

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 11 2022 (НОЯБРЬ)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

Главный редактор  
**А.В. Царегородцев**  
Выпускающий редактор  
**Ю.Б. Миндлин**

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016  
В течение года можно произвести подписку  
на журнал непосредственно в редакции.

### Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научные технологии»**

Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел./факс: 8(495) 142 8681  
E-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>

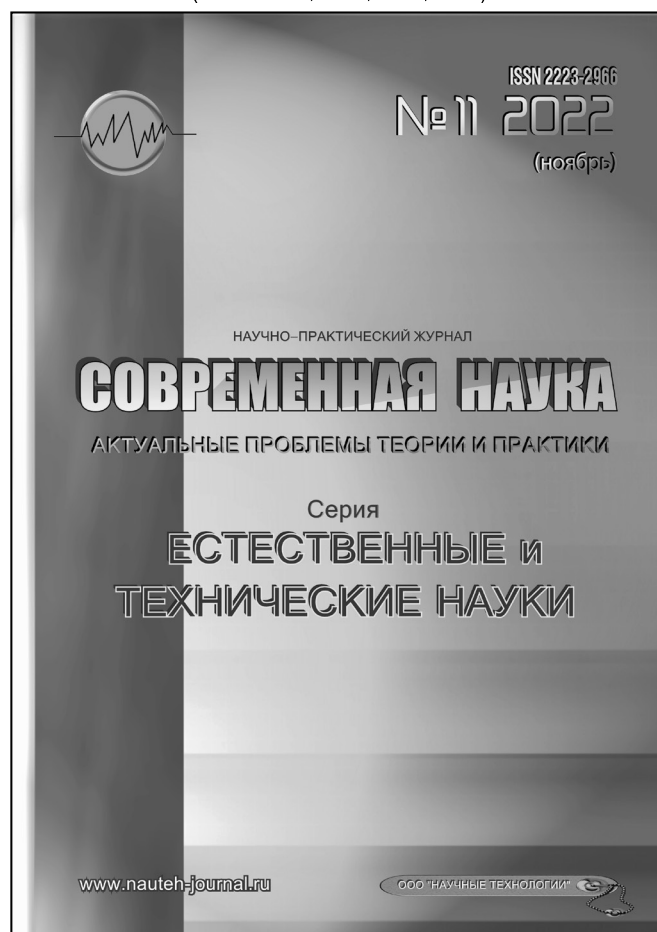
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK – 1.2.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



### В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ,  
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука:  
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 25.11.2022 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



## Редакционный совет

**Атаев Алевдин Рашитханович** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Безруких Марьям Моисеевна** — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

**Бекетов Сергей Валериевич** — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

**Белых Владимир Иванович** — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Грачев Николай Николаевич** — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

**Гусева Анна Ивановна** — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Зубкова Валентина Михайловна** — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

**Каллаев Нажмудин Омаркадиевич** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Квасов Андрей Иванович** — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Корнеев Андрей Матиславович** — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

**Корягина Наталья Александровна** — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А. Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кравец Бронислава Борисовна** — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кулик Сергей Дмитриевич** — д.т.н., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Матвеев Всеволод Борисович** — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

**Надежкин Сергей Михайлович** — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

**Овезов Алексей Мурадович** — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

**Олейникова Светлана Александровна** — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

**Рахимов Ильгизар Ильясович** — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Ромашкова Оксана Николаевна** — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

**Симаков Юрий Георгиевич** — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

**Симоненков Алексей Павлович** — д.м.н., профессор, независимый эксперт

**Трапезов Олег Васильевич** — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

**Федорова Оксана Ивановна** — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**Харитонов Михаил Анатольевич** — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

**Басс С.П., Белоусова Н.Ф., Азимова Г.В., Гуляева А.Н.** — Оценка состояния генофонда лошадей вятской породы в современных условиях  
*Svetlana P., Natalya F., Azimova G., Gulyaeva A.* — The assessment of Vyatka horse breed genetic state in modern conditions. ....7

**Джамалов З.З., Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф.** — Получение биотоплив и волокнистых целлюлозосодержащих материалов топливно-энергетического назначения в нефтегазовой отрасли  
*Djamalov Z., Kemalov R., Kemalov A.* — Production of biofuels and fibrous cellulose-containing materials for fuel and energy purposes in the oil and gas industry .....12

**Гузеева С.А., Митриковский А.Я.** — Тяжелые металлы как результат химической мелиорации солонцов  
*Guzeeva S., Mitrikovskij A.* — Heavy metals as a result of the aftereffect of chemical reclamation of salt pans .....22

**Корягин Ю.В., Сашенкова С.А., Корягина Н.В., Куликова Е.Г.** — Активность бактерий азотобактер хроококкум в зависимости от элементов минерального питания в почве  
*Koryagin Yu., Sashenkova S., Koryagina N., Kulikova Ev.* — Activity of bacteria azotobacter chroococcum depending on the elements of mineral nutrition in the soil ..... 26

**Красноперова С.А.** — Оценка качества подземных вод на примере нефтяного месторождения Удмуртии  
*Krasnoperova S.* — The assessment of groundwater quality on the example of the oil field of Udmurtia .....34

**Ломсков М.А., Пименов Н.В., Коновалов А.М.** — Место домашних животных в современной зоологической систематике  
*Lomskov M., Pimenov N., Konovalov A.* — The place of domestic animals in modern zoological systematics .....39

**Мансуров О.П., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А.** — Вторичное использование обыкновенного тростника для получения биоэтанола  
*Mansurov O., Kemalov A., Kemalov R.* — Secondary use of ordinary cane for the production of bioethanol .....43

**Нгуен Минь Тьби, Иванцова Е.А.** — Методы полипутникового анализа для оценки загрязнения воздуха в Ханой (Вьетнам)  
*Nguyen Minh Thi, Ivantsova E.* — Poly satellite analysis methods for air pollution assessment in Hanoi (Vietnam) .....49

**Цехомский А.В., Воронов А.В.** — Социальный фактор в проведении массового пренатального скрининга неинвазивными методами  
*Tsekhomsky A., Voronov A.* — Social factor in conducting mass DNA screening by noninvasive methods .....58

**Цехомский А.В., Малай Д.А., Пейливаньян Э.Г.** — Обзор окислительных возможностей митохондриального энергетического аппарата  
*Tsekhomsky A., Malai D., Peylivanyan E.* — Review of the oxidative capabilities of the mitochondrial energy apparatus .....63

