . Это связано с тем, что операция свертки невозможна для полосы шириной 2 пикселя вокруг изображения. Фильтр всегда находится внутри изображения и поэтому 1 пиксель удаляется от левой, правой, верхней и нижней части изображения. Для входного изображения  $32 \times 32 \times 3$  и размера фильтра  $3 \times 3 \times 3$  у нас есть  $30 \times 30 \times 1$  местоположения, и для каждого местоположения существует нейрон. Тогда выходы  $30 \times 30 \times 1$  или активации всех нейронов называются картами активации. Карта активации одного уровня служит входом для следующего слоя. В нашем примере есть  $30 \times 30 = 900$  нейронов, потому что есть много мест, где может применяться фильтр  $3 \times 3 \times 3$ . В отличие от традиционных нейронных сетей, где веса и смещения нейронов независимы

друг от друга, в случае сверточных нейронных сетей, нейроны, соответствующие одному фильтру в слое, имеют одинаковые веса и смещения. В приведенном выше случае мы сдвигаем окно на 1 пиксель за раз. Мы также можем сдвинуть окно более чем на 1 пиксель. Это число называется шагом.

Как правило используют более одного фильтра в одном слое свертки. Если мы используем 32 фильтра, у нас будет карта активации размером  $30 \times 30 \times 32$ .

Необходимо отметить, что все нейроны, связанные с одним и тем же фильтром, имеют одинаковые веса и смещения. Таким образом, количество весов при использовании 32 фильтров - это  $3 \times 3 \times 3 \times 32 = 288$ , а число смещений - 32.

На Рис. 4 показаны 32 карты активации, полученные от применения сверточных ядер.

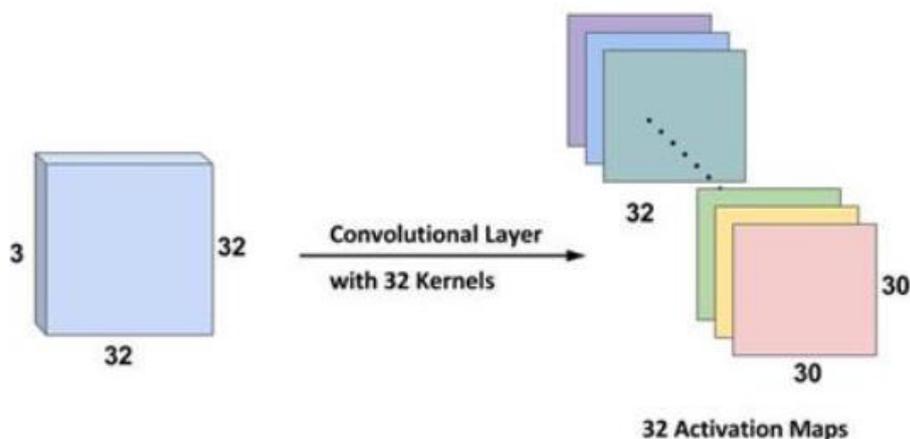


Рис. 4 Карты активации, полученные от применения сверточных ядер

Как можно видеть, после каждой свертки результат уменьшается по размеру (так как в этом случае мы переходим от  $32 \times 32$  до  $30 \times 30$ ). Для удобства стандартная практика заключается в том, чтобы накладывать нули на границу входного слоя таким образом, чтобы выход был такого же

размера, как и входной. Итак, в этом примере, если мы добавим дополнение размером 1 по обе стороны от входного слоя, размер выходного уровня будет  $32 \times 32 \times 32$ , что упростит реализацию. Рассмотрим, как сверточные нейронные сети анализируют изображения [2], [5], [6].

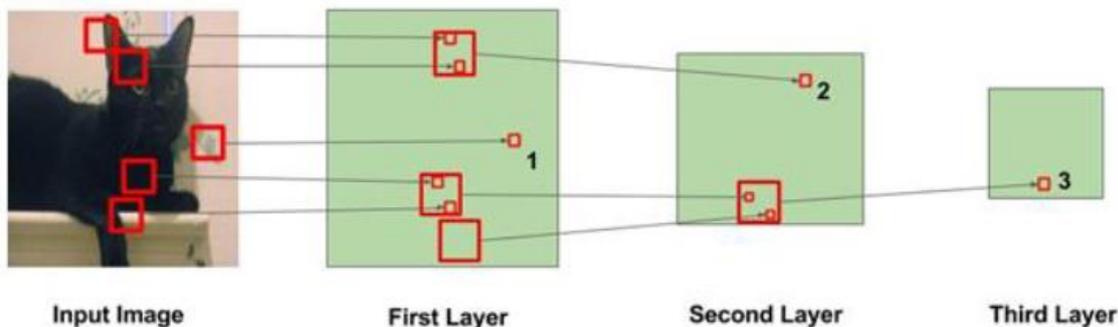


Рис.5 Слои с указанием областей, в которых выполняются операции свертки и выхода

На приведенном выше рисунке рис.5 большие квадраты указывают область, в которой выполняется операция свертки, а малые квадраты указывают выход операции, которая является просто числом. Следует сделать следующие замечания:

- В первом слое квадрат, обозначенный 1, получается из области изображения, на которой окрашены листья.
- Во втором слое квадрат с меткой 2 получается из большого квадрата в первом слое. Числа в этом квадрате получены из нескольких областей из входного изображения. В частности, вся площадь вокруг левого уха кошки отвечает за значение на квадрате, отмеченном 2.
- Аналогично, в третьем слое этот каскадный эффект приводит к тому, что квадрат, обозначенный 3, получается из большой области вокруг области ноги.

Из сказанного выше можно сказать, что начальные слои анализируют более мелкие области изображения и, следовательно, могут

обнаруживать только простые признаки, такие как края / углы и т. д. По мере того как мы идем глубже в сеть, нейроны получают информацию из более крупных частей изображения и от различных других нейронов. Таким образом, нейроны на более поздних слоях могут изучить более сложные функции, такие как глаза, ноги и т.д.

Слой пулинга в основном используется сразу после сверточного слоя для уменьшения пространственного размера (только по ширине и высоте, а не по глубине). Это уменьшает количество параметров, поэтому вычисление уменьшается. Использование меньшего количества параметров позволяет избежать переобучения. Переобучение - это условие, когда обученная модель отлично работает с данными обучения, но не очень хорошо работает в тестовых данных.

Наиболее распространенной формой пулинга является максимальный пулинг, в котором мы берем фильтр размера  $2 \times 2$  и применяем максимальную операцию  $\max$  с определенной частью изображения.

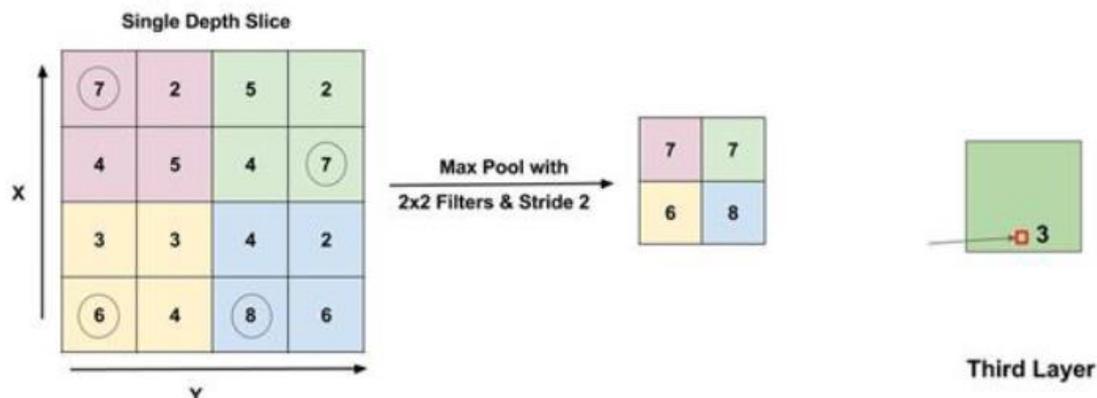


Рис. 6 Пример использования максимального пулинга с размером фильтра  $2 \times 2$  и шагом 2

На рис. 6 показан максимальный пул с размером фильтра  $2 \times 2$  и шагом 2. Выход представляет собой максимальное значение в области  $2 \times 2$ , показанной с использованием окруженных цифр. Наиболее распространенная операция пулинга выполняется с фильтром размером  $2 \times 2$  с шагом 2. Это существенно уменьшает размер ввода на половину.

#### Выводы (Summary)

1. Искусственная сверточная нейронная сеть отображает хорошую производительность в наборах данных изображений.

2. Увеличение количества слоев CNN увеличивает сложность модели, но при этом позволяет определить большее количество частей изображения.

**Список литературы**

1. Сикорский, О.С. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений / О. С. Сикорский // Новые информационные технологии в автоматизированных системах – Москва, 2017.- №20 – с.37-42.
2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ainews.ru/2018/11/alexnet\\_svertochnaya\\_n\\_ejroset\\_dlya\\_klassifikacii\\_izobrazhenij.html](http://ainews.ru/2018/11/alexnet_svertochnaya_n_ejroset_dlya_klassifikacii_izobrazhenij.html) – Дата доступа 24.05.2019.
3. Ширяев, В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика / В.И. Ширяев. - М.: КД Либроком, 2016. - 232 с.
4. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. - М.: РиС., 2013, -384.
5. Редько, В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В.Г. Редько. - М.: Ленанд, 2015. - 224 с.
6. Галушкин, А.И. Нейронные сети: основы теории. / А.И. Галушкин. - М.: РиС, 2014. - 496 с.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ AUTHOR INFORMATION**

Барщевский Евгений Георгиевич-  
Barshchevsky Eugene G.-  
кандидат технических наук, профессор  
candidate of technical Sciences, Professor  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала ФГБОУ  
VO "GUMRF named after Admiral  
С. О. Макарова Makarov  
198035, Российская Федерация, Санкт- 198035,  
Russian Federation,  
Петербург, ул. Двинская, 5/7 St. Petersburg,  
Dvinskaya str., 5/7

**Здитовец Александр Леонтьевич**

*Capital.com, Польша*

*Software Engineer*

*Полоцк, Витебская область, Беларусь*

**РОЛЬ JAVA-РАЗРАБОТЧИКА В БЕКЕНД-РАЗРАБОТКЕ.**

**Zdzitavets Aliaksandr Leontevich**

*Capital.com, Poland*

*Software Engineer*

*bachelor's degree*

*Polotsk, Belarus*

**THE ROLE OF A JAVA DEVELOPER IN BACK-END DEVELOPMENT.**

**Аннотация.** Современная бекенд-разработка является сложной и многогранной областью, где ключевую роль играет Java-разработчик. В этой статье мы подробно рассмотрим, что делает Java-разработчика незаменимым в команде, начиная от понимания ядра Java и заканчивая взаимодействием с различными базами данных, инструментами и фреймворками.

Основные обязанности Java-разработчика включают в себя не только написание кода, но и проектирование архитектуры, оптимизацию производительности, обеспечение безопасности данных и интеграцию с другими системами и сервисами. Эффективное использование инструментов, таких как Git и Maven/Gradle, позволяет Java-разработчику гарантировать стабильность и надежность разработки.

Системы управления базами данных, такие как JDBC и JPA, являются основой для хранения и обработки данных в большинстве приложений. Взаимодействие с базами данных, понимание принципов работы ORM и выбор подходящего фреймворка становятся краеугольным камнем успешного проекта.

Java-разработчик также играет ключевую роль в командной работе. Понимание методологий Agile и Scrum, а также умение эффективно взаимодействовать с другими членами команды, делает процесс разработки гибким и результативным.

В заключение, Java-разработчик — это не просто специалист, пишущий код. Это инженер, строитель и архитектор, создающий надежные, масштабируемые и безопасные бекенд-системы. Цель этой статьи — подчеркнуть многогранную роль Java-разработчика в современной бекенд-разработке и дать представление о его ключевых компетенциях и обязанностях.

**Abstract.** Modern backend development is a complex and multifaceted field where the Java developer plays a pivotal role. In this article, we delve deep into what makes a Java developer indispensable in a team, starting from an understanding of the Java core to interactions with various databases, tools, and frameworks.

Primary responsibilities of a Java developer not only encompass code writing but also include architectural design, performance optimization, data security assurance, and integration with other systems and services. Effective use of tools like Git and Maven/Gradle enables the Java developer to ensure the stability and reliability of the development process. Database management systems, such as JDBC and JPA, form the backbone for data storage and processing in most applications.

Interacting with databases, understanding the principles of ORM operation, and choosing an appropriate framework become cornerstones of a successful project.

Java developers also play a crucial role in team collaboration. Grasping Agile and Scrum methodologies, as well as effectively interacting with other team members, makes the development process agile and productive.

In conclusion, a Java developer is not just a specialist who writes code. They are an engineer, builder, and architect crafting reliable, scalable, and secure backend systems. The aim of this article is to highlight the multifaceted role of a Java developer in modern backend development and provide insights into their key competencies and responsibilities.

*Ключевые слова:* Java-разработчик, бекенд-разработка, Java Core, Git, Maven, Gradle, JDBC, JPA, ORM, базы данных, интеграция, безопасность, производительность, фреймворки, командная работа, Agile, Scrum, архитектура, проектирование.

*Keywords:* Java developer, backend development, Java Core, Git, Maven, Gradle, JDBC, JPA, ORM, databases, integration, security, performance, frameworks, team collaboration, Agile, Scrum, architecture, design.

## Введение

Бекенд-разработка является краеугольным камнем любого современного веб-приложения. Она лежит в основе всего, что пользователи видят и с чем взаимодействуют, и именно этот слой обеспечивает надежное, безопасное и масштабируемое взаимодействие данных. В таком контексте роль Java-разработчика в бекенд-разработке стоит особняком.

Java, благодаря своей многофункциональности, портативности и высокой производительности, стал одним из наиболее популярных языков программирования для серверной разработки. Java-разработчики, специализирующиеся на бекенде, имеют широкий набор инструментов и библиотек, которые обеспечивают создание надежных и эффективных решений.

Java-разработчики, работающие на бекенде, обычно участвуют в проектировании базы данных, разработке API, интеграции различных систем, а также обеспечении безопасности и производительности серверной части приложения. Кроме того, они часто работают в тесном взаимодействии с командой фронтенд-разработчиков, архитекторами и другими специалистами.

В этой статье мы рассмотрим ключевые аспекты роли Java-разработчика в бекенд-разработке, включая их основные обязанности, инструменты, которыми они пользуются, а также вызовы, с которыми они сталкиваются. Наша цель — дать глубокое понимание этой роли и показать, как Java-разработчики формируют основу любого успешного веб-приложения.

### Основные обязанности Java-разработчика на бекенде

Java-разработчик играет ключевую роль в мире бекенд-разработки, особенно при работе с современными веб-приложениями. В этой области они используют широкий спектр инструментов и методологий, описанных в таких источниках, как *Java™ Language Specification* [1].