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Багрянцев И.А., Беленов Д.А.** — Создание математической модели универсального электромагнитного реле постоянного тока в программной среде Matlab  
*Vagryantsev I., Belenov D.* — Creating a mathematical model of a universal electromagnetic dc relay in the software Matlab .....67

**Вагапов В.З.** — Краевая задача типа Трикоми в неограниченной области  
*Vagapov V.* — Tricomi-type boundary value problem in an unbounded domain .....80

<b>Гончаров К.Н., Лукьянов С.Л., Кулаков Д.Н., Туманян О.К.</b> — Синтез угла тангажа системы стабилизации летательного аппарата при помощи метода технологии вложения систем <i>Goncharov K., Lukanov S., Kulakov D., Tumanyan H.</i> — Synthesis of the pitch angle of the aircraft stabilization system using the method of systems embedding technology.....86	<b>Мельников Д.В., Петровичев М.А.</b> — Алгоритм управления зарядного устройства на основе однофазного Виенна-выпрямителя <i>Melnikov D., Petrovichev M.</i> — Charger control algorithm based on a single-phase Vienna rectifier . . . .126
<b>Душко В., Худяков Е.</b> — Специализированный программно-аппаратный комплекс для расчета динамики размыва океанотехнических сооружений <i>Dushko V., Khudyakov E.</i> — Specialized software and hardware complex for calculating the dynamics of erosion of ocean structures.....95	<b>Москвица Н.А.</b> — Исследование особенностей обеспечения защиты информации в процессе автоматизации современных медицинских учреждений <i>Moskvina N.</i> — Study of the peculiarities of ensuring information protection in the process of automation of modern medical institutions.....133
<b>Кочнев А.А.</b> — Использование сверточной нейронной сети в сфере психологии потребления <i>Kochnev A.</i> — Using a convolutional neural network in the field of consumption psychology.....100	<b>Овчаров П.Н., Коробкин С.В.</b> — Методы оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании <i>Ovcharov P., Korobkin S.</i> — Methods for evaluating effectiveness, the quality and reliability of the functioning of the aircraft safety system during maintenance . . . . .141
<b>Кочнев А.А.</b> — Развитие сверточных нейронных сетей для решения задач классификации и локализации <i>Kochnev A.</i> — Development of convolutional neural networks for solving classification and localization problems . . . . .104	<b>Попов О.Б., Чернышева Т.В., Кузнецов П.Г., Макарина Д.А.</b> — Оптимизация параметров посегментного компандирования звукового сигнала <i>Popov O., Tatiana V., Kuznetsov P., Makarina D.</i> — Optimization of segmental parameters companding the sound signal. . . . .146
<b>Литвинов Д.М.</b> — Архитектура ИТ-ландшафта цифрового банка <i>Litvinov D.</i> — Digital landscape architecture for bank... 109	<b>Садовников В.К.</b> — Методы и модели анализа качества информационных процессов и информационных ресурсов при внедрении технологии 3D печати в промышленности <i>Sadovnikov V.K.</i> — Methods and models for analyzing the quality of information processes and information resources in the implementation of 3D printing technology in industry. . . . .152
<b>Лоссов К.И.</b> — Защита передачи пространственно-временных данных с применением криптографических протоколов на группах при моделировании распространения волн с использованием сплетений групп. <i>Lossov K.</i> — Protection of the transmission of spatio-time data with the use of cryptographic protocols on groups in modeling wave propagation using regular wreath product of groups.....114	<b>Силина И.Г.</b> — Семантические сети и веб-ГИС в решении комплексных задач обеспечения безопасности территорий <i>Silina I.</i> — Semantic networks and web GIS in solving complex problems of territorial security . . . . . 157
<b>Маркеев М.В.</b> — Изменение размеров изображений для улучшения кластеризации <i>Markeev M.</i> — Resizing images to improve clustering... 119	

**Ступаков В.Я.** — Автоматизация управления техническим состоянием авиационной техники, поддержания и сохранения летной годности воздушных судов, обеспечения безопасности полетов  
*Stupakov V.* — Automation of management of the technical condition of aviation equipment, maintenance and preservation of airworthiness of aircraft, flight safety .....165

**Шайхуллин А.З., Низамиев М.Ф.** — Метод и Алгоритм моделирования диагностики для силового трансформатора на основе машинного обучения  
*Shaikhullin A., Nizamiev M.* — Method and algorithm of diagnostics modeling for a power transformer based on machine learning ... 169

#### Клиническая медицина

**Алиева У.Б., Шахбанов Р.К., Дибиров Т.М., Сулейманова Х.Г., Мусаева Д.О., Асадулаева М.Н.** — Миелопероксидазная активность нейтрофилов крови при хроническом отравлении солями свинца  
*Alieva U., Shakhbanov R., Dibirov T., Suleymanova K., Musayeva J., Asadulayeva M.* — Myeloperoxidase activity of blood neutrophils in chronic poisoning with lead salts.....179

**Амирова З.Р., Полиданов М.А., Кондрашкин И.Е., Укатова Т.С., Степаненко Э.А., Блохин И.С.** — Оценка психоэмоционального профиля пациентов фтизиатрического стационара  
*Amirova Z., Polidanov M., Kondrashkin I., Ukatova T., Stepanenko E., Blokhin I.* — Assessment of the psycho-emotional profile patients of the phthisiological hospital.....182

**Громов А.Л., Лунев М.А., Петраш Д.А., Тишков Д.С.** — Статистика и систематика одонтогенных воспалительных заболеваний с учетом фоновой соматической патологии (обзор литературы).  
*Gromov A., Lunev M., Petrash D., Tishkov D.* — Statistics and systematics of odontogenic inflammatory diseases taking into account background somatic pathology (literature review). ....188

**Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В., Требунских А.С., Аюпова Н.Т., Блажнова Е.М., Целкович Л.С., Балтер Р.Б.** — Анализ изменения овариального резерва у женщин после различных видов лечения миомы матки  
*Ibragimova A., Ivanova T., Trebunskikh A., Ayupova N., Blazhnova E., Tselkovich L., Balter R.* — Analysis of changes in ovarian reserve in women after various types of treatment of uterine fibroids .....192

**Ленковец М.** — Результаты реконструкции корня аорты по методике David при различных анатомических вариантах недостаточности аортального клапана  
*Lenkovets M.* — Results of aortic root reconstruction by the David method in various anatomical variants of aortic valve insufficiency.....199

**Максумов А.А., Исхаков О.С., Мещеряков С.В.** — Особенности диагностических и лечебных мероприятий у детей разных возрастных групп получивших позвоночно-спинномозговую травму в результате дорожно-транспортного происшествия при использовании ремней безопасности и детских удерживающих устройства  
*Maksumov A., Iskhakov O., Meshcheryakov S.* — Features of diagnostic and therapeutic measures in children of different age groups who received a spinal cord injury as a result of a traffic accident when using seat belts and child restraints .....207

**Осколкова А.И., Паршина С.С., Кондрашкин И.Е., Полиданов М.А., Карсаков В.А., Афанасьева Т.Н., Самсонов С.Н.** — Геомагнитная возмущенность и риск развития психосоматических заболеваний у добровольцев средних широт проекта «Гелиомед-2» в контексте их тревожности  
*Oskolkova A., Parshina S., Kondrashkin I., Polidanov M., Karsakov V., Afanasyeva T., Samsonov S.* — Geomagnetic disturbance and the risk of developing psychosomatic diseases the volunteers of the middle latitudes of the Heliomed-2 project in the context of their anxiety. ....213

**Петрова А.М., Малезжик М.С., Жилыева О.А.** — Механизмы хронизации воспаления тканей пародонта  
*Petrova A., Malezhik M., Zhilyayeva O.* — Inflammatory chronic mechanisms of periodontal tissue .....221

<b>Поляков И.А., Зинатуллина Д.С., Алькова Д.П., Воронцова М.К.</b> — Эффективность фармакологической терапии фибрилляции предсердий у пожилых пациентов на догоспитальном этапе <i>Polyakov I., Zinatullina D., Alkova D., Vorontsova M.</i> — Antiarrhythmic therapy effectiveness evaluation in patient with atrial fibrillation and high ventricular rate before hospitalization .....224	<b>Хутиева Н.Ц., Хутиев Ц.С., Беслекоев У.С., Хутиева И.К., Наниев Б.Л.</b> — Рак легкого и Covid-19: состояние лечебно-диагностической и профилактической помощи в республике Северная Осетия-Алания <i>Khutieva N., Khutiev Ts., Beslekoev U., Khutieva I., Naniev B.</i> — Lung cancer and Covid-19: the state of treatment, diagnostic and preventive care in the republic of North Ossetia-Alania .....240
<b>Трипак И.Е., Стратан В.Г., Цицуяну В.Г., Сытник В.Ю., Добровольская А.В., Мишина А.Е.</b> — Абляция эндометрия как метод лечения предраковых состояний и ранних стадии рака эндометрия <i>Tripac I., Stratan V., Sitnic V., Dobrovolskaia A., Misina A.</i> — Ablation of the endometrium as a treatment for precancerous conditions and early stages of endometrial cancer .....229	<b>Чкадуа Т.З., Висаитова З.Ю., Ибрагимова Х.М.</b> — Рубцовые деформации челюстно-лицевой области, как следствие очаговой склеродермии: обзор современных методов лечения <i>Chkadua T., Visaitova Z., Ibragimova H.</i> — Scar deformations of the maxillofacial region as a consequence of focal sclerodermia: a review of modern treatment methods .....244
<b>Хутиев Ц.С., Беслекоев У.С., Наниев Б.Л., Хутиева Н.Ц., Хутиева И.К.</b> — Состояние онкологической помощи в условиях пандемии Covid-19 в республике Северная Осетия-Алания <i>Khutiev Ts., Beslekoev U., Naniev B., Khutieva N., Khutieva I.</i> — State of cancer care in the context of the Covid-19 pandemic in the republic of North Ossetia-Alania .....234	<b>Чочаева З.А., Назарова А.А., Махиева М.К., Мусаева К.Н.</b> — Основные изменения полости рта у пациентов, перенесших COVID-19 <i>Chochaeva Z., Nazarova A., Mahieva M., Musaeva K.</i> — The main changes in the oral cavity in patients who underwent COVID-19 .....250
	<b>Информация</b>
	Наши авторы. Our Authors .....254
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале ....258

# ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕНОФОНДА ЛОШАДЕЙ ВЯТСКОЙ ПОРОДЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

## THE ASSESSMENT OF VYATKA HORSE BREED GENETIC STATE IN MODERN CONDITIONS

**P. Svetlana  
F. Natalya  
G. Azimova  
A. Gulyaeva**

*Summary.* The purpose of the research is to assess the state of the gene pool of Vyatka breed horses in modern conditions. Method. To study this issue, an analysis of breeding stock horses both in agricultural enterprises and on private farms was made in the territory of three regions of the Russian Federation: the Udmurt Republic, the Kirov Region, the Central Federal District. For genetic characteristics, the entire livestock in each population was divided into groups based on the degree of relationship: group 1 outbred, group 2 with distant Fx inbreeding (0.2% — 1.55%), group 3 with dead Fx (1.56% — 12.5%), with inbreeding of close Fx (12.6% — 25%). The coefficient of inbreeding is estimated according to the Wright-Kislovsky formula. Results. The most typical horses with an inherent conformation are outbred horses from the population of the Central Federal District. Monitoring the quantitative composition of the breed showed that over the period from 1995 to 2021 the number of mares increased from 73 heads in 1995 to 287 in 2021, however, a sharp decrease in the number of the main composition of mares to 222 heads was recorded at the beginning of 2022. This tendency creates certain difficulties in the selection process. The largest number of mares is concentrated in the Central Federal District — 83 heads nowadays. At the present stage of work with the breed the analysis of genetic diversity showed that 43.3% of the representatives are outbred, it was based on the study of the increase in the homozygosity of individuals in a limited gene pool. Representatives of the Vyatka breed were obtained in equal proportions by distant and moderate inbreeding of 28.1% and 27%, respectively. Conclusions. The population of the rare aboriginal breed remains small; in conditions of a limited gene pool, specialists manage to avoid close inbreeding.

The most typical with the correct conformation are outbred horses from the population of the Central Federal District.

*Keywords:* Vyatka horse breed; limited gene pool; inbreeding degree; inbreeding coefficient; horse selection; population.