#### 1. Проектирование и создание серверных приложений

Java-разработчик отвечает за проектирование и создание серверных приложений, которые могут

обслуживать запросы от клиентов, таких как веб-браузеры или мобильные приложения. Эти приложения могут включать в себя бизнес-логику, обработку данных и интеграцию с другими системами.

#### 2. Работа с базами данных

Взаимодействие с базами данных часто стоит в центре бекенд-разработки. Java-разработчики используют различные фреймворки, такие как Hibernate, для взаимодействия с базами данных, обработки запросов, выполнения операций CRUD и обеспечения надежности и безопасности данных.

#### 3. Создание и поддержка API

API (Application Programming Interfaces) позволяют другим приложениям и службам взаимодействовать с вашим приложением. Java-разработчики создают, документируют и поддерживают эти API, обеспечивая их производительность, надежность и безопасность.

#### 4. Обеспечение безопасности

Один из ключевых аспектов бекенд-разработки - обеспечение безопасности данных и приложений. Java-разработчики работают над шифрованием, аутентификацией, авторизацией и другими мерами безопасности.

#### 5. Тестирование и отладка

Тщательное тестирование и отладка обеспечивают надежность и стабильность приложений. Java-разработчики создают юнит-тесты, интеграционные тесты и принимают участие в процессах контроля качества.

#### 6. Непрерывная интеграция и непрерывное развертывание (CI/CD)

Современные процессы разработки требуют быстрой итерации и поставки. Java-разработчики участвуют в создании и поддержке пайплайнов CI/CD, обеспечивая автоматизированное тестирование и развертывание приложений.

Java-разработчики не просто пишут код; они участвуют в каждом этапе жизненного цикла приложения, от проектирования до развертывания и поддержки. Эта многогранная роль требует глубоких знаний и навыков во многих областях, делая Java-разработчиков незаменимыми членами команды по разработке.

#### Java Core: основы и их значение в бекенд-разработке

## 1. Роль Java-разработчика в бекенд-разработке

Java-разработчик, работающий в сфере бекенд-разработки, является специалистом, который создает, дорабатывает и поддерживает серверную часть веб-приложений. Работа этого специалиста обеспечивает стабильность, производительность и безопасность веб-приложений.

## 2. Обязанности Java-разработчика

Java-разработчик, как правило, обладает следующим набором обязанностей:

- Разработка и поддержка серверных приложений.
- Проектирование и оптимизация баз данных.
- Интеграция с различными сервисами и API.
- Работа с серверных технологий, таких как Servlets, JSP и Spring Boot.
- Обеспечение безопасности и конфиденциальности данных.
- Реализация алгоритмов для улучшения производительности.

## 3. Важность Java в бекенд-разработке

Java является одним из самых популярных языков программирования в мире, и это не случайно. Благодаря своей масштабируемости, производительности и надежности, Java стала стандартом для многих крупных веб-приложений и корпоративных систем. Java Core, к которому относятся такие концепции, как коллекции, потоки и исключения, является фундаментом для многих технологий бекенд-разработки. Знание этих концепций позволяет разработчикам эффективно и надежно создавать серверные приложения [2].

## 4. Сотрудничество с другими специалистами

Java-разработчик часто работает в команде с другими разработчиками, а также с специалистами по тестированию, дизайну и управлению проектами. Они также могут взаимодействовать с администраторами баз данных, специалистами по безопасности и другими участниками процесса разработки, чтобы обеспечить создание качественного и функционального продукта.

Ниже приведен пример типичного рабочего процесса Java-разработчика:

В этом примере разработчик начинает с анализа требований к новому модулю, проектирует базу данных и реализует логику на Java. После написания кода он тестирует его и сотрудничает с командой для внедрения изменений в продакшн.

Таким образом, роль Java-разработчика в бекенд-разработке нельзя недооценивать. Они обеспечивают стабильную и надежную работу серверной части веб-приложений, что напрямую влияет на удовлетворенность пользователей и успешность бизнеса.

## Системы управления версиями: Git и Maven/Gradle

Для успешной работы Java-разработчика в бекенд-разработке крайне важны инструменты, которые позволяют эффективно управлять исходным кодом и зависимостями проекта. Среди таких инструментов наиболее популярными являются системы управления версиями, такие как Git, и системы сборки и управления зависимостями, такие как Maven и Gradle.

### 1. Git: управление исходным кодом

Git - это распределенная система контроля версий, которая позволяет разработчикам отслеживать изменения в исходном коде, совместно работать над проектами и управлять историей разработки. Git обеспечивает:

- Возможность создания веток для разработки новых функций
- Возможность создания веток под отдельные ошибки.
- Централизованное хранение кода с возможностью локальной работы.
- Эффективное слияние изменений и разрешение конфликтов [3].

### 2. Maven и Gradle: управление зависимостями и сборка проекта

Maven и Gradle - это инструменты для автоматизации сборки проекта, управления зависимостями и других аспектов жизненного цикла разработки.

#### • Maven

Основан на POM (Project Object Model) и позволяет разработчикам определить зависимости проекта, плагины и жизненный цикл сборки.

#### • Gradle

Использует декларативный язык Groovy и предлагает более гибкий механизм сборки и управления зависимостями.

Оба инструмента предоставляют централизованные репозитории для хранения и поиска библиотек, такие как Maven Central или JCenter.

### 3. Взаимодействие Git, Maven и Gradle

Часто Java-разработчики используют Git в сочетании с Maven или Gradle для управления всем процессом разработки. Например, после завершения разработки новой функции, разработчик может сделать коммит в Git, после чего запустить сборку и тестирование проекта с помощью Maven или Gradle.

Ниже приведен пример процесса разработки с использованием Git и Maven:

Разработчик клонирует репозиторий проекта с помощью Git, добавляет новые зависимости в файл POM.xml и реализует новую функцию. После тестирования и проверки он делает коммит и пуш изменений в удаленный репозиторий.

Таким образом, эффективное использование систем управления версиями и инструментов сборки является ключевым аспектом успешной работы Java-разработчика в бекенд-разработке.

## Фреймворки и библиотеки: от Spring до Micronaut

В современной Java-разработке бекенда фреймворки и библиотеки играют решающую роль в определении структуры, эффективности и безопасности приложений. Они предоставляют готовые решения для общих задач, уменьшая повторяемость кода и ускоряя процесс разработки.

### 1. Spring Framework

Как уже упоминалось ранее, Spring является одним из самых популярных и мощных фреймворков в экосистеме Java. Он предлагает модульное решение для создания различных видов приложений - от веб-сервисов до микросервисов[4].

### 2. Micronaut

Micronaut - это современный фреймворк, оптимизированный для создания микросервисов и безсерверных функций. Одним из его ключевых преимуществ является быстрый старт приложения благодаря тому, что многие аспекты интроспекции и конфигурации выполняются на этапе компиляции. Кроме того, Micronaut предлагает нативную интеграцию с облачными платформами, что делает его идеальным выбором для современных облачных приложений[5].

### 3. Взаимодействие фреймворков

Во многих проектах разработчики используют сочетание различных фреймворков и библиотек в зависимости от конкретных требований. Например, основная логика может быть построена на Spring, в то время как некоторые микросервисы или безсерверные функции реализуются с помощью Micronaut.

В итоге, выбор между различными фреймворками и библиотеками во многом определяется спецификой проекта, требованиями к производительности и личными предпочтениями разработчика. Однако одно остается неизменным: для успешного создания качественных приложений Java-разработчик должен быть хорошо знаком с широким спектром доступных инструментов.

### Базы данных: JDBC и JPA

Хранение, извлечение и обработка данных - ключевые аспекты любого бекенд-приложения. В мире Java для этих целей широко используются технологии, такие как JDBC и JPA.

#### 1. JDBC (Java Database Connectivity)

JDBC представляет собой низкоуровневый стандартный API для взаимодействия с базами данных из Java-приложений. Он позволяет разработчикам выполнять SQL-запросы и обрабатывать результаты. JDBC отличается гибкостью и может работать с большинством реляционных баз данных[6].

#### 2. JPA (Java Persistence API)

JPA - это высокоуровневый способ взаимодействия с базами данных в Java. В отличие от JDBC, JPA позволяет работать с данными в более декларативном стиле, фокусируясь на объектах и их отношениях, вместо написания SQL-запросов. JPA упрощает задачи, такие как маппинг объектов

на таблицы и обработка связей между таблицами[7].

### 3. Выбор между JDBC и JPA

Для определения, какой из инструментов лучше подходит для задачи, Java-разработчикам необходимо учитывать специфику проекта. В то время как JDBC может предложить больше контроля и гибкости, JPA может существенно ускорить процесс разработки благодаря своему объектно-ориентированному подходу.

Для Java-разработчика важно иметь навыки работы как с JDBC, так и с JPA, чтобы быть готовым к любым вызовам, связанным с взаимодействием с базами данных.

### Работа в команде: Agile, Scrum и роль Java-разработчика

В современной разработке программного обеспечения техническая экспертиза и умение писать код — лишь часть успеха. Важность правильного управления проектами, эффективной командной работы и использования гибких методологий становится все более очевидной. Agile и Scrum — ключевые слова, когда речь идет о современных подходах к разработке.

#### 1. Agile (гибкая разработка)

Agile — это подход к разработке, который акцентирует внимание на гибкости, взаимодействии в команде и получении работающего продукта на ранних этапах. В рамках Agile команды поощряются к быстрому ответу на изменения и краткосрочному планированию[8].

#### 2. Scrum

Scrum — это одна из самых популярных рамок гибкой разработки. Основное внимание уделяется регулярным срезам работы, называемым спринтами, в конце которых команда предоставляет работающий продукт. Java-разработчик в команде Scrum может выполнять роль разработчика, а иногда и Scrum-мастера, помогая команде следовать принципам Scrum и улучшать рабочий процесс[9].

#### 3. Роль Java-разработчика

В рамках Agile и Scrum Java-разработчик не просто пишет код. Он активно участвует в планировании, обсуждении задач с заказчиком, проведении ретроспектив и других важных этапах проекта. Его экспертиза в технологиях и бекенд-разработке необходима для принятия правильных решений и оценки сложности задач.

Знание методологий Agile и Scrum — это важный аспект профессионального развития Java-разработчика, позволяющий быть на одной волне с командой и эффективно взаимодействовать на всех этапах проекта.

### Безопасность и производительность: лучшие практики для Java-разработчиков

Безопасность и производительность — два ключевых аспекта, которые Java-разработчик должен учитывать при создании надежных и быстрых бекенд-приложений. Пока многие фокусируются на функциональности, успешные

проекты также требуют особого внимания к этим вопросам.

## 1. Безопасность в Java

### ● Санитаризация входных данных

Одна из основных угроз безопасности — это вредоносные входные данные. Java-разработчики должны уделять особое внимание проверке и очистке данных, которые поступают в систему.

### ● Управление сессиями

Неправильное управление сессиями может привести к утечке данных или возможности для взлома.

### ● Обновление зависимостей

Большинство Java-приложений использует сторонние библиотеки, которые должны регулярно обновляться, чтобы избежать известных уязвимостей[10].

## 2. Производительность в Java

### ● Оптимизация кода

Профилирование кода и определение "узких" мест помогут выявить участки кода, которые можно оптимизировать.

### ● Управление ресурсами

Правильное управление памятью, соединениями с базой данных и другими ресурсами критически важно для производительности приложения.

### ● Параллельное выполнение

В современных многопроцессорных системах Java-разработчики должны знать, как эффективно использовать параллельные потоки для улучшения производительности[11].

В работе Java-разработчика особое внимание должно уделяться безопасности и производительности, т.к. они напрямую влияют на успешность и надежность бекенд-приложений. Ведь одно слабое место или неоптимизированный код может стать причиной сбоев или даже взлома системы.

## Заключение

Java-разработчик находится в центре бурно развивающегося мира бекенд-разработки. Эта роль включает в себя не только написание кода, но и глубокое понимание инфраструктуры, безопасности, а также современных инструментов и технологий.

Взаимодействие с экосистемой: Java-разработчик часто является ключевым элементом, связующим все компоненты бекенд-системы — от баз данных и серверов до API и интеграций со сторонними сервисами.

Технологический выбор: В мире, где появляются новые технологии каждый день, выбор наиболее подходящего инструмента или фреймворка может определить успех или провал проекта. Этот выбор зависит не только от текущих требований, но и от перспектив развития проекта.

Непрерывное обучение: Темпы развития IT отрасли требуют от Java-разработчика быть всегда в курсе последних новостей и изменений. Это помогает не только оставаться

конкурентоспособным, но и принимать обоснованные решения на пути развития проекта.

Стратегический взгляд: Помимо технических аспектов, Java-разработчик также играет роль стратега, планируя будущее приложения, предвидя возможные проблемы и ища оптимальные пути их решения.

В итоге, Java-разработчик — это не только инженер, но и стратег, инноватор и исследователь. В этой динамичной и постоянно меняющейся области именно он стоит на переднем крае, определяя будущее бекенд-разработки.

## Список использованной литературы

1. Bracha, G., Bloch, J., Buckley, A., & Lea, D., Java Language Specification, Addison-Wesley, 2020.
2. Gosling, J., Joy, B., Steele, G., & Bracha, G., The Java Language Specification, Addison-Wesley, 2014.
3. Chacon, S., & Straub, B., Pro Git, Apress, 2014.
4. Walls, C., Spring in Action, Manning Publications, 2016.
5. Klein, I., Micronaut in Action, Manning Publications, 2019.
6. Reese, G., Database Programming with JDBC and Java, O'Reilly Media, 2000.
7. Bauer, C. & King, G., Java Persistence with Hibernate, Manning Publications, 2015.
8. Beck, K. & Andres, C., Extreme Programming Explained: Embrace Change, Addison-Wesley Professional, 2004.
9. Sutherland, J., Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time, Crown Business, 2014.
10. McGraw, G., Secure Coding: Principles and Practices, O'Reilly Media, 2004.
11. Oaks, S., Java Performance: The Definitive Guide, O'Reilly Media, 2014.

## References

1. Bracha, G., Bloch, J., Buckley, A., & Lea, D., Java Language Specification, Addison-Wesley, 2020.
2. Gosling, J., Joy, B., Steele, G., & Bracha, G., The Java Language Specification, Addison-Wesley, 2014.
3. Chacon, S., & Straub, B., Pro Git, Apress, 2014.
4. Walls, C., Spring in Action, Manning Publications, 2016.
5. Klein, I., Micronaut in Action, Manning Publications, 2019.
6. Reese, G., Database Programming with JDBC and Java, O'Reilly Media, 2000.
7. Bauer, C. & King, G., Java Persistence with Hibernate, Manning Publications, 2015.
8. Beck, K. & Andres, C., Extreme Programming Explained: Embrace Change, Addison-Wesley Professional, 2004.
9. Sutherland, J., Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time, Crown Business, 2014.
10. McGraw, G., Secure Coding: Principles and Practices, O'Reilly Media, 2004.