**Басс Светлана Петровна**

Кандидат сельскохозяйственных наук  
Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия  
Ижевск  
sveta.bass@inbox.ru

**Белюсова Наталья Феликсовна**

Кандидат сельскохозяйственных наук  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт коневодства  
natfb@yandex.ru

**Азимова Глафира Владимировна**

Кандидат сельскохозяйственных наук  
Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия  
Ижевск  
Glavira2009@yandex.ru

**Гуляева Анна Николаевна**

Аспирант  
Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия  
Ижевск  
santermnebrat@gmail.com

*Аннотация.* В настоящее время существенному сокращению подвергаются аборигенные породы сельскохозяйственных животных, что вызывает серьёзные опасения, поскольку такие породы являются носителями ценных приспособительных качеств. Цель исследований — оценка состояния генофонда лошадей вятской породы в современных условиях. Методы. Для изучения данного вопроса был проведён анализ поголовья племенных лошадей в сельскохозяйственных предприятиях, а так же у частных владельцев на территории трёх регионов Российской Федерации: Удмуртская Республика, Кировская область, Центральный федеральный округ (ЦФО). Для генетической характеристики всё поголовье в каждой популяции было разбито на группы с учётом степени родства: 1 группа аутбредные, 2 группа с инбридингом отдалённым Fx (0,2% — 1,55%), 3 группа с умеренным Fx (1,56% — 12,5%), с инбридингом близким Fx (12,6% — 25%). Коэффициент инбридинга определяли по формуле Райта — Кисловского. Наиболее типичными с правильным экстерьером являются аутбредные лошади из популяции ЦФО.

Результаты. Мониторинг количественного состава породы показал, что за период с 1995 года по 2021 год количество конематок увеличивалось с 73 голов в 1995 году до 287 в 2021 году, однако вначале 2022 года зафиксировано резкое сокращение численности основного состава конематок до 222 голов, что создаёт определённые трудности в селекционном процессе. Наибольшее количество конематок сейчас сосредоточено в Центральном федеральном округе — 83 головы. Анализ генетического разнообразия на основании изучения возрастания гомозиготности осо-



## Введение

**В** настоящее время следует отметить тот факт, что практика и наука нашей страны объединились по решению глобальной проблемы, связанной с вопросами биологического разнообразия. Проблема встала достаточно остро, поскольку утрата многочисленных видов животных и птицы идёт быстрыми темпами. Следует отметить, что на территории Российской Федерации зарегистрированы почти 400 пород животных, из которых в среднем 40% находятся на грани исчезновения [1]. Существенному сокращению подвергаются аборигенные породы сельскохозяйственных животных, что вызывает серьёзные опасения, поскольку такие породы являются носителями ценных приспособительных качеств [2]. В свете последних событий актуальным направлением в аграрном секторе является сохранение и совершенствование лошадей отечественных пород, которые могут быть достаточно конкурентноспособными, обладающими целым рядом ценных адаптивных свойств. В статистику исчезающей породы лошадей на сегодня входит и аборигенная порода — вятская. Порода насчитывает трёхсотлетнюю историю с различными периодами взлёта и забвения [3]. Основная характерная особенность породы заключается в её универсальности использования, и наличия высоких приспособительных качеств в условиях русского севера [4,5]. В настоящее время ряд аборигенных пород подвергаются изучению по особенностям аллелофонда, в результате проведённых исследований было выявлено, что данные породы обладают достаточно высоким уровнем генетического разнообразия [6].

Для сохранения породы важны племенные мероприятия в селекционном процессе. Особую сложность вызывает ограниченный состав племенного поголовья, участвующих в сохранении и совершенствовании породы. По классификации статусов риска вятскую породу можно отнести как «в состоянии опасности, контролируемая», т.е. порода с общей численностью

бей в условиях ограниченного генофонда на современном этапе работы с породой показал, что 43,3% представителей являются аутбредными. В равном соотношении получены представители вятской породы отдалённым и умеренным инбридингом 28,1% и 27% соответственно. Выводы. Популяция редкой аборигенной породы остаётся малочисленной, в условиях ограниченного генофонда специалистам удаётся избежать тесного инбридинга. Наиболее типичными с правильным экстерьером являются аутбредные лошади из популяции ЦФО.

*Ключевые слова:* вятская порода лошадей; ограниченный генофонд; степень инбридинга; коэффициент инбридинга; селекция лошадей; популяция.

конематок от 100 до 1000 голов, для такой популяции применяются программы сохранения, и она контролируется специалистами научно-исследовательских учреждений [7,8]. Основной отличительной особенностью пород с ограниченным генофондом от пород глобальных, является повышенный уровень гомозиготности, который находит определённое отражение в уровне инбридинга [9,10]. Накопленный в настоящее время богатый опыт по использованию инбридинга в племенной работе позволил всесторонне и более объективно подойти к оценке инбридинга, определить его место в системе племенной работы современного индустриализированного животноводства и изучить генетическую составляющую [11–16].

## Цель исследования

Оценка состояния генофонда лошадей вятской породы в современных условиях. Для решения поставленной цели определены ряд задач: проанализировать общий массив популяции лошадей всего и по основным ареалам распространения; изучить степень родства основного поголовья в породе, коэффициенты возрастания гомозиготности в зависимости от популяций.

## Материал и методы исследований

Объектом исследований послужили лошади вятской породы племенного состава и их потомство в количестве 374 головы. Материалы исследования: первичная зоотехническая документация, каталог жеребцов-производителей (2015 г), база данных породы. Анализ степени родства в массиве породы изучали на основании данных родословных с учётом четырёх поколений. Для сравнительной оценки лошадей были сформированы три группы наиболее многочисленных представителей породы, принадлежащие к разным популяциям, разводимым в трех регионах — Удмуртская Республика, Кировская область и Центральный ФО (ЦФО). Для генетической характеристики всё поголовье в каждой популяции было разбито на группы с учётом степени



Таблица 1. Реестр владельцев племенных кобыл вятской породы по регионам, гол

Регион	Количество конематок, гол	в том числе	
		с/х предприятия	частные владельцы
Удмуртская Республика	68	37	31
Кировская область	71	70	1
Центральный ФО	83	59	24
Итого	222	167	56

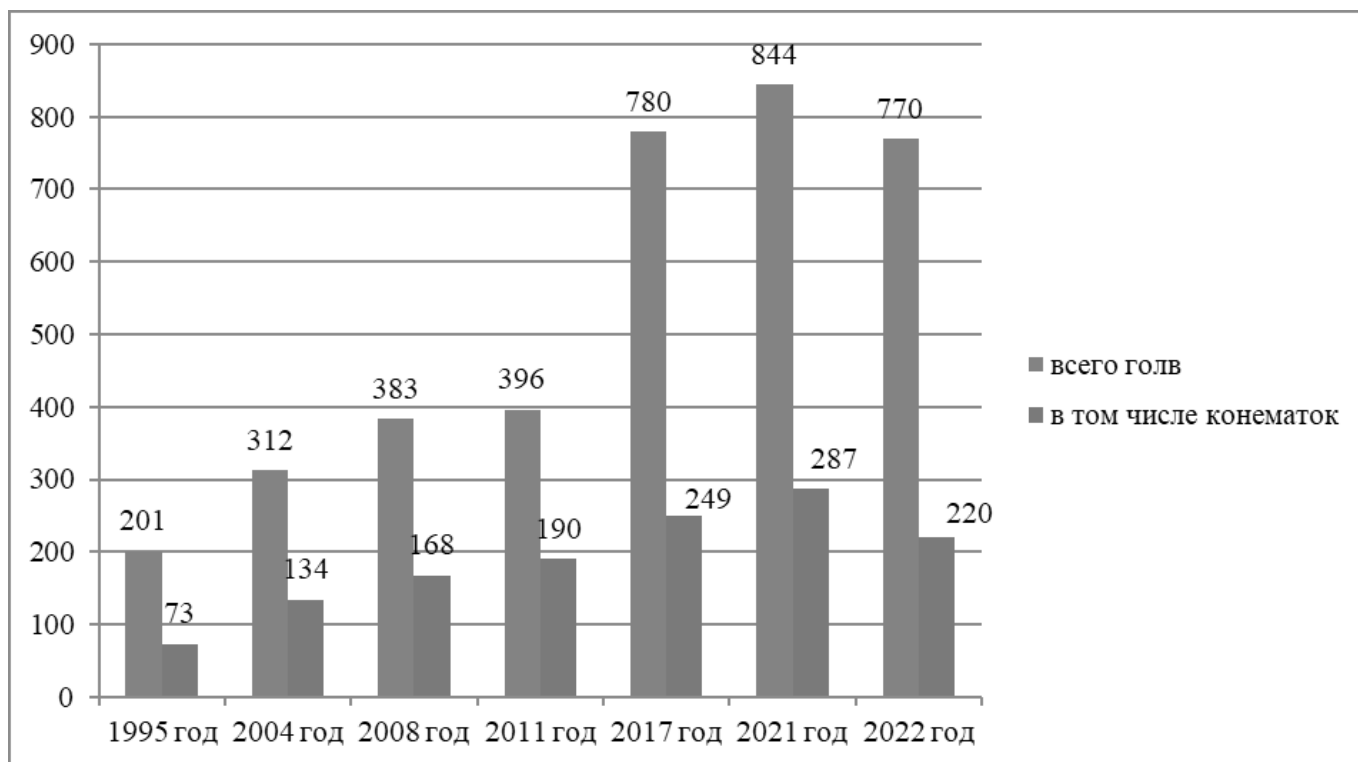


Рис. 1. Динамика численности поголовья лошадей вятской породы

родства: 1 группа аутбредные, 2 группа с инбридингом отдалённым  $F_x$  (0,2% — 1,55%), 3 группа с умеренным  $F_x$  (1,56% — 12,5%), с инбридингом близким  $F_x$  (12,6% — 25%). Коэффициент инбридинга определяли по формуле Райта — Кисловского.

#### Результаты исследований

Динамика численности лошадей вятской породы является показателем общего состояния породы в целом. Основная масса племенного ядра породы рассредоточена в трёх регионах России: Удмуртская Республика, Кировская область и Центральный ФО. Мониторинг количественного состава породы и в том числе маточного поголовья показал, что за период с 1995 по 2021 годы количество конематок уверен-

ными темпами увеличивалось с 73 голов в 1995 году до 287 в 2021 году (рис. 1).

Однако, в начале 2022 года произошло резкое сокращение маточного поголовья в результате прекращения работы одного из племенных репродукторов в Удмуртской Республике. Общее количество лошадей вятской породы в период с 2011 года достаточно быстро увеличилось более чем в два раза и к 2021 году составило 844 головы.

Следует отметить, что большинство кобыл на 01.04.2022 года принадлежало сельскохозяйственным предприятиям — 167 голов. Наибольшее их количество отмечено в Центральном федеральном округе — 83 головы, в том числе 59 голов являются собственностью сельскохозяйственных предприятий,

Таблица 2. Сравнительная оценка состояния генофонда лошадей вятской породы по популяциям

Популяция	n	Коэффициент инбридинга							
		Аутбридинг		Отдалённый (0,2–1,55%)		Умеренный (1,56–12,5%)		Близкий (12,6–25%)	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Удмуртская Республика	166	51	30,7	72	43,4	40	24,1	3	1,80
Кировская область	74	46	62,1	11	14,9	15	20,3	2	2,70
Центральный ФО	134	65	48,5	22	16,5	46	34,3	1	0,70
Итого	374	162	43,3	105	28,1	101	27,0	6	1,60

Таблица 3. Сравнительная оценка селекционных признаков на фоне инбридинга у лошадей вятской породы разных популяций

Популяция	Аутбридинг		Коэффициент инбридинга					
			Отдалённый (0,2–1,55%)		Умеренный (1,56–12,5%)		Близкий (12,6–25%)	
	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер	типичность	экстерьер
Удмуртская Республика	7,94±0,17	8,08±0,09	7,83±0,09	8,01±0,08	8,03±0,18	8,01±0,08	7,66±0,03	7,00±0,05
Кировская область	7,67±0,11	7,82±0,10	7,54±0,15	8,09±0,25	7,50±0,19	8,08±0,22	7,50±0,01*	8,50±0,02
Центральный ФО	**8,27±0,19	**8,45±0,15	**8,01±0,02	**8,75±0,16	7,91±0,28	8,50±0,23	-	-

\*P≥0,95 \*\* P≥0,99

в частности крупнейшим хозяйством в данном регионе является ООО «Вавилово» Липецкой области (табл. 1).

Кировская область представлена 71 конематкой. ОАО «Агрофирма «Гордино» — единственное на сегодняшний день генофондное хозяйство по разведению лошадей вятской породы в Российской Федерации. В Удмуртской Республике насчитывается 68 конематок, в том числе 37 в сельскохозяйственных организациях.

Анализ общего поголовья лошадей, вошедших в обработку, показал, что несмотря на селекцию в условиях ограниченного генофонда доля лошадей, полученных в результате аутбридинга, составляет 43,3% (табл. 2).