11. Oaks, S., Java Performance: The Definitive Guide, O'Reilly Media, 2014.

**Yauheni Malashuk**

*Expert in web design projects, digital/multimedia and information resources.  
Web/multimedia management expert and webmaster  
The National Anti-Crisis Management  
Poland, Warsaw*

**Малашук Евгений Викторович**

*Эксперт веб дизайн проектов, цифровых/мультимедийных и информационных ресурсов.  
Эксперт управления веб/мультимедиа и веб-мастер  
Народное Антикризисное Управление  
Польша, Варшава*

## ИНСТРУМЕНТЫ ИИ В ВЕБ ДИЗАЙНЕ: ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.397](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.397)

**Аннотация:** Искусственный интеллект (ИИ) находит широкое применение в веб-дизайне, предоставляя возможности для автоматизации и оптимизации различных аспектов создания и управления веб-сайтами. Ключевые области включают в себя персонализацию контента, анализ пользовательского поведения, генерацию контента и улучшение пользовательского опыта. В данной статье рассматриваются методы использования ИИ в этих областях и обсуждается их актуальность для современного веб-дизайна.

**Abstract:** Artificial intelligence (AI) is widely used in web design, providing opportunities for automation and optimization of various aspects of the creation and management of websites. Key areas include content personalization, user behavior analysis, content generation, and user experience improvement. This article discusses the methods of using AI in these areas and discusses their relevance for modern web design.

*Ключевые слова:* ИИ, веб-дизайн, персонализация контента, анализ поведения пользователей, генерация контента, улучшение пользовательского опыта.

*Keywords:* And, web design, content personalization, user behavior analysis, content generation, user experience improvement.

### 1. Введение

С развитием технологий в области искусственного интеллекта (ИИ) наблюдается значительное усовершенствование в различных отраслях, включая веб-дизайн. Веб-дизайн остается критически важной областью, так как пользовательский опыт (UX) и уровень удовлетворенности клиентов тесно связаны с качеством веб-сайта. В этой статье мы рассмотрим, какие инструменты и методы искусственного интеллекта можно применить в веб-дизайне, чтобы улучшить его эффективность и привлекательность.

#### Определение проблемы и актуальность темы

Создание удовлетворительного пользовательского опыта на веб-сайтах остается одной из основных задач веб-дизайнеров. С каждым днем конкуренция в сети становится все жестче, и пользователи имеют все более высокие ожидания от визуального и функционального оформления веб-ресурсов. В этом контексте актуальными становятся следующие проблемы:

1. **Пользовательская адаптация:** Разные пользователи имеют разные предпочтения и потребности. Как создать веб-сайт, который наилучшим образом соответствует ожиданиям каждого посетителя?

2. **Автоматизация процессов:** Создание и поддержка веб-сайта требует многочисленных

задач, таких как обновление контента, тестирование совместимости с разными устройствами и браузерами, анализ пользовательского поведения и т. д. Как можно автоматизировать эти задачи?

3. **Оптимизация для поисковых систем (SEO):** Ранжирование в поисковых системах играет важную роль в успешности веб-сайта. Как можно использовать ИИ для улучшения SEO-показателей?

4. **Анализ и прогнозирование трендов:** Веб-дизайн должен быть современным и соответствовать последним трендам. Как можно использовать ИИ для анализа и прогнозирования будущих трендов в веб-дизайне?

Целью данного исследования является рассмотрение различных областей применения и методов использования искусственного интеллекта в веб-дизайне с целью решения описанных выше проблем. Для достижения этой цели мы поставили перед собой следующие задачи:

1. Проанализировать основные области веб-дизайна, где можно использовать искусственный интеллект для улучшения пользовательского опыта.

2. Рассмотреть инструменты и технологии ИИ, доступные веб-дизайнерам.

3. Исследовать примеры успешного использования ИИ в веб-дизайне и оценить их результаты.

4. Провести анализ выгод и рисков, связанных с применением ИИ в веб-дизайне.

5. Предложить рекомендации для веб-дизайнеров, желающих внедрить ИИ в свою работу.

## **2. Исторический контекст и развитие ИИ в дизайне (ADI) - Текущие методы и инструменты ADI**

Искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью современного мира, влияя на множество отраслей, включая дизайн. В данной статье мы исследуем исторический контекст и развитие ИИ в дизайне, а также рассмотрим текущие методы и инструменты, используемые в автоматизированном дизайне (ADI).

### **Исторический контекст**

Идеи, лежащие в основе ИИ, возникли в конце XIX века, но понятие "Искусственный Интеллект" стало популярным лишь в середине XX века. Первые попытки создания ИИ в дизайне были связаны с созданием компьютерных программ, способных генерировать изображения и элементы дизайна.<sup>1</sup> Однако в то время вычислительная мощность была ограничена, и результаты оставались ограниченными.

### **Развитие ранних методов ADI**

#### **1. Генерация графики**

В 1960-1970 годах появились первые программы, способные генерировать графику и изображения на компьютерах. Однако, качество и сложность создаваемых изображений оставалось невысоким.

#### **2. Системы экспертов**

В 1970-1980 годах были разработаны системы экспертов, которые использовались для принятия решений в различных областях, включая дизайн. Эти системы основывались на базах знаний и правилах, но их способности были ограничены.

#### **3. Генетические алгоритмы**

В 1990-2000 годах стали популярными генетические алгоритмы, которые применялись для оптимизации дизайна. Они использовали эволюционные принципы для создания оптимальных решений, но требовали больших вычислительных ресурсов.

### **Современное развитие**

С развитием компьютерной мощности и методов машинного обучения, ИИ в дизайне пережил существенное развитие в последние десятилетия.

### **Текущие методы и инструменты ADI**

#### **1. Генеративные алгоритмы**

Генеративные алгоритмы, такие как генеративные состязательные сети (GAN), стали важным инструментом в автоматизированном дизайне. Они позволяют создавать уникальные и креативные элементы дизайна, такие как изображения, музыка и текст.<sup>2</sup>

**Пример:** GAN могут использоваться для генерации иллюстраций или даже создания новых стилей искусства.

#### **2. Машинное обучение**

Машинное обучение используется для анализа данных о пользовательском поведении и предсказания предпочтений. Это позволяет создавать персонализированный контент и улучшать пользовательский опыт.

**Пример:** Рекомендательные системы, которые предлагают пользователям товары и услуги на основе их предыдущих действий.

#### **3. Автоматизация дизайн-систем**

ADI может использоваться для автоматизации создания дизайн-систем, включая цветовые схемы, шрифты и элементы интерфейса. Это позволяет сократить время, затрачиваемое на разработку дизайна.<sup>3</sup>

**Пример:** Системы, которые могут создавать единообразные дизайн-элементы для большого количества страниц или приложений.

#### **4. Анализ данных и визуализация**

Искусственный интеллект используется для анализа больших объемов данных и создания информативных визуализаций. Это помогает дизайнерам принимать более обоснованные решения.

**Пример:** Инструменты, которые анализируют данные о посетителях веб-сайта и предоставляют визуализированные отчеты о поведении пользователей.

#### **5. Дизайнерские помощники**

Системы, основанные на искусственном интеллекте, могут служить помощниками дизайнерам, предоставляя советы, анализ и рекомендации на этапах проектирования.<sup>4</sup>

**Пример:** Инструменты, которые оценивают веб-сайт или приложение с точки зрения удобства использования и предоставляют рекомендации по улучшению.

#### **6. Виртуальные дизайнеры**

С развитием чатботов и виртуальных ассистентов, появились виртуальные дизайнеры, которые способны общаться с клиентами и предоставлять дизайн-услуги.

<sup>1</sup> Иванов, П.А. "Применение искусственного интеллекта в веб-дизайне". В: "Дизайн и технологии", с. 45-60, 2022 г.

<sup>2</sup> Brown, L. "AI-Powered Content Generation for Web Design". In: "Web Development Trends", Issue 4, pp. 28-36, 2020.

<sup>3</sup> Григорьева, О.С. "Персонализация веб-дизайна с использованием искусственного интеллекта". В:

"Журнал маркетинга и дизайна", №5, с. 35-48, 2021 г.

<sup>4</sup> Петрова, А.И. "Автоматизированное создание макетов с использованием искусственного интеллекта". В: "Журнал веб-дизайна", №3, с. 12-24, 2020 г.

**Пример:** Виртуальный ассистент, способный создавать логотипы и брендинг на основе запросов клиента.

### **Вызовы и перспективы ADI**

#### **Вызовы:**

- **Креативность и интуиция:** Несмотря на успехи ИИ в генерации контента, он все еще не способен полностью заменить человеческую креативность и интуицию в дизайне.

- **Этика и безопасность:** Важно обеспечить этическое и безопасное использование ИИ в дизайне, чтобы избежать нежелательных последствий и злоупотреблений.

- **Интеграция с дизайнерами:** Сотрудничество между дизайнерами и ИИ-системами требует определения роли каждого участника и управления процессом.

#### **Перспективы:**

- **Повышение производительности:** ADI может значительно сократить время, затрачиваемое на выполнение рутинных задач, позволяя дизайнерам сосредотачиваться на более творческих аспектах.

- **Улучшение пользовательского опыта:** Персонализированный контент и дизайн могут сделать взаимодействие с веб-сайтами и приложениями более приятным и удовлетворительным для пользователей.

- **Большая доступность к дизайну:** ADI может сделать дизайн-услуги доступными для более широкой аудитории, включая малые бизнесы и непрофессиональных дизайнеров.

Искусственный интеллект в дизайне (ADI) представляет собой уникальную смесь технологий и креативности, которая меняет способы, которыми мы подходим к дизайну. С развитием генеративных алгоритмов, машинного обучения и автоматизации дизайн-систем, ADI становится мощным инструментом для дизайнеров и бизнесов. Однако вызовы, связанные с креативностью, этикой и безопасностью, продолжают существовать, и важно находить баланс между технологическими возможностями и человеческой экспертизой в дизайне. Перспективы ADI включают улучшение производительности, повышение пользовательского опыта и расширение доступности к дизайн-услугам.

### **3. Методология**

В этом разделе мы подробно опишем методологию исследования, включая методы исследования, критерии оценки и выбор инструментов для анализа и сбора данных.<sup>5</sup> Методология играет ключевую роль в обеспечении точности и надежности исследования, а также в формировании результатов.

#### **Описание методов исследования**

##### **1. Литературный обзор**

Первым этапом исследования будет проведение обширного литературного обзора, чтобы понять текущее состояние искусственного интеллекта в дизайне (ADI). Этот обзор включает анализ академических статей, книг, отчетов и онлайн-ресурсов, связанных с ADI.

##### **2. Анализ примеров использования**

Для понимания конкретных применений ADI в дизайне мы проведем анализ реальных примеров. Это включает в себя изучение проектов, где ИИ успешно применяется в дизайне, и анализ результатов их использования.

##### **3. Сбор и анализ данных**

Для получения первичных данных о применении ADI в дизайне мы проведем опросы, интервью и анкетирование профессиональных дизайнеров и специалистов в области искусственного интеллекта. Эти данные будут анализироваться с использованием статистических методов и качественного анализа.

##### **4. Сравнительный анализ инструментов ADI**

Мы также проведем сравнительный анализ инструментов, используемых в ADI. Это включает в себя оценку их функциональности, производительности и доступности, чтобы понять, какие инструменты наиболее подходят для различных задач в дизайне.

##### **Критерии Оценки**

Для оценки эффективности исследования и выбора инструментов мы установим следующие критерии:

##### **1. Релевантность исследования**

Мы будем оценивать, насколько исследование отвечает поставленным целям и задачам и насколько оно актуально для современной практики веб-дизайна.

##### **2. Надежность данных**

Критерий надежности данных будет определять, насколько данные, полученные в ходе исследования, являются достоверными и соответствуют стандартам и методам сбора данных.

##### **3. Качество анализа**

Оценка качества анализа данных будет включать в себя оценку использованных статистических методов и адекватность выводов исследования.

##### **4. Практическая применимость**

Мы будем анализировать, какие практические рекомендации и решения может предоставить исследование для веб-дизайнеров и профессионалов в области ИИ.

##### **5. Объективность**

Объективность исследования будем оценивать по наличию четких критериев оценки и отсутствию предвзятости при анализе данных.

##### **Выбор Инструментов**

<sup>5</sup> Smith, J. "Artificial Intelligence in Web Design: Opportunities and Challenges". In: "International Journal of Web Design", Vol. 7, pp. 56-71, 2023.

Для сбора, анализа и визуализации данных мы будем использовать современные инструменты и программное обеспечение, такие как:

- **Статистический анализ:** для статистического анализа данных мы можем использовать инструменты, такие как Python с библиотеками NumPy и pandas.

- **Опросы и анкетирование:** для проведения опросов и сбора данных от участников исследования будем использовать онлайн-платформы, такие как Google Forms или SurveyMonkey.

- **Интервью:** для проведения интервью с экспертами в области дизайна и ИИ будем использовать видеоконференц-платформы, такие как Zoom или Skype.

- **Анализ литературы:** для литературного обзора будем использовать академические базы данных и библиотеки, такие как Google Scholar и университетские библиотеки.

- **Визуализация данных:** для визуализации данных будем использовать инструменты, такие как Tableau или Python с библиотекой Matplotlib.

Выбор конкретных инструментов будет зависеть от характера и целей каждого этапа исследования.

Методология исследования играет критическую роль в обеспечении качества и надежности исследования по искусственному интеллекту в дизайне (ADI).<sup>6</sup> Четко определенные методы и критерии оценки позволят нам получить объективные и полезные результаты, которые будут важными для развития этой важной области дизайна. Выбор подходящих инструментов также будет обеспечивать эффективность исследования и анализа данных.

#### 4. Области применения ИИ в веб-дизайне.

Веб-дизайн стал одной из областей, где искусственный интеллект (ИИ) оказывает значительное влияние. Ниже представлена таблица с областями применения ИИ в веб-дизайне, а также примерами и кейсами, иллюстрирующими эти области:

Таблица 1.

**Области применения ИИ в веб-дизайне и примеры.**

Область применения	Примеры и кейсы
Автоматизированное создание макетов	
Генерация дизайн-систем	Adobe Sensei: Adobe Sensei использует ИИ для автоматической генерации дизайн-систем, включая цветовые схемы и шрифты.
Создание интерфейсов	Figma Auto Layout: Figma предоставляет функциональность Auto Layout, которая позволяет автоматически располагать элементы интерфейса на основе контента.
Анализ пользовательского опыта	
Поведенческий анализ	Google Analytics: ИИ в Google Analytics анализирует поведение пользователей на веб-сайтах для выявления тенденций и проблем.
А/В тестирование	Optimizely: Optimizely использует машинное обучение для оптимизации А/В тестов и предсказания лучших вариантов.
Контент-генерация	
Генерация текстового контента	GPT-3: GPT-3 способен генерировать тексты на разные темы, что может быть использовано для создания контента.
Генерация изображений	Deep Dream Generator: Этот инструмент использует генеративные алгоритмы для создания уникальных изображений.
Персонализация контента	
Рекомендательные системы	Netflix: Система рекомендаций Netflix использует ИИ для предложения фильмов и сериалов на основе предпочтений пользователя.
Динамическая адаптация	Amazon: Amazon персонализирует веб-сайт для каждого пользователя, показывая релевантные продукты и рекомендации.