Так в Кировской области 62,1% представителей породы являются аутбредными, что значительно больше, чем в сравниваемых популяциях. В условиях ограниченного генофонда избежать инбридинга невозможно, однако для закрепления ценных признаков, а так же повышения резистентности организма, данный метод является необходимым приёмом в племенной работе. В равном соотношении получены представители вятской породы отдалённым и умеренным инбридингом 28,1% и 27% соответственно. Следует отметить, что популяция Удмуртской селекции в основном состоит из лошадей, полученных при отдалённом инбридинге, на их долю приходится 43,4%.

Основными селекционируемыми признаками в вятской породе являются типичность и экстерьер, которые дают общую картину среди популяции анализируемой породы. Сравнительная оценка между популяциями по типичности показала, что аутбредные лошади Центрального федерального округа имеют более высокий балл 8,27, что больше чем у лошадей вятской породы из Кировской популяции на 0,6 баллов (P≥0,99) (табл. 3).

Такая же закономерность прослеживается по экстерьерным признакам, лошади Центрального ФО имеют более высокие баллы по сравнению со сравниваемой Кировской популяцией на 0,63 балла (P≥0,99). Лошади Удмуртской популяции имеют промежуточное значение. В группах отдалённого инбридинга лучшие баллы отмечены в популяции лошадей из ЦФО по сравнению с Кировскими представителями как по типичности, так и по экстерьерным признакам на 0,47 и 0,74 баллов соответственно (P≥0,99). В группах умеренного и близкого инбридинга достоверных различий не выявлено.

### Заключение

Таким образом, основная масса племенного ядра породы рассредоточена в трёх регионах России, увеличение численности поголовья лошадей происходило до 2021 года, однако в начале 2022 года произошло

значительное сокращение маточного поголовья. Большинство кобыл, принадлежит сельскохозяйственным предприятиям. Наиболее типичными с правильным экстерьером являются аутбредные лошади из популяции ЦФО. Несмотря на статус породы, отнесённой

по классификации статусов риска, как «в состоянии опасности», генетическая составляющая селекционного процесса в совершенствовании породы остаётся контролируемой при 43,3% аутбредного состава всего проанализированного поголовья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Столповский Ю.А., Лисичкина М.Г., Каштанов С.Н. Сохранение пород домашних животных *ex situ*, // Биологические коллекции сегодня и завтра: Материалы Российской конференции с международным участием «Передовые практики и перспективы использования зоологических коллекций», Москва, 15–16 октября 2018 года. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2018. С. 153–155.
2. Столповский Ю.А., Захаров-Гезехус И.А. Захаров-Гезехус И.А. Проблема сохранения генофондов domesticiрованных животных // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 4. С. 477–486.
3. Басс С.П. Вятская порода лошадей как популяция с ограниченным генофондом // Аборигенные породы лошадей: их роль и место в коневодстве Российской Федерации: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ижевск, 16 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». — Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия 2016. С. 3–9.
4. Белоусова Н.Ф., Басс С.П. Результаты использования вятских лошадей в конных дистанционных пробегах // Научное обеспечение развития и повышения эффективности коневодства России и стран СНГ: Сборник докладов международной научно-практической конференции, Дивово, 19 мая 2021 года. — Дивово: Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства Российской, 2021. С. 292–298.
5. Белоусова Н.Ф., Басс С.П., Киркин А.И. Мониторинг генеалогической структуры линий в вятской породе лошадей // Коневодство и конный спорт. 2022. № 1. С. 22–25.
6. Храброва Л.А., Блохина Н.В., Устьянцева А.В. Инбридинг и степень гомозиготности микросателлитных локусов у лошадей (*Equus caballus*) орловской рысистой породы // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 4. С. 35–41.
7. Белоусова Н.Ф., Басс С.П. Мониторинг лучших результатов испытаний рабочих качеств вятских лошадей в упряжи // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. — 2020. — № 2(62). — С. 3–9.
8. Белоусова Н.Ф., Басс С.П., Зиновьева С.А. Итоги VI межрегиональной выставки «Золотая Вятка-2021» как результат апробации методики испытаний работоспособности вятских лошадей // Коневодство и конный спорт. — 2021. — № 4. — С. 28–30.
9. Вдовина Н.В., Юрьева И.Б. Инбридинг в мезенской породе лошадей // Коневодство и конный спорт. 2015. № 4. С. 13–15.
10. Недашковский И.С., Сермягин А.А., Богданова Т.В., Ермилов А.Н., Янчуков И.Н., Зиновьева Н.А. Оценка влияния уровня инбридинга на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров голштинизированной популяции черно-пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2018. No 7. С. 17–22.
11. Зырянова С.В., Лапина М.Ю. Инбридинг, его влияние на хозяйственно-ценные признаки крупного рогатого скота ярославской породы // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 4–1 (34). С. 37–44.
12. Юдин В.М. Роль родственного подбора в совершенствовании продуктивных и наследственных качеств крупного рогатого скота // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1(57). С. 50–56.
13. Doekes H.P., Veerkamp R.F., Bijma P., de Jong G., Hiemstra S.J., Windig J.J. Inbreeding depression due to recent and ancient inbreeding in Dutch Holstein–Friesian dairy cattle // Genet. Sel. Evol. 2019. No 51. P. 54.
14. Hill E.W. Gu J., Eivers S.S., Fonseca R.G., McGivney B.A., Govindarajan P., Orr N., Katz L.M., MacHugh D.E., MacHugh D. A sequence polymorphism in MSTN predicts sprinting ability and racing stamina in thoroughbred horses // PloS one. 2010. Vol. 5. № 1. P. e8645.
15. Pira E., Vassa G.M., Dettori M.L. [et al.] Polymorphism at Myostatin gene (MSTN) and the associations with sport performances in Anglo-Arabian racehorses // Animals. 2021. № 11. P. 964–976.
16. Staiger E.A., Almén M.S., Promerová M. et al. The evolutionary history of the DMRT3 ‘Gait keeper’ haplotype // Animal Genetics. 2017. Vol.48. N.5. P 551–559.

© Басс Светлана Петровна (sveta.bass@inbox.ru), Белоусова Наталья Феликсовна (natfb@yandex.ru),

Азимова Глафира Владимировна (Glavira2009@yandex.ru), Гуляева Анна Николаевна (santermnebrat@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВ И ВОЛОКНИСТЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

## PRODUCTION OF BIOFUELS AND FIBROUS CELLULOSE-CONTAINING MATERIALS FOR FUEL AND ENERGY PURPOSES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

**Z. Djamalov**  
**R. Kemalov**  
**A. Kemalov**

*Summary.* Biofuels can help reduce greenhouse gas emissions and bridge the gap between production and consumption.

It is known that ethanol is a renewable energy source. This can largely reduce dependence on oil, and also increases the feasibility of using it in gasoline as an octane booster.

The high cost of dry ethanol attracted the attention of researchers to a more economical option — aqueous ethanol. However, many works have been devoted to its effect on engine performance and exhaust gas emissions, and only a few authors have shown interest in the phase stability problems of these mixtures. This work is aimed at studying the effect of mixing cyclohexanol (CH) with aqueous ethanol-gasoline.

*Keywords:* mushrooms, strains, oil, bioethanol, agar-agar, alcohol, basidiomycete, fructose, solution, saccharification, identification.

**Джамалов Зохид Зафарович**

Аспирант

Казанский федеральный университет;

Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казань

[z.djamalov@mail.ru](mailto:z.djamalov@mail.ru)

**Кемалов Руслан Алимович**

К.т.н

Казанский федеральный университет;

Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казань

[kemalov@mail.ru](mailto:kemalov@mail.ru)

**Кемалов Алим Фейзрахманович**

Д.т.н

Казанский федеральный университет;

Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казань

Аннотация. Биотопливо может способствовать сокращению выбросов парниковых газов и преодолению разрыва между производством и потреблением.

Известно, что этанол является возобновляемым источником энергии. Это может во многом уменьшить зависимость от нефти, а также повышает целесообразность его использования в составе бензина как октана повышающий присадки.

Высокая стоимость сухого этанола привлекла внимание исследователей к более экономичному варианту — водному этанолу. Однако многие работы были посвящены его влиянию на производительность двигателя и на выбросы выхлопных газов и лишь немногие авторы проявили интерес к проблемам фазовой стабильности этих смесей. Данная работа направлена на изучение влияния смешивания циклогексанола (ЦГ) с водным этанолом-бензином.

Ключевые слова: грибы, штаммы, нефть, биоэтанол, агар-агар, спирт, базидиомицет, фруктоза, раствор, осаживание, идентификация.

### Введение

**З**агрязнение воздуха и страх перед истощением запасов ископаемого топлива, сосредоточили внимание на поиске экологически чистых и возобновляемых альтернативных источников энергии. Биоэтанол является одним из наиболее альтернативных видов топлива, используемых во мно-

гих странах для снижения полной зависимости от ископаемого топлива, поскольку он является возобновляемым источником энергии. Биоэтанол вносит значительный вклад в сокращение потребления сырой нефти. Высокое содержание кислорода в этаноле способствует улучшению сгорания топливной смеси, что приводит к снижению токсичных выбросов выхлопных газов по сравнению с бензином, тем са-

Таблица 1. Перечень штаммов базидиальных грибов, исследуемых в работе

№ п/п	Штамм	№ п/п	Штамм
1	Boletus baduus MT-2.04	18	Piptoporus betulinus MT-30.21
2	Coniophora puteana Cp-1	19	Pleurotus eryngii MT-17.31
3	Coprinus comatus MT-25.01	20	Pleurotus ostreatus MT-17.07
4	Flammulina velutipes MT-3.06	21	Pleurotus saju-cajor MT-17.25
5	Fomitopsis pinicola MT-5.41	22	Polyporus varius MT-30.16
6	Ganoderma applanatum MT-6.31	23	Polyporus squamosus MT-30.51
7	Ganoderma lucidum MT-6.09	24	Schizophyllum commune MT-33.01
8	Hypsizigum marmoreus MT-9.03	25	Suillus bovinus MT-18.01
9	Hypsizigum ulmarius MT-9.01	26	Gleophyllum abietinum MT-8.03
10	Inonotus obliquus Inon-1	27	Heterobasidion annosum MT-15.02
11	Laccaria sp. MT-27.01	28	Hypsizigum marmoreus MT-9.02
12	Lactarius necator MT-10.01	29	Trametes hirsuta MT-17.24
13	Laetiporus sulphureus MT-11.07	30	Trametes hirsuta MT-24.20
14	Lycoperdon sp. MT-26.01	31	Trametes hirsuta MT-24.24
15	Phallus hadriani MT-35.07	32	Trametes trogii MT-20.06
16	Phallus impudicus MT-35.11	33	Trametes versicolor It-1
17	Phellinus ignarius MT-14.23	34	Xerula sp. MT-34.05

мым, способствуя поддержанию оптимального состояния окружающей среды [1–7].

Биоэтанол имеет высокое октановое число, поэтому он является хорошей альтернативой опасным соединениям тетраэтилсвинца и может быть использован в качестве потенциального усилителя октанового числа. Биоэтанол является нетоксичным соединением, поэтому с ним легче обращаться, чем с токсичным метанолом [8–10]. Кроме того, смеси этанола и бензина обеспечивают лучшую производительность двигателя по сравнению с чистым бензином при различных условиях испытаний. Поэтому этанол рассматривается как перспективная добавка к бензину [11].

Материалы на основе сахара и крахмала, такие как сахарный тростник и зерно, являются двумя группами сырья, которые в настоящее время используются в качестве основных ресурсов для производства этанола. Третья группа — лигноцеллюлозные материалы, представляющие собой оптимальный вариант производства этанола. Лигноцеллюлозная биомасса и другие сахарозосодержащие материалы в настоящее время используются в качестве экономичного альтернативного сырья для производства этанола [12,13]. Зависимость от кукурузы и других зерновых продуктов питания в качестве основного сырья для производства биоэтанола, может повлиять на уменьшение количества корма для животных и продуктов питания для людей, поэтому ожидается, что большая часть этанола, который в будущем будет использоваться в качестве альтернативы ископаемому топливу, будет представлять собой этанол из лигноцеллюлозной

биомассы [14–19]. Высокая стоимость производства этанола обусловлена тем, что необходимостью является использование энергии для процессов дистилляции и обезвоживания, которые производятся для того, чтобы избавиться от азеотропной воды, сопровождающей этанол [20].