Эти примеры и кейсы иллюстрируют разнообразные области применения ИИ в веб-дизайне. От автоматизированного создания дизайн-систем до анализа поведения пользователей и генерации контента, ИИ становится мощным

инструментом, который помогает дизайнерам и владельцам веб-сайтов улучшать пользовательский опыт и эффективность своих проектов.

<sup>6</sup> Сидоров, В.М. "ИИ и генерация контента: новые подходы в веб-дизайне". В: "Интернет-технологии и дизайн", с. 78-92, 2019 г.

## 5. Практическое применение - Роль ИИ в социальных проектах: экономия бюджета и ресурсов

Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в оптимизации социальных проектов, способствуя экономии бюджета и ресурсов. В данной статье мы рассмотрим кейс-стадии, в котором ИИ заменяет множество специалистов одним дизайнером, а также представим схему применения ИИ в маркетинге, иллюстрациях, сайтах и социальных медиа.

**Кейс-стадии: замена множества специалистов одним дизайнером**

### Проблема:

В большинстве социальных проектов требуется создание и поддержание дизайна для различных медиа-каналов, включая веб-сайты, социальные медиа, печатные материалы и многое другое. Это требует наличия команды дизайнеров с различными навыками и специализациями, что может быть дорого и сложно управлять.<sup>7</sup>

### Решение:

Искусственный интеллект, особенно генеративные алгоритмы, может заменить множество специалистов одним дизайнером, который способен создавать разнообразные элементы дизайна автоматически.

### Кейс-стадии:

**Создание графических элементов для социальных проектов**

1. *Создание Иллюстраций:* ИИ может генерировать уникальные иллюстрации для статей, презентаций и социальных медиа.

2. *Дизайн Социальных Медиа-Постов:* Алгоритмы ИИ могут автоматически создавать дизайн для постов в социальных сетях, включая цитаты, изображения и информационные графики.

3. *Автоматизированные Баннеры:* Для онлайн-рекламы и маркетинговых кампаний ИИ может создавать баннеры и рекламные материалы.

4. *Дизайн Веб-Сайта:* ИИ может автоматически создавать макеты веб-сайтов, включая выбор цветовой палитры, шрифтов и расположение элементов.

### Польза:

- Экономия бюджета, так как не требуется оплата множества дизайнеров.
- Быстрая генерация дизайна для разных целей и медиа-платформ.
- Возможность управлять дизайном проекта с минимальными затратами.

**Схема применения ИИ в маркетинге, иллюстрациях, сайтах и социальных медиа**

### 1. Маркетинг

- **Персонализированный маркетинг:** ИИ анализирует данные о пользователях и создает персонализированные рекламные кампании и предложения.

- **Анализ трендов:** ИИ может мониторить социальные медиа и новостные источники для выявления текущих трендов и актуальных тем.

### 2. Иллюстрации

- **Генерация иллюстраций:** Генеративные алгоритмы создают уникальные иллюстрации для статей, книг и медиа-контента.

- **Автоматическое редактирование:** ИИ может автоматически улучшать качество и стиль изображений.

### 3. веб-сайты

- **Создание макетов:** ИИ может автоматически создавать макеты веб-сайтов на основе предоставленных данных.

- **Адаптация для мобильных устройств:** Алгоритмы ИИ обеспечивают автоматическую адаптацию дизайна для разных устройств и экранов.

### 4. Социальные медиа маркетинг (СММ)

- **Генерация контента:** ИИ создает контент для постов в социальных сетях, включая текст, изображения и видео.

- **Анализ вовлеченности:** ИИ анализирует взаимодействие пользователей с постами и предоставляет рекомендации для увеличения вовлеченности.

Эти схемы и примеры иллюстрируют, как ИИ может быть интегрирован в разные аспекты социальных проектов, снижая затраты и улучшая эффективность в маркетинге, дизайне и управлении веб-сайтами и социальными медиа.

### 6. Недостатки и перспективы. Возможные направления для будущего развития.

Искусственный интеллект (ИИ) в веб-дизайне обладает огромным потенциалом, но также имеет свои недостатки и вызовы. Давайте рассмотрим некоторые из них, а также возможные направления для будущего развития.

#### Недостатки ИИ в веб-дизайне

##### 1. Ограниченная креативность

Наибольшим недостатком ИИ в веб-дизайне является его ограниченная способность к креативному мышлению. Искусственные алгоритмы могут создавать дизайн на основе шаблонов и данных, но они не способны воплощать оригинальные идеи и концепции, что человеческие дизайнеры могут делать.

##### 2. Этические вопросы

Использование ИИ в дизайне также вызывает этические вопросы, особенно в случаях, когда ИИ решает, какой контент показывать пользователям. Это может привести к алгоритмической фильтрации и ограничению разнообразия информации.

##### 3. Зависимость от данных

ИИ в веб-дизайне часто зависит от качества и объема данных. Если данные неточны или не репрезентативны, то результаты могут быть

<sup>7</sup> Williams, M. "The Future of AI-Driven Web Design". In: "Journal of Digital Innovation", Vol. 5, pp. 88-103, 2021.

недостовверными. Кроме того, сбор и хранение данных может подвергать угрозе приватность пользователей.

### **Перспективы ИИ в веб-дизайне**

#### **1. развитие генеративных алгоритмов**

Одним из ключевых направлений будущего развития является усовершенствование генеративных алгоритмов. Это позволит ИИ создавать более креативный и разнообразный дизайн, а также более точно учитывать предпочтения и потребности пользователей.

#### **2. Улучшение контекстной адаптации**

ИИ может стать более умным в адаптации дизайна под конкретный контекст. Например, он может определять, какой контент показывать в зависимости от времени суток, геолокации пользователя и его предпочтений.

#### **3. Этика и прозрачность**

Развитие этических стандартов и прозрачности в использовании ИИ в веб-дизайне станет всё более важным. Это включает в себя открытое объяснение принципов, по которым принимаются дизайн-решения, и механизмы учета этики и приватности пользователей.

#### **4. Симбиоз человека и ИИ**

В будущем возможно развитие симбиоза между человеком и ИИ в дизайне. ИИ может выполнять рутинные задачи и предоставлять рекомендации, а человеческие дизайнеры могут внести свой творческий вклад и обеспечить качество и оригинальность проекта.

#### **5. Образование и обучение**

С увеличением использования ИИ в веб-дизайне становится важным обеспечить обучение дизайнеров в сфере искусственного интеллекта. Это поможет им понимать возможности и ограничения ИИ и эффективно сотрудничать с ним.<sup>8</sup>

Искусственный интеллект в веб-дизайне имеет свои недостатки, но его перспективы весьма обнадеживают. Развитие генеративных алгоритмов, более глубокое понимание этики и прозрачности, а также симбиоз человека и ИИ обещают сделать веб-дизайн более инновационным и эффективным в будущем.

#### **7. Заключение**

В заключении данной статьи мы рассмотрели важную и актуальную тему использования искусственного интеллекта (ИИ) в веб-дизайне. Мы обсудили разнообразные области применения ИИ, методы использования, а также выявили вызовы и перспективы данной области. Давайте обобщим ключевые моменты и предложим рекомендации для практического применения инструментов ИИ в веб-дизайне.

#### **Обобщение и выводы**

#### **• Области применения ИИ в веб-дизайне:**

ИИ находит применение в автоматизированном создании макетов, анализе пользовательского опыта, генерации контента и персонализации. Эти области позволяют дизайнерам и бизнесам оптимизировать процессы и улучшить пользовательский опыт.

#### **• Методы использования ИИ:**

Мы рассмотрели конкретные методы использования ИИ, включая автоматизацию создания дизайн-систем, анализ поведения пользователей, генерацию текстового и графического контента, а также персонализацию дизайна.

#### **• Вызовы и перспективы:**

Использование ИИ в веб-дизайне сопряжено с вызовами, такими как ограниченная креативность и этические вопросы. Однако перспективы включают улучшение генеративных алгоритмов, более глубокую контекстную адаптацию и симбиоз человека и ИИ.<sup>9</sup>

#### **Рекомендации для Практического Применения**

Для дизайнеров и бизнесов, желающих внедрить ИИ в веб-дизайн, следующие рекомендации могут быть полезными:

##### **1. Изучите ИИ и его возможности:**

Понимание того, как работает ИИ и какие задачи он может выполнять, поможет вам определить наилучшие области его применения.

##### **2. Выберите Подходящие Инструменты:**

Оцените существующие инструменты ИИ и выберите те, которые наилучшим образом соответствуют вашим потребностям и задачам.

##### **3. Сотрудничество С ИИ:**

Помните, что ИИ может быть мощным инструментом совместно с человеком. Сотрудничество дизайнеров и ИИ может привести к оптимальным результатам.

##### **4. Обеспечьте Этику и Прозрачность:**

При использовании ИИ уделяйте внимание этическим аспектам и обеспечивайте прозрачность в принятии решений.

##### **5. Обучение и Развитие:**

Исследуйте возможности обучения и развития в области ИИ для вас и вашей команды. Это поможет оставаться в курсе последних тенденций.

##### **6. Экспериментируйте и Оценивайте:**

Не бойтесь экспериментировать с ИИ и оценивать его влияние на ваш дизайн и бизнес. Это позволит оптимизировать процессы и достичь лучших результатов.

В заключение, искусственный интеллект предоставляет уникальные возможности для улучшения веб-дизайна. Понимание его потенциала и правильное практическое применение помогут создавать более эффективные и инновационные веб-проекты.

<sup>8</sup> Ковалев, С.Д. "Анализ пользовательского опыта с помощью ИИ: практические рекомендации". В: "Информационные технологии в веб-дизайне", с. 112-128, 2018 г.

<sup>9</sup> Johnson, R. "User Experience Analysis with AI in Web Design". In: "Digital Design Conference Proceedings", pp. 112-125, 2019.

### 8. Список литературы

1. Иванов, П.А. "Применение искусственного интеллекта в веб-дизайне". В: "Дизайн и технологии", с. 45-60, 2022 г.
2. Петрова, А.И. "Автоматизированное создание макетов с использованием искусственного интеллекта". В: "Журнал веб-дизайна", №3, с. 12-24, 2020 г.
3. Сидоров, В.М. "ИИ и генерация контента: новые подходы в веб-дизайне". В: "Интернет-технологии и дизайн", с. 78-92, 2019 г.
4. Григорьева, О.С. "Персонализация веб-дизайна с использованием искусственного интеллекта". В: "Журнал маркетинга и дизайна", №5, с. 35-48, 2021 г.
5. Ковалев, С.Д. "Анализ пользовательского опыта с помощью ИИ: практические рекомендации". В: "Информационные технологии в веб-дизайне", с. 112-128, 2018 г.
6. Smith, J. "Artificial Intelligence in Web Design: Opportunities and Challenges". In: "International Journal of Web Design", Vol. 7, pp. 56-71, 2023.
7. Brown, L. "AI-Powered Content Generation for Web Design". In: "Web Development Trends", Issue 4, pp. 28-36, 2020.
8. Johnson, R. "User Experience Analysis with AI in Web Design". In: "Digital Design Conference Proceedings", pp. 112-125, 2019.
9. Williams, M. "The Future of AI-Driven Web Design". In: "Journal of Digital Innovation", Vol. 5, pp. 88-103, 2021.

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 536.33 ; 57.043

*Попов В.И.**Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,  
Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Лаврентьева, 1*

### РЕЛАКСАЦИОННЫЙ ФАКТОР НЕЛИНЕЙНЫХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В СРЕДАХ С ЭВОЛЮЦИОННОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ.

*V.I. Popov**Institute of Thermal Physics, S.S. Kutateladze SB RAS,  
Russia, 630090, Novosibirsk, Lavrentieva, str.1*

### RELAXATION FACTOR OF NONLINEAR NONEQUILIBRIUM PROCESSES TRANSFER IN MEDIA WITH EVOLUTIONARY MICROSTRUCTURE.

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.398](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.398)

**Аннотация.** В отличие от известных принципов мгновенности, локальности и линейности, используемых при исследовании явлений переноса методами неравновесной термодинамики обычных бесструктурных сред, в работе рассмотрены релаксационные принципы, определяющие нелинейные, немгновенные и нелокальные механизмы неравновесного процесса переноса в сплошных средах с эволюционной сеточной микроструктурой. На основе структурно - феноменологической модели процесса переноса импульса, построенной в рамках расширенной неравновесной термодинамики и статистической физики в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил, представлено влияние единого фундаментального релаксационного фактора на процесс переноса импульса в средах с микроструктурой: релаксационную аномалию вязкости и механоактивацию среды; эволюцию элементов и организацию диссипативных структур, включая их влияние на изменение напряженного состояния, с выделением режимов немгновенности и нелокальности явлений переноса. Учитывается влияние микроструктурных релаксационных изменений на скорость производства локально-равновесной термодинамической энтропии. Представлены закономерности учета запаздывающего влияния релаксационного фактора на весьма неоднородные процессы переноса: на инерционный поток погранслоного тепломассопереноса; на среднее время экологического выгорания частиц органического топлива с микроструктурой.

**Abstract.** In contrast to the well-known principles of instantaneity, locality, and linearity used in the study of transport phenomena by the methods of nonequilibrium thermodynamics of ordinary structureless media, the paper considers relaxation principles that determine nonlinear, noninstantaneous, and nonlocal mechanisms of a nonequilibrium transport process in continuous media with an evolutionary grid microstructure. Based on the structural – phenomenological model of the momentum transfer process built within the framework of extended nonequilibrium thermodynamics and statistical physics in the field of shear, entropy and diffusion forces, the influence of a single fundamental relaxation factor on the momentum transfer process in media with a microstructure is presented: relaxation anomaly of viscosity and mechanoactivation of the medium; the evolution of elements and the organization of dissipative structures, including their influence on the change in the stress state, with the selection of modes of non-instantaneous and non-local transport phenomena. The influence of microstructural relaxation changes on the rate of production of locally equilibrium thermodynamic entropy is taken into account. Regularities are presented for taking into account the delayed influence of the relaxation factor on very inhomogeneous transfer processes: on the inertial flow of boundary layer heat and mass transfer; for the average time of ecological burnout of organic fuel particles with a microstructure.

*Ключевые слова:* релаксационный фактор, процессы переноса, нелинейность, неравновесность, микроструктура.

*Key words:* relaxation factor, transport processes, nonlinearity, nonequilibrium, microstructure.

#### Введение

Базовые принципы мгновенности, локальности и линейности необратимой неравновесной термодинамики направлены на исследование процессов переноса в сплошных бесструктурных слабодиссипативных средах, находящихся вблизи их равновесия. Феноменологическая теория, основанная на этих принципах, приводит к описанию термодинамических систем уравнениями параболического типа применительно к

исследованию процессов переноса в средах, наделенных свойствами вязкости, теплопроводности, диффузии и т.п. [1],[2].

Исходные принципы неравновесной термодинамики вытекают из фундаментальной гипотезы локального термодинамического равновесия, которая состоит в том, что в целом неравновесный термодинамический процесс в бесструктурной макросистеме может быть описан как последовательная смена локально - равновесных состояний ее малых частей

(подсистем) во все моменты времени. В описании локально-равновесного состояния можно сохранить параметры и термодинамические соотношения, которые характерны для равновесных состояний, за исключением скорости производства энтропии, характеризующую степень неравновесности процесса. При моделировании малой части в целом неравновесной макроскопической системы, исходят из предположения о том, что локальное равновесие термодинамических параметров состояния (например, давления, температуры, энтропии) устанавливается раньше, чем в системе в целом. Предполагается также, что механическая реакция среды в малом гидродинамическом масштабе в данный момент времени определяется мгновенными значениями скорости деформации. Линейное реологическое соотношение для переноса импульса - модель Ньютона (ровно как Фурье и Фика) имеют характер мгновенного (без релаксационного временного запаздывания развития процесса) и локального отклика среды на внешние воздействия, то есть вне зависимости состояния представительной точки среды от состояния точек ее ближайшего окружения.

В общем случае моделирование необратимых неравновесных термодинамических процессов переноса в бесструктурной системе состоит в формулировке уравнений баланса параметров состояния среды (подсистемы) на основе фундаментальных законов сохранения, уравнения баланса энтропии и замыкающих линейных уравнений состояния, выражающих, например, потоки импульса, массы, энергии через градиенты соответствующих термодинамических потенциалов. Переменные состояния открытой неравновесной системы, из-за обмена между подсистемами импульсом, энергией, веществом становятся зависящими от пространственных координат и времени.

Процедура аналогичная феноменологическому подходу к ньютоновским средам используется для исследования явлений переноса реологического класса нелинейно-вязких сред и их систем. Для них характерна система взаимосвязанных и взаимодействующих посредством окружающей среды жестких структурных элементов, ориентационные группы которых находятся в одинаковых макроскопических состояниях. При исследовании явлений переноса в таких средах, для замыкания законов сохранения импульса, пользуются различными феноменологическими соотношениями (реологическими аппроксимациями) [3],[4],[5]. Система таких уравнений описывается сдвиговыми деформациями и ее тепловым состоянием: зависимостью эффективных коэффициентов переноса реологического уравнения состояния от скорости сдвига и температуры, без раскрытия нелинейного механизма влияния

фундаментального релаксационного фактора на эту зависимость.

К обозримым исследованиям явлений переноса с позиций неравновесной феноменологической термодинамики сплошных сред относятся работы, в которых реологические среды короткой (не интегральной) памятью вблизи равновесия описываются моделями скоростного типа с учетом немгновенной реакции среды на внешние возмущения [6], [7], [8]. Немгновенный отклик среды обусловлен относительно быстрой релаксацией напряжений сдвига (ретардацией скорости сдвига), введенной в соответствующую дифференциальную модель.

В отличие от нестационарного уравнения движения параболического типа, которое следует из модели ньютоновских сред, для этих моделей уже характерно нестационарное уравнение гиперболического типа [9],[10],[11]. В стационарных условиях деформирования оно переходит в уравнение параболического типа, которое не отражает релаксационных особенностей переноса: пространственно - временной нелокальности, зависимости вязкости от скорости сдвига и раскрытие механизма влияния микроструктурного релаксационного фактора на эту зависимость.

Однако подходы и методы термоэологического описания деформационного состояния реальных сред и неравновесных процессов переноса в них зависят от вида среды и фундаментального фактора - скорости ее релаксации на внешнее возмущение. В зависимости от скорости внешнего возмущения любая среда может проявлять особые флуктуационно-диссипативные свойства в спектре от жидкотекучих до квазикристаллических тел.

Весьма широкий класс микроструктурных сред и их систем - расплавы и концентрированные растворы полимеров, сополимеры, вязкоупругие нефти, коллоидные системы, латексы, краски, смесевые полимеризованные топлива, биофизические культуры и различные модификации таких сред наделены сложной внутренней микроструктурой, влияющей на их деформационное поведение, и вследствие этого имеют особые физико-химические свойства. В зависимости от условий деформирования, даже вблизи равновесия, они проявляют нелинейно-вязкие свойства, частично запасают подводимую извне энергию в виде первой и второй разностей нормальных напряжений и релаксируют напряженное состояние среды.

Несмотря на большое разнообразие рассматриваемых сред, существующих технологических процессов переноса и геометрий течения, для них характерен один общий фундаментальный принцип как основы описания широкого класса явлений. Все процессы переноса по нелинейному неравновесному релаксационному механизму, даже в малом объеме среды, необратимо направлены на нейтрализацию

внешних возмущений, отклоняющих систему от термореодинамического равновесия.

Следствием особых физико-химических свойств рассматриваемых сред и их систем являются немгновенные и нелокальные релаксационные (запаздывающие) отклики среды на внешние возмущения, зависимость времени релаксации от скорости сдвига, температуры, определяющие в итоге нелинейные процессы переноса импульса, тепла и массы к состоянию нового термореодинамического равновесия.

При исследовании реальных процессов переноса, протекающих в деформируемых средах со сложной внутренней микроструктурой, преимущество имеют модели со структурно – релаксационными параметрами, позволяющими связать поведение среды со структурными особенностями процесса макропереноса [12].

К сожалению, структурно-кинетическая теория в применении к рассматриваемым средам, в частности, к расплавам и концентрированным растворам полимеров не развита даже в линейной области их реологического поведения [6],[13],[18].

В данной работе использован принцип Дж. Гиббса о наличии структурно - кинетических ансамблей в неравновесных системах, в которых состояние равновесия по термодинамическим макропараметрам достигается раньше, чем по внутренним статистическим микроструктурным событиям. При этом принцип необратимости релаксационного процесса, который следует из второго начала термодинамики о возрастании энтропии по параметрам, сохраняется. Он ограничивает возможность направления процесса в обратную сторону, так как микросостояния эволюционируют ко всем, в исследуемых пределах, значениям термодинамических макропараметров системы.

Исследование закономерностей процессов переноса в средах с особыми структурно-кинетическими и динамическими свойствами в данное время является актуальной задачей. Рассматриваемая проблема актуальна не только из-за весьма большого многообразия микроструктурных сред и их систем, но и в связи с необходимостью разработки технологических режимов, средств и методов моделирования их оптимальной и интенсивной переработки, формования в различных процессах и аппаратах для получения материалов с заданными геометрическими размерами и прогнозируемыми свойствами.

Нелинейный, немгновенный и нелокальный релаксационный процесс переноса импульса, совместно с уравнением движения, определяет характеристики движения среды в целом и лежит в основе многочисленных процессов конвективного переноса тепла, массы, обобщенного заряда и т.д. Он оказывает существенное влияние на конвективный перенос тепла, массы в процессах и аппаратах химических и энергохимических

технологий, энергетики, в аппаратных элементах биологических (живых) систем.

Исследования в данном направлении важны не только с прикладной, но и научной точки зрения. Немгновенные и нелокальные релаксационные явления в процессах переноса в средах с неравновесной микроструктурой приводят к необходимости разработки методов решения большого набора задач процессов переноса с учетом согласованного влияния времени релаксации среды к новому равновесному состоянию и времени технологического процесса. Теоретическое обоснование этого принципа важно для интенсификации технологических методов управления временем важно для интенсификации технологических методов управления временем экологически чистого процесса сжигания микроструктурного топлива в зависимости от внешних условий, а также качественной защите поверхностей полимерными материалами тонко сбалансированной микроструктурой в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил.

В связи с проблемным состоянием в физической кинетике и структурными представлениями рассматриваемых систем данная работа представляет интерес для расширения классического линейного неравновесного термодинамического подхода применительно к исследованию релаксационных нелинейных неравновесных явлений переноса в средах с эволюционной сеточной микроструктурой. Работа может иметь значение в разработке и развитии малопараметрических методов исследования нелинейных неравновесных процессов переноса в средах с более сложной микроструктурной топологией, эволюционирующей в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил.

Цель работы состоит в раскрытии и учете влияния единого фундаментального релаксационного фактора на характеристики и закономерности нелинейных неравновесных явлений переноса импульса в классе сред с эволюционной микроструктурой. В том числе: влияние на эволюцию структурных элементов и организацию диссипативных структур, включая их взаимное влияние на скорость производства локально-равновесной энтропии; влияние на процесс изменения напряженного состояния среды в открытых системах; аномалию вязкости и механоактивацию, обусловленные релаксационными явлениями; выделение области релаксационных режимных параметров немгновенности и нелокальности процесса переноса; на закономерности запаздывающего релаксационного влияния на время экологического выгорания органических частиц топлива с релаксационной микроструктурой; на инерционный процесс погранслоного тепломассопереноса.

**Определяющее уравнение состояния среды с эволюционной микроструктурой.**

Исследованию нелинейных неравновесных процессов переноса в средах с особыми свойствами, как правило, предшествует моделирование и обоснование определяющего уравнение состояния среды, замыкающего уравнение баланса ее элементарного объема, получаемого на основе фундаментального закона сохранения импульса.

В работах [14],[15],[16] предложена замкнутая определяющим уравнением состояния система уравнений движения применительно к исследованию процессов переноса в средах с эволюционной микроструктурой в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил. В отличие от расширения по диссипативным потокам [12],[17] расширение энтропии состояния элемента среды выполнено с учетом влияния структурных изменений в системе на термодинамическую энтропию Дж. Гиббса, которая расширена на скорость производства неравновесной релаксационной энтропии в виде:

$$Td_t s = d_t \varepsilon_1 + pd_t v - x_i d_t \langle x_i x_j \rangle \quad (1)$$

В исходную систему уравнений в изотермическом приближении для приложений входят условия несжимаемости среды и уравнение движения среды плотностью  $\rho$ . В декартовых координатах они имеют известный вид:

$$\begin{aligned} \nabla_i v_i / \nabla x_i &= 0 \quad (2) \\ \rho(\nabla_i v_i / \nabla t + v_i \nabla_i v_j / \nabla x_j) &= \\ \nabla_i P_{ij} / \nabla x_j & \end{aligned}$$

Величины  $P_{ij}$  являются компонентами тензора полных напряжений модели.

В соотношении (3) с методической точки зрения он представляется в виде разложения по термодинамическим и статистическим процессам.

Тензор для сред с жесткой ориентационной микроструктурой [4], [5] и неравновесной релаксационной микроструктурой, имеет вид [14], [15]:

$$P_{ij} = -p_0 \delta_{ij} + 2\mu(\dot{\epsilon}_{ij})\delta_{ij} + \dots \quad (4)$$

В структурно - кинетическом подходе лежит модель пространственной сеточной микроструктуры в низкомолекулярном растворителе, равновесная цепь которой может быть моделирована [14],[15],[18] гауссовой цепочкой свободносочлененных прямолинейных сегментов. Взаимодействия и структурные связи в полимерной системе возникают вследствие вероятностной статистики распределения в фазовом пространстве однородных свободно - сочлененных частиц сегментов  $b_i$  эластичных субцепей, в поле внутренних сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил. Предполагается, что кинетические сегменты субцепи с масштабом длины  $b_i$  в количестве -  $S$  субцепи модели, оказывают такое же сопротивление движению, как и соответствующие

им узлы диаметра  $d$ , являющейся концентратором напряжений в сеточной системе. Величина  $\langle x_i x_j \rangle$  статистический внутренний макропараметр состояния среды (релаксационный момент математического ожидания), связывающий измеряемые в опытах термодинамические макропараметры с неравновесным релаксационным микросостоянием.

Усреднение в элементарном объеме выполняется по всем возможным микросостояниям структурно – кинетических частиц - сегментов с использованием представления идентичных систем статистического ансамбля и функции распределения их плотности вероятности в фазовом пространстве координат и импульсов.

Релаксационный внутренний параметр  $\langle x_i x_j \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x_i x_j W_i(\vec{x}, \vec{v}_i, t) d^3 \vec{v}_i$  определяется функцией распределения плотности вероятности ансамбля эволюционирующих микроструктурных частиц – сегментов  $W_i(\vec{x}, \vec{v}_i, t)$  и диадного масштаба  $x_i x_j$  их пробужденных событий относительно центра масс ближайшего окружения в фазовом пространстве координат и импульсов [14], [15]. Величина  $\nu = 2 \mu \alpha^{-1}$  модуль эластичности системы, который определяется в результате измерения динамической вязкости и времени релаксации.

Уравнение движения для внутреннего статистического параметра, полученно при условии сохранения функции распределения в фазовом пространстве [19] для плотности вероятности  $W_i(\vec{x}, \vec{v}_i, t)$  эволюционирующей микроструктуры среды, то есть фазовых точек – узлов, как концентраторов напряжений сеточной модели. Уравнение получено при условии безынерционного баланса в поле действия соответственно сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил:

$$\vec{\nabla}_i \cdot \dot{v}_i x_j - x_i / \zeta \alpha - kT / \zeta \partial(\ln W_i) / \partial x_i ,$$

имеет вид:

$$De d \langle x_i x_j \rangle / dt = We [\langle x_i x_k \rangle \langle v_{kj} \rangle + \langle x_j x_k \rangle \langle v_{ki} \rangle - 2 \langle x_i x_j \rangle \langle v_{ij} \rangle] \quad (5)$$

Первый член уравнения (4) представляет собой изотропное давление, а второй связан с поверхностными термодинамическими силами и сдвиговым определением стационарной переменной вязкости -  $\mu(\dot{\epsilon}_{ij})$ , (текучести -  $\mu^{-1}$ ) из опыта [20], [21]. Третий член это избыточное напряжение, обусловленное отклонением внутреннего параметра среды  $\langle x_i x_j \rangle$  от равновесного состояния  $\langle v_{ij} \rangle$ . Эта часть в уравнении (5) учитывает запаздывающие релаксационные процессы, которые обусловлены эволюционным установлением нового статистически равновесного состояния частиц - сегментов свободно сочлененных субцепей между узлами пространственной сеточной модели относительно центра масс системы. Уравнение (5) записано для релаксационного процесса ( $De = \alpha / t_{\square}$  - число Деборы,  $We = G\alpha$  - число Вейссенберга)

приведения ансамблей  $\langle x_i x_j \rangle$  микрочастиц (узлов сеточной модели, как максимальных концентраторов напряжений) в новое состояние статистического равновесия, соответствующее возмущению системы. Приближение внутреннего макропараметра к новому равновесному состоянию имеет характер немгновенного (De) и нелокального (We) релаксационного неравновесного процесса переноса импульса, которое определяет макроскопические потоки. Уравнение (5) устанавливает необходимость учета в релаксационном процессе приближения к новому состоянию равновесия, зависимость от характерного временного масштаба. Таким образом, возникает необходимость учета согласованного влияния релаксационного свойства среды и времени технологического процесса. В (4) и (5) важным является не абсолютное значение макропараметра  $\langle x_i x_j \rangle$ , а мера его отклонения от равновесного значения единичного тензора  $\delta_{ij}$ .

В уравнении (5)  $\alpha = \zeta S b_1^2 / 12 kT$  время релаксации, время структурных перестроек свободно - сочлененных кинетических единиц в цепях модели масштаба  $S b_i^2$  к новому, наиболее вероятному для данного возмущения равновесному состоянию. Величина  $\zeta = 6\pi\eta d$  известное определение коэффициента сопротивления движению шарового узла в окружении среды с вязкостью  $\eta$ . Величина  $kT / \zeta = D$  - коэффициент диффузии.

Для равновесного состояния среднеквадратичное отклонение узла от начала координат (релаксационное пространство равновесной конфигурации) системы имеет вид  $\langle x^2 \rangle_0 = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 W_0 dx = S b_i^2 / 4$ . Следовательно, локально - равновесное состояние системы характеризуется флуктуационным среднеквадратичным радиусом инерции сеточной микроструктуры, зависящим только от ее внутренних свойств  $\langle \tilde{x}^2 \rangle_0 = 3\alpha_0 D$ . Величина  $\alpha_0$  максимальное время релаксации, получаемое в опытах при условии минимальных внешних возмущений  $G \rightarrow 0$ .

Для получения обозримых аналитических результатов с целью физической интерпретации характеристик процесса переноса, учитывающих релаксационный фактор немгновенности, нелокальности, аномалии вязкости, рассмотрим однородную ( $\langle \tilde{x}^2 \rangle_0 = 3\alpha_0 D$ ,  $\langle x_i x_j \rangle = \delta_{ij}$ ) деформацию в дифференциальном объеме среды. Полагаем, что в малом деформационном объеме принцип однородной деформации, относительно возможной неоднородной деформации системы в целом, выполним.

Для этого случая из (5), методом вариации произвольных постоянных величин, находим, обезразмеренные на равновесное состояние, соответствующие моменты  $\langle x_i x_j \rangle$ . Начальное условие при этом имеет вид:  $t = 0$ :

$$\langle x_1^2 \rangle = \langle x_2^2 \rangle = \langle x_3^2 \rangle = \langle x_3 x_1 \rangle = \langle x_1 x_2 \rangle = \langle x_2 x_3 \rangle = 0.$$

Следует заметить, что начальное состояние флуктуирующих сеточных микроузлов не является равновесным в принятых условиях внешнего возмущения: тепловая природа релаксационных и диффузионных явлений в полимерных системах имеет квазистационарный характер.

12

Предполагаем, что перераспределение первоначальной тепловой энергии в плотной системе для микроузлов относительно их центра масс происходит настолько быстро, что начальное диффузионно - релаксационное  $\langle \tilde{x}^2 \rangle_0$  равновесное состояние для мгновенного условия ( $G = \text{const}$ ) выполняется.

Последовательное решение уравнения (5) приводит к следующим выражениям для эволюции ненулевых релаксационных моментов элементов среды:

$$\langle x_2^2 \rangle = \langle x_3^2 \rangle = \langle x_1 x_2 \rangle = 0.5 G \alpha (1 - \exp(-2\alpha^{-1}t)), \quad (6)$$

$$\langle x_1^2 \rangle - 1 = 0.5 G^2 \alpha^2 [1 - \exp(-2\alpha^{-1}t) - 2\alpha^{-1}t \exp(-2\alpha^{-1}t)]$$

Уравнения (6) отражает эволюцию структуры среды к новому равновесному состоянию не в хаотической форме, с результирующим нулевым импульсом, а по неравновесному релаксационному механизму: наложенный на систему градиент скорости -  $G$  деформирует  $\langle x_i x_j \rangle$  и эластично ориентирует  $\langle x_1^2 \rangle - 1$  относительно начальных квазиравновесных значений.

Значения релаксационных моментов характеризуются числами Деборы  $De = \alpha / t$  и Вейссенберга  $We = G \alpha$ , характеризующие соответственно немгновенность и нелокальность процесса переноса в переходном эволюционном режиме к новому равновесному состоянию системы с дополнительным производством энтропии системы.

В соответствии с (6), при  $t \rightarrow \infty$ , имеем [14], [15]:  $\langle \tilde{x}^2 \rangle = \langle x_1^2 \rangle - 1$  /  $\langle x_1 x_2 \rangle = G \alpha$ . Величина  $\langle \tilde{x}^2 \rangle$  характеризует измеряемые посредством -  $G \alpha$  в стационарных условиях локально неравновесные изменения структуры деформируемой систем в результате релаксационных явлений (релаксационный принцип дальнего действия относительно равновесного состояния центра масс). Из определяющего уравнения (4) в соответствии (6), когда  $2\mu(\dot{\epsilon}_{ij})\dot{\epsilon}_{ij} \ll \epsilon$  ( $\langle x_i x_j \rangle = \delta_{ij}$ ), для компонент касательного напряжения

сдвига и первой разности нормальных компонент тензора напряжений, имеем:

$$\tau_{12} = \frac{\varepsilon G \alpha}{2} (1 - \exp(-2\alpha^{-1}t)) \quad (7)$$

$\exp(-2\alpha^{-1}t)$

$$P_{11} - P_{22} = \frac{\varepsilon G^2 \alpha^2}{2} [1 - \exp(-2\alpha^{-1}t) - 2\alpha^{-1}t \exp(-2\alpha^{-1}t)].$$

Сопоставляя для одного и того же числа We величины  $\tau_{12}$  и  $P_{11}-P_{22}$ , с учетом  $G \approx \mu^{-1}\tau_{12}$ ,  $\varepsilon = 2 \mu \alpha^{-1}$ , находим:

$$\frac{G\tau_{12}}{P_{11}-P_{22}} = \frac{\alpha^{-1} (1 - \exp(-2\alpha^{-1}t))^2}{1 - \exp(-2\alpha^{-1}t) - 2\alpha^{-1}t \exp(-2\alpha^{-1}t)} \quad (8)$$

Соотношение (8) представляет собой временную связь между механической энергией диссипации (теплового рассеяния) и энергией эластической деформации. Оно отражает термодинамический принцип применительно к процессу переноса импульса в средах с неравновесной микроструктурой: наличие временной связи диссипации механической энергии ( $G\tau_{12}$ ), вызванной внешними возмущениями и релаксационными флуктуациями (флуктуационно-диссипативная теорема) [1],[19].

**Влияние релаксационного фактора на структуру и режимы процессов переноса.**

Из уравнений (6) и (8) вытекает важное следствие, что в стационарных ( $t \rightarrow \infty$ ) условиях локально - неравновесного деформирования имеет место флуктуационно-диссипативная (релаксационная) связь между изменениями в микроструктуре и напряженным состоянием в системе:

$$\langle \tilde{x} \rangle = \frac{\langle x_1^2 \rangle - \langle x_2^2 \rangle}{\langle x_1 x_2 \rangle} = \frac{P_{11} - P_{22}}{\tau_{12}} = G\alpha \quad (9)$$

Величина  $\langle \tilde{x} \rangle$  характеризует измеряемые посредством -  $G\alpha$  в стационарных условиях локально неравновесные изменения структуры деформируемой системы в результате релаксационных явлений (релаксационный принцип дальнего действия относительно равновесного состояния центра масс).

Таким образом, сдвиг среды с эволюционной микроструктурой характеризуется диссипативной ( $G\tau_{12}$ ) релаксационной структурой и соответствующим неравновесным переносом импульса.

Соотношение (9) позволяет выразить микроскопические величины посредством макроскопических измеряемых величин и устанавливает, что в рассматриваемых системах диссипация энергии сопровождается линейными релаксационными флуктуациями, вызванной внешним возмущением.

Теоретический результат (9) согласуется с опытом (рис.1 и рис.2) для широкого класса полимерных сред и их модификаций, включая растворы и расплавы полимеров, смесевых топливных систем [7], [22] - [28].

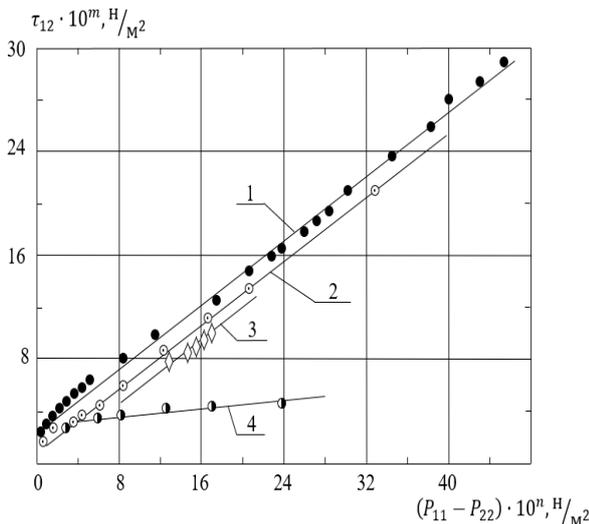
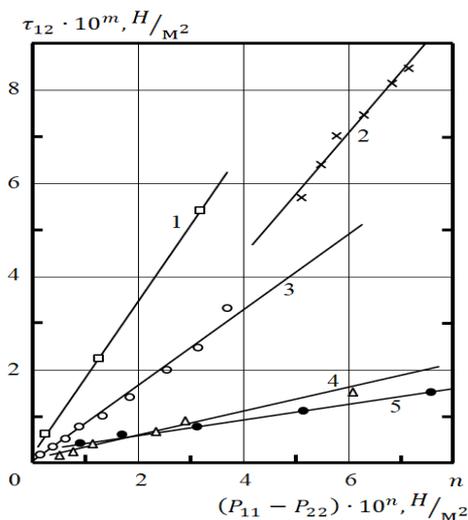


Рис.1 Рис.2.

Рис.1 Зависимость между касательными и первой разностью нормальных напряжений: 1 - [22],  $m = -3$ ,  $n = -4$ ; 2 - [7],  $m = -4$ ,  $n = -5$ ; 3 - [23],  $m = -2$ ,

$n = -2$ ; 4 - [24],  $m = -1$ ,  $n = -3$ ; 5 - 3,5% водный раствор полиакриламида (ПАА),  $m = -1$ ,  $n = -1$ .

Рис.2. Зависимость между касательными и первой разностью нормальных напряжений: 1 - [25],

$m=0$ ,  $n=0$ ; 2- [26],  $m = -2$ ,  $n = -3$ ; 3- [27],  $m = -1$ ,  $n=1$ ; 4 - [28],  $m = -3$ ,  $n = -1$ . На рис.1 и рис.2  $m$  и  $n$  – масштабные коэффициенты; на рис.1 сплошная линия 2 и 5 – расчет.

Соотношение (9) устанавливает, что на основе измеряемых величин можно определить время релаксации  $\alpha = (P_{11} - P_{22}) / \tau_{12}G$ , а опытным

результатам дать структурно - физическую интерпретацию. Диссипация механической энергии  $\tau_{12}G$  отражает необратимость релаксационных явлений. Следовательно, в необратимом релаксационном процессе деформируемая среда дополнительно производит релаксационную энтропию порядка  $\alpha^{-1}(P_{11} - P_{22}) = \tau_{12}G$ .

Данные - 5 (рис.1) получены на ротационном реометре типа «инстрон» - 3250 для 3,5% по объему раствора полиакриламида в воде при  $t=20,5^{\circ}C$ . Раствор приготовлен из товарного геля 8% технического полиакриламида с молекулярным весом  $M=1,5 \times 10^6$ .

Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига для сред с микроструктурой является известным фундаментальным результатом [5], [6], [7], получаемым во всех квазистационарных опытных данных по измерению вязкости в координатах сдвиговое напряжение - скорость сдвига. Новым результатом работы является то обстоятельство, что уравнение (7) вскрывает релаксационный  $0.5\epsilon \alpha (\dot{\epsilon}_{ij}) \dot{\epsilon}_{ij} = \mu(\dot{\epsilon}_{ij}) \dot{\epsilon}_{ij}$  механизм аномалии феноменологической вязкости в реологических уравнениях состояния и соответственно влияние на исследуемые процессах переноса. Следует заметить, что по представлению авторов работы [4], релаксационный механизм может лежать в основе не только реомеханических,

но и основных теплофизических характеристик потока.

На рис.3 представлены опытные данные по зависимости времени релаксации от скорости сдвига для водных растворов ПАА различных концентраций. С ростом концентрации полимера, когда проявляется существенная вязкая диссипация механической энергии в процессе релаксационного переноса, возникает нелинейная зависимость времени релаксации от скорости сдвига. Это обстоятельство обусловлено тем, что время релаксации ( $\alpha = \zeta S b_1^2 / 12kT$ ) широкого класса сред с эволюционной микроструктурой имеет не энергетическую, а структурно-кинетическую, тепловую природу [18].

На рис. 4 представлены опытные данные по зависимости времени релаксации от скорости сдвига для среды (ДНК - дезоксирибонуклеиновой кислоты, при  $t=20^{\circ}C$ ), макромолекулы которой, как известно[18], могут менять форму и размеры под действием внешних и внутренних сил, находясь в различных концентрациях и средах своего окружения.

Таким образом, можно полагать, что ориентационные и конфигурационные релаксационные изменения в структуре лежат в основе аномалии вязкости широкого класса сред и их систем с эволюционной микроструктурой.

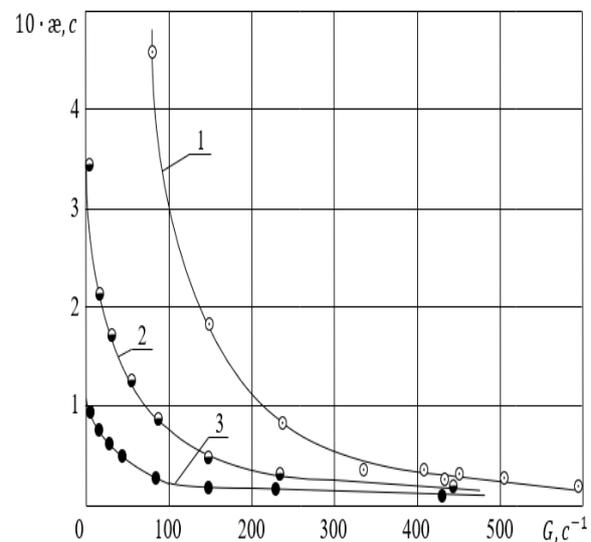
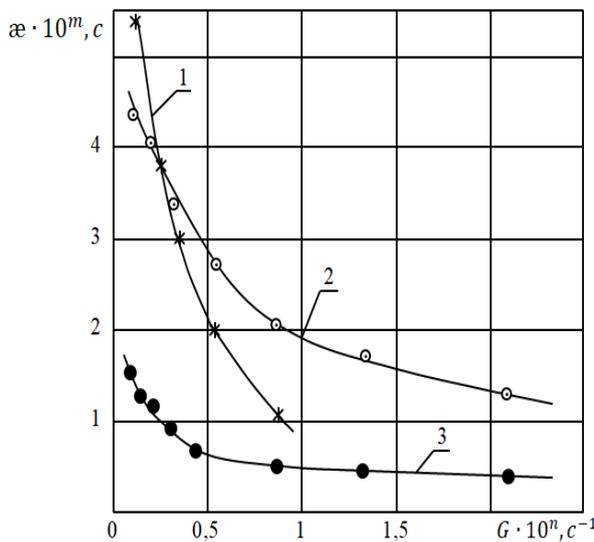


Рис.3 Рис.4

Рис.3 Зависимости времени релаксации от скорости сдвига для водных растворов полиакриламида (ПАА), при  $t=20^{\circ}C$ : 1 -  $C = 0.5\%$ ,  $m = 2$ ,  $n = -1$ ; 2 -  $C = 1\%$ ,  $m = 1$ ,  $n = -1$ ; 3 -  $C = 3.5\%$ ,  $m = -1$ ,  $n = 0$ .

Рис.4. Зависимости времени релаксации от скорости сдвига: 1-  $C = 0.8\%$  ДНК в глицерине; 2 -  $C = 0.001\%$  ДНК в 1.5% водном растворе ПАА; 3 -  $C = 0.05\%$  ДНК в воде.

Реакция среды с неравновесной микроструктурой на внешнее воздействие связана с

ее релаксационным свойством и изменяется в зависимости от времени (число  $De = \alpha / t$ ), а также пространственного нагружения (число  $We = G\alpha$ ).

В соответствии с (7) на рис.5 представлен характер и пределы изменения разности компонент  $\tilde{P} \equiv 2(P_{11} - P_{22}) / \epsilon$  тензора напряжений. В зависимости от чисел  $De$  и  $We$ , выделяющих области процессов переноса, для которых могут быть применены принципы и методы расчета локально-равновесной нелинейно-вязкой неравновесной термодинамики и область

чисел  $De$  и  $We$  локально - неравновесной нелинейной неравновесной термодинамики, с учетом нелинейной вязкости, явлений немгновенности и локальной неравновесности процессов переноса. Анализ системы уравнений (7) показал, что в отличие от монотонного изменения  $\tilde{\tau}$ , величина  $\tilde{P}$  имеет более сложный, нелинейный характер изменения в той же области определяющих процесс чисел  $De$  и  $We$ . Очевидно, что при  $We < 3$  и  $De < 1.2$  можно в исследованиях процессов переноса применять известные методы

необратимой локально равновесной термодинамики [1], [2].

Анализ системы уравнений (7) показал (рис.5), что в отличие от монотонного изменения  $\tilde{\tau}$ , величина  $\tilde{P}$  имеет более сложный, нелинейный характер изменения в той же области определяющих процесс чисел  $De$  и  $We$ . Очевидно, что при  $We < 3$  и  $De < 1.2$  можно в исследованиях процессов переноса применять известные методы [1],[2],[10],[11] необратимой локально равновесной термодинамики.

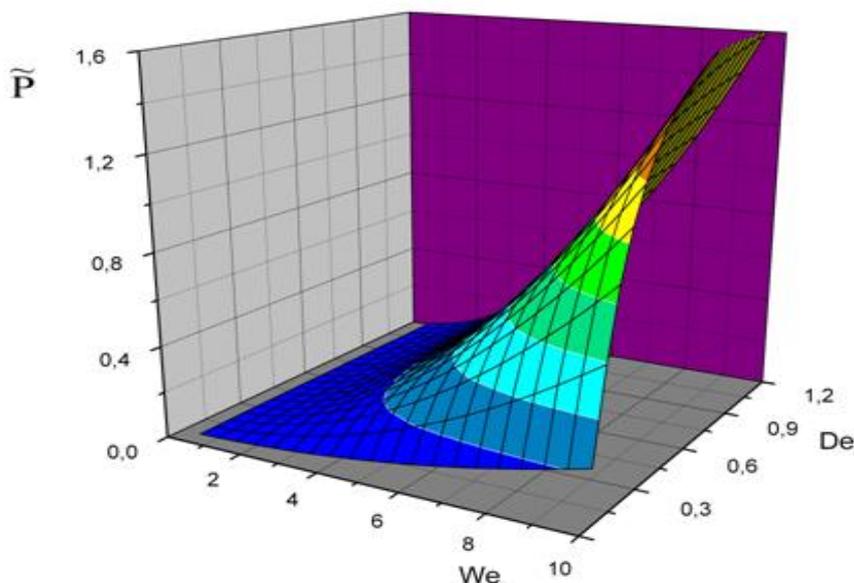


Рис.5. Области чисел  $De$  и  $We$  исследования неравновесных процессов переноса потока импульса методами нелинейной локально равновесной и локально - неравновесной термодинамики.

В области чисел  $De > 0.3$  и  $We > 3$  имеет место немгновенный и нелокальный переход системы к новому равновесному состоянию в процессе деформирования. Процессы переноса вызваны отклонением полимерной системы от равновесного состояния ( $\langle x_i x_j \rangle - \delta_{ij}$ ). Поэтому в этой области деформирования они не могут быть описаны классическими (мгновенными и локальными) параболическими уравнениями неравновесной термодинамикой.

Управляя величинами  $De$ ,  $We$ , можно менять неравновесные компоненты  $\tilde{\tau}$  и  $\tilde{P}$  тензора переноса импульса, прогнозировать и формировать структурно - релаксационные масштабы  $\langle \tilde{x} \rangle$  полимерных систем.

**Запаздывающие и механоактивационные явления переноса в средах с эволюционной микроструктурой.**

С ростом  $G$  время релаксации существенно (гиперболически) снижается

(рис.3, рис.4)) и приводит к увеличению диффузионной подвижности максимального среднеквадратичного радиуса инерции системы  $\langle \tilde{x}^2 \rangle_0 = 3\alpha_0 D$ . Кроме того, уменьшение

среднеквадратичного радиуса инерции и увеличение его диффузионной подвижности, которая отвечает за скорость химических реакций, приводит к уменьшению пороговой величины энергии активации и повышению реакционной способности (механоактивации) реагирующей системы. В работе [29] установлено, что характеристики  $E$  и  $k_0$  в фундаментальном соотношении Аррениуса для скорости химических реакций, имеют соответственно энергетический и релаксационный характер. Уравнение для скорости химических реакций, исходя из вероятностного характера их проявления, представлено в виде:

$$d \langle \tilde{x}_i \tilde{x}_j \rangle / dt = \pm \tau_0^{-1} \exp(-E/RT) (\langle \tilde{x}_i \tilde{x}_j \rangle - \delta_{ij}) \quad (10)$$

Анализ уравнения (10) для скорости стехиометрических химических реакции, протекающих в локально-неравновесных релаксационных системах (5), подробно выполнен в работе [29]. Установлено, что механоактивация сред с энтропийной релаксационной микроструктурой проявляется в результате ее отклонения от термодинамического равновесия ( $\langle \tilde{x}_i \tilde{x}_j \rangle - \delta_{ij}$ ), оказывает влияние на скорость,

направление, а также на характер химических реакций и процессов переноса [30], [31].

В предыдущих разделах вывод и обоснование определяющего уравнения состояния отнесен к мгновенному и однородному возмущению эволюционирующей среды с релаксационной микроструктурой. В работе [16] методом интегральных соотношений исследовано влияние релаксационного фактора на погранслоный тепломассоперенос в деформационном потоке уже с учетом его инерционности. Интегральное соотношение импульсов квазистационарного погранслоного движения, когда инерционные силы доминируют над внутренними напряжениями, с учетом определяющей системы уравнений (7), (9), имеет вид:

$$\rho u_0^2 (d\delta^{**}/dx) = \tau_{ct}(x) - d/dx \int_0^\delta (P_{11} - P_{22}) dy \quad (11)$$

В уравнении (1)  $\delta^{**} = \delta \int_0^1 \omega (1 - \omega) d\xi$  - толщина потери импульса, где  $\xi = y/\delta$  - координата, отнесенная к толщине пограничного слоя -  $\delta$ ;  $\omega = u/u_0$  отношение продольной скорости к скорости невозмущенного стеной потока;  $\rho$  - плотность среды;  $\tau_{ct}(x)$  - касательное напряжение сдвига на стенке, зависящее от продольной координаты  $x$ . Величина  $(P_{11} - P_{22})$  первая разность нормальных компонент девиатора тензора напряжений.

Принцип релаксационных моментов применительно к исследованию погранслоного движения и тепломассопереноса микроструктурных сред выявил числа подобия  $We/Re = v\alpha/L^2$ , позволяющие учесть и оценить влияние запаздывающих релаксационных процессов переноса импульса на характеристики безградиентного погранслоного движения и тепломассопереноса:

$$\delta = 10.79 We/Re [(1 + 0.1853 (X/Re) / (We/Re)^2)^{0.5} - 1] \quad (12)$$

$$Nu = 0.139 Pr^{0.33} \{We/Re [(1 + 0.1853 (X/Re) / (We/Re)^2)^{0.5} - 1]\}^{-1} \quad (13)$$

Величина  $We$  является мерой относительного влияния первой разности нормальных и касательных напряжений, развивающихся в потоке с числами Рейнольдса ( $Re = wL/\nu$ ) в балансе с инерционными силами. Величину  $v\alpha/L^2$  можно интерпретировать, как свойство среды терять сдвиговый вязкий импульс на пространственном масштабе

$L^2$  в результате релаксационного явления переноса, обусловленного диссипацией (8)

механической энергии потока  $G \tau_{12}$ .

Представленные результаты позволяют управлять макропараметрами погранслоного процесса движения и тепломассопереноса с учетом релаксационной сбалансированной микроструктуры среды в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил.

Горение частицы любого топлива является базовым принципом его факельного горения.

Время среднеобъемного выгорания  $\langle \tau \rangle$  частицы радиуса  $R$  характеризует интенсивность его выгорания: чем оно меньше, тем выше скорость горения.

Запаздывающее влияние релаксационного фактора  $\alpha$  на среднеобъемное время  $\langle \tau \rangle$  погранслоного выгорания в диффузионном режиме частицы топлива радиуса  $R$  с эволюционной микроструктурой имеет вид [32]:

$$\langle \tau \rangle = \frac{3}{R^3} \int_0^R \bar{\tau} r^2 dr = n^{-1} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{nR^2}{2m}\right) \left[ 1 + \frac{3}{10} \frac{nR^2}{m} \right] \right\} \quad (14)$$

Из соотношения (14) следует известный результат, что скорость диффузионного горения частицы пропорциональна квадрату радиуса, причем с его уменьшением горение частицы интенсифицируется. Микроизменения в структуре частицы с уменьшением  $n = 2\alpha^{-1}$  интенсифицируют процесс.

Величина  $m = D_0 \rho_0 \text{Ln}(1+B) / \rho$  движущая сила процесса массопереноса;  $B$  - параметр переноса массы (тепла) [33];  $R^2/m$  - диффузионный параметр выгорания;  $D_0$  - коэффициент диффузии в газовой пленке окружающую частицу;  $\rho$  - плотность частицы;  $\rho_0$  - плотность окружающей среды выгорания. Параметр  $nR^2/m$  отражает движущую силу процесса массопереноса, с учетом запаздывающего влияния релаксационного фактора на время (скорость) выгорания частицы топлива с релаксационной микроструктурой.

### Выводы

Неравновесная термодинамика в данное время удовлетворительно развита для бесструктурных сред и слабодиссипативных процессов переноса, которые находятся вблизи термодинамического равновесия. Феноменологическая теория для таких процессов строится как последовательная смена локально-равновесных состояний в целом неравновесной макросистеме.

Для флуктуационно-диссипативных сред с микроструктурой, когда на основное движение накладываются энтропийные, диффузионные силы, движение становится настолько сложным, что возникает необходимость совместно использовать термодинамические (детерминированные) и статистические (вероятностные) подходы в описании уже нелинейных локально - неравновесных процессов переноса (например, эволюционный внутренний статистический параметр).

На основе структурно - феноменологической реодинамической модели процесса переноса импульса, построенной в рамках неравновесной термодинамики и статистической физики с учетом релаксационного параметра, в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил, определены базовые принципы для исследования неравновесных (немгновенных и нелокальных) нелинейных процессов переноса в средах с эволюционной микроструктурой. Показано, что

релаксационный фактор лежит в основе нелинейных неравновесных флуктуационно-диссипативных процессов переноса.

Нелинейность, неравновесность для тензора напряжений в уравнении движения среды с эволюционной микроструктурой обусловлены релаксационными изменениями в микроструктуре. Мерой нелинейности в неравновесных процессах переноса является релаксационное время, соответствующее времени внутренних структурных перестроек в системе. Установлено, что равновесное состояние среды с микроструктурой характеризуется внутренним микроструктурным масштабом, величина которого зависит от произведения только внутренних диффузионных и релаксационных свойств (среднеквадратичного радиуса инерции).

Установлено, что реакция среды с эволюционной микроструктурой на внешнее воздействие не является только ее внутренним релаксационным свойством, а изменяется во времени (число  $De$ ) и пространстве (число  $We$ ) в зависимости от длительности внешнего пространственно - временного нагружения. Определены области линейного и нелинейного влияния релаксационного фактора на пространственно – временные режимы деформирования.

Релаксационный метод исследования процессов переноса в средах с эволюционной микроструктурой позволяет с единых позиций изучить нелинейные и неравновесные (немгновенные и нелокальные) процессы переноса. В частности: эволюцию структурных элементов и организацию системных диссипативных структур, включая их влияние на процесс производства энтропии и изменения напряженного состояния в открытых системах; аномалию вязкости и механоактивацию среды, обусловленную явлениями релаксации; определяет области изменения внутренних параметров немгновенности и нелокальности процессов переноса; запаздывающее релаксационное влияние на процесс погранслоного тепломассопереноса и запаздывающее влияние релаксационных явлений на время экологического выгорания частицы топлива с микроструктурой.

### Литература

1. Де Грот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. М: Мир. 1964. 456 с.
2. Протождьяконов И.О., Марцулевич Н.А., Марков А.В. Явления переноса в процессах химической технологии Л: Химия. 1981. 263 с.
3. Смольский Б.М., Шульман З.П., Гориславец В.М. Реодинамика и теплообмен нелинейно – вязкопластичных материалов. Минск: 1970. 443 с
4. Яхно О.М. Дубовицкий В.Ф. Основы реологии полимеров Киев: Вища школа. 1976. 185 с.
5. Астарита Дж. Марручи Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. М: 1978. 309 с.

6. Bird R. B., Armstrong R. C., Hassager O. Dynamics of polymeric liquids., Fluid Mechanics. New York: Wiley, 1987. 440 с.

7. Хан Ч. Д. Реология в процессах переработки полимеров. М: 1979. 365 с.
8. Петров Н., Бранков. Й. Современные проблемы термодинамики М: 1986. 282 с.
9. Соболев С.Л. Локально-неравновесные модели процессов переноса //Успехи физических наук. 1997. Т. 167. №10. С. 1095- 1106.
10. Кудинов И.В. Математическое моделирование локально-неравновесных процессов переноса теплоты, массы, импульса с учетом релаксационных явлений: дисс. д-ра техн. наук. Самара. 2017. 226 с.
11. Дэй У.А. Термодинамика простых сред с памятью. Вып. 4, М: 1974. 188 с.
12. Капильный А.Г., Карабутов А.А. Процессы переноса в расширенной необратимой термодинамике //в сборнике «МАТЕМАТИКА MONTISNIGRI» 2016. Т. 36. С. 86-103.
13. Leonov A.I. Nonequilibrium thermodynamics and Rheology of Viscoelastic polymer media. Rheologie acta. 1976. Vol.15, N 2. P. 65-98.
14. Попов В.И. Реокинетика переноса вещества и импульса химически активных средах с микроструктурой // Теплофизика и аэромеханика. 2001. Т.8, №2. С.269-28.
15. Попов В.И. Исследование эволюции химически активных полимерных структур в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил //Теоретические основы химической технологии. 2011. Т.45, №5. С.519-528.
16. Popov V. I., Kuznetsov A.V. Investigation of the characteristics of the development of the boundary layer motion of locally nonequilibrium systems. Journal of Physics:Conference Series (Proc. 37th STS), 2150 (2022) 012028.P.1-3.
17. Жоу Д., Касас-Баскес Х., Лебон Дж. Расширенная необратимая термодинамика. Москва-Ижевск: «Регулярная и хаотическая динамика». Институт компьютерных исследований, 2006. 526 с.
18. Цветков В.Н., Эскин, В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворах. М: Наука. 1964. 720 с.
19. Зубарев Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика. М: Наука. 1971. 416 с.
20. Кутателадзе С.С., Попов, В.И., Хабахпашева. Е.М. К гидродинамике жидкостей с переменной вязкостью //Журн. прикл. механики и техн. физики. 1966. № 1. С.45-49.
21. Рейнер М. Реология М: Наука. 1965. 224 с.
22. Gaskins F. H., Philippoff W. The behaviour of jets of Viscoelastic fluids. Transactions of the Society of Rheologie. 1959. Vol. 3. P.181-187.
23. Brodnyia J.G., Gaskins F.H., Philippoff W., Lendrat E.G. The rheology of various solutions of cellulose derivatives. Transactions of the Society of Rheologie. 1958. Vol.2. P. 285-302.

24. King R.G. Rheological measurement of three polyethylene melts. *Rheologie acta*. 1966. Vol.5, N 1. P. 35-43.
25. Bagley E.B. The Separation of Elastic and Viscous Effects in Polymer Flow. *Transactions of the Society of Rheology*. 1961. Vol. 5. P. 355-361.
26. Dexter F.D., Mille J.C., Philippoff W. Flow Birefringence of Molten Polyethylene. *Transactions of the Society of Rheology*. 1961. Vol. 5. P. 193-197.
27. Harris J. Normal stress measurement in Viscoelastic flow. *Brit. Journal of Applied Physics*. 1963. Vol. 14, N 5. P. 307-311.
28. Pilpel N. Some properties of certain Viscoelastic liquids. *Transactions of the Faraday Society*. 1955 . Vol. 51, part 9, N 393. P. 1307-1312.
29. Попов В.И. Механоактивация процесса переноса в полимерных системах //Журн. прикл. механики и техн. физики. 2012. Т.53, № 6. С.88-96.
30. Burdukov A.P., Dekterev A.A., Hanjalić K., Chernetskiy M.Yu. Mechanical activation of micronized coal: prospects for new combustion applications. *Applied Thermal Engineering*. 2015. Vol. 74. P. 174 – 181.
31. Попов В.И. Влияние механохимической активации и микропомола на интенсивность горения твердого топлива // Журнал химия твердого топлива. 2017. № 1, С. 36-43.
32. Попов В.И. Горение частицы топлива с микроструктурой //Теоретические основы химической технологии. 2006. Т.40, № 4. С.1-9.
33. Сполдинг Д.Б. Основы теории горения. М: Госэнергоиздат. 1959. 320 с.
- Автор д.т.н. Попов Виталий Исакович.

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК. 547.426.251+547.426.21

**Олимов Р.А.**

Дангаринский государственный университет  
735320, Республика Таджикистан Дангаринский район, ул. Маркази 25.  
Тел. (+992) 900231573.

### СИНТЕЗ НА ОСНОВЕ МОНОАЛКИЛОВЫХ ЭФИРОВ ГЛИЦЕРИНА

**Olimov Rakhmonali**

Dangara State University.  
735320, Republic of Tajikistan, Dangara district, st. Markazi 25.  
Phone: (+992) 900231573.

### SYNTHESIS BASIS ON MONOALKYL ESTERS OF GLYCEROL

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.1.94.399

На основе моноалкиловых эфиров глицерина синтезирован ряд циклических тиолфосфатов, их состав и строение доказаны современными методами элементного и инструментального анализа. При испытании их на посевах хлопчатника установлены рострегулирующие свойства полученных тиолфосфатов. Наибольшая эффективность имела место при замачивании семян хлопчатника 0,002% раствором 4-метоксиметил-2-оксо-2-тиометил-1,3,2-диоксафосфолана. При концентрации 0,002% энергия прорастания и всхожесть опытных семян увеличилась на 18,04-17,4%, корневая система и масса целого растения на 17,1мм и 28,2% соответственно. В итоге урожайность хлопка-сырца увеличилась на 27% по сравнению с контролем.

On a basis monoalkyl ethers of glycerin aethers a number cyclic thiolphosphates is synthesised, their composition and a structure are proved by modern methods of the element and tool analysis. At test for cotton crops are established growth regulative properties received. At test for cotton crops are established properties received thiolphosphates. The greatest efficiency took place at soaking of seeds of a cotton of 0,002 % by a solution 4-methoxymethyl-2-oxo-2-tiomethyl-1,3,2-dioxophospholane. At concentration of 0,002 % energy of germination and growth similar skilled seeds has increased on 18,04-17,4 %, root system and weight of the whole plant on 17,1mm and 28,2 % accordingly. As a result productivity of a clap-raw has increased by 27 % in comparison with the control.

Ключевые слова. 1,3,2-диоксафосфолан, тиолфосфаты, анализ, эффективность, энергия, катализатор, растворители.

Key words: 1,3,2-dioxophospholane, iolphosphates, analysis, efficiency, energy the catalyst, solvents.

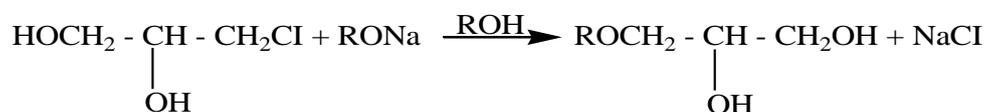
Нами синтезирован ряд моноэфиров глицерина по разработанной методике, путем гидролиза алкоксилор-2-пропанолов с применением щелочных агентов (NaOH, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>):



Полнота протекания гидролиза подтверждалась методом ИК-спектроскопии, сравнением характерных полос поглощения исходных и конечных продуктов реакции. При этом наблюдается исчезновение полосы поглощения, характеризующей группу C-Cl (760-750 см<sup>-1</sup>) исходных продуктов и появление широкой полосы поглощения в области 3500-3480 см<sup>-1</sup>, относящейся

к гидроксильным группам соответствующего диола – конечного продукта. По этой методике нами также синтезированы моноэфиры глицерина с радикалами C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>.

Достоверность полученных соединений подтверждена проведением встречных синтезов с использованием α-моноклоргидрина глицерина и алкоколятов предельных спиртов по схеме [1-2]:



где: RO - CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O, n-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>O

Физико-химические константы соединений, полученных двумя независимыми способами, были

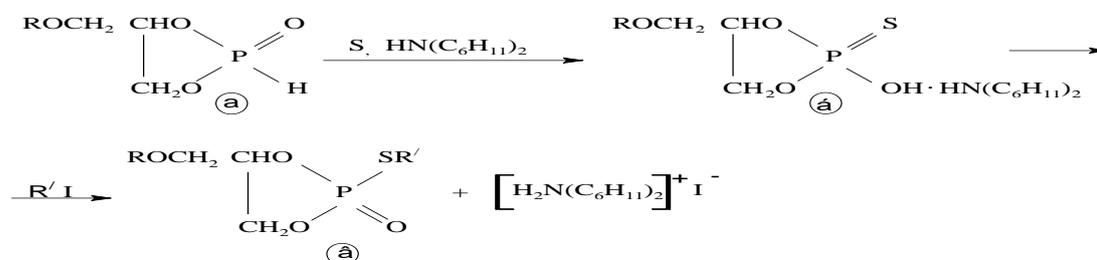
идентичны. Чистоту полученных эфиров контролировали методом ТСХ. В качестве проявителя использовали пары йода.

Полученные  $\alpha$ -моноэфиры глицерина ( $C_2-C_6$ ) представляют собой бесцветные, сиропообразные без запаха жидкости, устойчивые при хранении, хорошо растворимые в органических растворителях и в воде.

Проведенными испытаниями на выявление биологической активности показано, что ряд эфиров  $\alpha$ -монохлоргидрина глицерина обладает избирательным ингибирующим действием на всхожесть и энергию прорастания семян хлопчатника, пшеницы, гороха и перко.

Ряд смешанных моно-, ди- и триэфиров глицерина, содержащих ненасыщенные радикалы, обладает заметной физиологической активностью и предложен в качестве перспективных регуляторов роста растений.

$\alpha$ -Моноалкиловые эфиры глицерина получают взаимодействием алкоксида глицерина



Где  $R = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5$ ;  $R' = \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, \text{C}_3\text{H}_7$

Исходные кислые фосфиты (а) получены по методике, приведенной в [4].

Действием на кислые фосфиты серы и дициклогексиламина получены соли 4-алкоксиметил-2-тионо-2окси-1,3,2,-диоксафосфоланов (б). К раствору этой соли в десятикратном объеме абс. бензола при перемешивании и при  $26^\circ\text{C}$  добавили по каплям йодистый алкил. На следующий день, после удаления соли и растворителя, выделили вакуумной перегонкой 4-алкоксиметил-2-оксо-2-тиоалкил-1,3,2,-диоксафосфоланы (в).

Выделенные соединения (в) представляли собой слегка желтоватые подвижные жидкости с резким, неприятным запахом, растворимые в воде и в органических растворителях.

Состав и строение полученных тиолфосфатов доказаны определением элементного состава, расчётом  $M_{\text{R}_D}$ , ИК- и ПМР- спектров, чистота полученных соединений контролировалась методом тонкослойной хроматографии на силуфолевой бумаге промышленного образца в спиртобензольной элюентной жидкости, проявителем служил йод.

Один из полученных препаратов (I)-4-метоксиметил-2-оксо-2-тиометил-1,3,2,-диоксафосфолан был использован для предпосевной обработки семян тонковолокнистого хлопчатника сорта 5904-и, с целью выяснения его

с алкилгалогенидами или алкил п-толуолсульфонатами и метансульфонатами.

Интерес к синтезу и изучению  $\alpha$ -моноалкиловых эфиров глицерина существенно возрос после получения 3-октадецилокси-1,2-пропандиола ("батилола") - эффективного средства для профилактики и лечения лучевой болезни. Синтез этого препарата осуществляют путем первоначального превращения метилстеарата в октадециловый спирт, с помощью алюмогидрида лития [3].

С целью увеличения арсенала физиологически активных веществ в настоящей работе, а также нами синтезированы на основе производных глицерина некоторые тиолфосфаты и изучены их свойства.

Синтез тиолфосфатов осуществляли по методике разработанной академиком АН СССР Кабачником М.И. по схеме:

влияния на рост и развитие хлопчатника. В качестве контроля применяли воду и янтарную кислоту.

Установлено, что препарат 4-метоксиметил-2-оксо-2-тиометил-1,3,2,-диоксафосфолан в концентрации 0,002%, после замачивания в нём опытных семян имеет наибольшую эффективность по сравнению с контролем.

При этой концентрации препарата энергия прорастания и всхожесть опытных семян увеличилась на 18,04-17,4% соответственно по сравнению с контрольным вариантом. Также было отмечено увеличение корневой системы на 27,1мм, увеличение массы целого растения на 28,2% по сравнению с контролем и увеличение урожайности опытного хлопчатника.

Многочисленными исследованиями [5] установлено, что на рост и развитие растений оказывают сильное влияние некоторые органические вещества, или регуляторы роста. Ими установлено, что регуляторы роста вырабатываются в процессе обмена веществ и содержатся в растительном организме в чрезвычайно малых количествах. Их образование является результатом естественного функционирования растений. Включаясь в обмен веществ, эти вещества оказывают на него определенное действие, в результате чего изменяется его направление, поднимается или

снижается уровень жизнедеятельности растений. С помощью регуляторов роста можно активизировать или задерживать тот или иной процесс, проходящий в растительном организме.

#### ЛИТЕРАТУРА

Р.А. Синтез и превращения производных кислородсодержащих гетероциклов на основе моноэфиров  $\alpha$  - глицерина / Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологий и дизайна Санкт-Петербург - 2022. №4. С. 132-136.

Обидов М. Дж., Олимов Р.А., Шарипов И.Н., Каримов М.Б. Синтез уретана (карбамата) на основе  $\alpha$ -моноэфиров глицерина //Вестник ТНУ, серия естественных наук Душанбе, 2017. №1/3. С. 98-201.

Олимов Р.А. Синтез на основе  $\alpha$ -моноэфиров глицерина и изучение их физико-химических и биологических свойств: дисс. к.х.н. – Душанбе, 2010, 109 с.

Хабибулаева О.К., Каримов М.Б., Олимов Р.А. /Диоксафосфоланы на основе глицерина обладающие рострегулирующим действием// Материалы международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования» - Д. 2010. стр. 65.-67.

Тагаева Х.Э., Олимов Р.А. и др. Влияние новых синтетических регуляторов роста Ф-1 и Ф-2 на прорастания семян пшеницы// Известия АН РТ, Отделение биолог. и медиц. наук, №2 (190). Душанбе 2015. ISSN:0002-3477. С. 26-31.

#9(94), 2023 часть 1  
Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)  
Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.  
Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.  
Периодичность: 12 номеров в год.  
Формат - А4, цветная печать  
Все статьи рецензируются  
Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#9(94), 2023 part 1  
Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)  
The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.  
The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.  
Periodicity: 12 issues per year.  
Format - A4, color printing  
All articles are reviewed  
Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Климек (Польская академия наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия наук)**

**Михал Невядомский (Институт международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>