В качестве объекта исследования были выбраны грибы отдела *Basidiomycota*. Шестьдесят один штамм базидиальных грибов выделен из природных плодовых тел, произрастающих на древесине и древесных остатках, в лаборатории биотехнологии РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина и включен в коллекцию штаммов базидиальных грибов лаборатории биотехнологии [35]. Пять штаммов (*T. versicolor* IT-1, *C. puteana* Cp-1, *T. versicolor* B-08/06, *I. obliquus* Inon-1, *F. pinicola* Fr-7) полученных из коллекции «Базидиальные грибы съедобные и биотехнологически значимые» кафедры микологии и альгологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, выделено лично профессором, д.б.н. Шнырёвой Аллой Викторовной [35]. Частичный список исследуемых в работе штаммов приведен в таблице 1.

Первичную видовую принадлежность грибов устанавливали, изучая ряд макроморфологических признаков плодовых тел согласно определителям [21–23]. Выделение чистых культур проводили на плотной питательной среде — суловом агаре, содержащем: агар — 15 г/л. («Panreas», США), соевый пептон — 3 г/л. («CarlRoth», Германия), жидкое суло — 30 г/л. («Тедди Бир», Россия) на чашках Петри. Стерилизацию питательной среды проводили при 121 °С в течение 20 минут.

Получение чистых культур проводили в стерильных условиях в ламинарном боксе. Плодовые тела разламывали, либо делали надрез вдоль плодового тела стерильным скальпелем, затем разламывали плодовое тело по линии надреза. Из открывшейся стерильной части гриба с помощью пинцета выделяли фрагменты мицелия диаметром 5–10 мм. и переносили на сусловый агар, помещая по 2–3 фрагмента на каждую чашку Петри. После этого чашки выдерживали при температуре 28 °С в течение 5–7 суток, раз в сутки осуществляя мониторинг на наличие/отсутствие патогенной микрофлоры. Культуры, подвергшиеся контаминации патогенной микрофлорой, многократно пересеивали до получения монокультур. Помимо визуального контроля, чистоту культуры оценивали методом световой микроскопии при фазово-контрастном освещении и увеличении  $\times 800$ . Критерием чистоты и принадлежности к базидиомицетам выделенных культур служило наличие специализированных структур на гифах мицелия — пряжек и отсутствие бактериального заражения. Чистоту культуры оценивали на всех этапах исследования. Выделенные штаммы пересеивали в биологические пробирки со скошенным суловым агаром и хранили культуры при температуре 4 °С.

Для погруженного культивирования использовали стандартную питательную среду, содержащую: глюкоза — 20 г/л. («Химмед», Россия), соевая мука полуобезжиренная — 10 г/л. («Сойка», Россия),  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,25 г/л. («Химмед», Россия),  $KH_2PO_4$  — 2,5 г/л. («CarlRoth», Германия) [24, 25]. Стерилизацию питательной среды проводили при 121 °С в течение 30 минут. Кусочки агаризованной среды, обросшей мицелием, размером не больше 3–5 мм<sup>2</sup> переносили в качалочные колбы объемом 750 мл. со 100 мл. стерильной среды в количестве 30–40 штук и культивировали на ротационном шейкере при температуре 28 °С и скорости вращения 250 об./мин. Первичное культивирование в жидкой среде проводили до ее просветления и полного потребления нерастворимого субстрата.

Для получения жидкого посевного материала, культуру, полученную из фрагментов агара с мицелием, переносили в колбы со стерильной питательной средой, в количестве 10% от объема питательной среды и культивировали на ротационном шейкере при температуре 28 °С и скорости вращения 250 об./мин в течение 4–6 суток в зависимости от штамма.

При исследовании штаммов базидиомицетов на способность к продуцированию этилового спирта жидкий посевной материал в количестве 10 мл. переносили в качалочные колбы на 750 мл. со 100 мл. стандартной питательной среды и культивировали при температуре

28 °С и 250 об./мин на качалке в течение времени, необходимого для полного потребления муки. После этого в колбы добавляли стерильный раствор глюкозы с концентрацией 400 мг/мл. в количестве 5 мл. и закрывали стерильными гидрозатворами с резиновыми пробками. Колбы выдерживали в анаэробных условиях при температуре 25 °С в течение 7 суток. При изучении влияния концентрации исходного субстрата (глюкозы) на синтез целевого продукта этанола, в стандартную питательную среду добавляли глюкозу в концентрациях 20, 60, 100, 160 и 200 г/л. Культивирование проводили в течение 4 суток, далее помещали колбы в анаэробные условия и выдерживали при температуре 25 °С в течение 7 суток.

Для исследования динамики накопления этанола на модельных субстратах, в качестве которых использовали 2% растворы фруктозы, целлобиозы, галактозы, арабинозы, ксилозы, 10 мл. жидкого посевного материала переносили в качалочные колбы на 750 мл. со 100 мл. стандартной питательной среды и культивировали на качалке при температуре 28 °С и 250 об./мин и в течение времени, необходимого для полного потребления муки. Затем биомассу отмывали в асептических условиях стерильной водой, переносили в колбы со стерильными растворами сахаров и закрывали стерильными гидрозатворами с резиновыми пробками. Колбы выдерживали в анаэробных условиях при температуре 25 °С в течение 11 суток. Отбор проб проводили 1 раз в 24 часа. При работе со средами, содержащими глюкозу, биомассу не отмывали, а определяли остаточное содержание глюкозы в среде и затем вносили дополнительно раствор глюкозы с концентрацией 20 г/л. Исследование возможности многократного использования биомассы для продуцирования спирта проведено аналогично эксперименту по исследованию возможности продуцирования спирта. После 7-ми суток анаэробной стадии, биомасса была асептически отфильтрована, помещена в колбу со 100 мл. среды с глюкозой в концентрации 20 г/л. Затем колба снова была помещена в анаэробные условия на 7 суток. Эксперимент повторялся 5 раз, после каждого цикла определялись концентрации этанола и биомассы.

Исследование возможности осахаривания субстратов проводили на чашках Петри с использованием измельченной соломы ржи (размер частиц до 5 мм.) в качестве модельного субстрата. Солому в количестве 5 г. помещали в чашку Петри, добавляли 10 мл. водопроводной воды, автоклавируем. После этого, на чашку Петри вносили 5–7 пеллет из погруженной культуры. Осахаривание проводили в течение 7 суток. Каждый день отбирали по 3 чашки, проводили экстракцию содержимого чашки Петри в 100 мл. горячей водопроводной воды. Экстракцию проводили в тече-

ние часа. После этого отбирали образцы на анализ для определения концентрации образующихся редуцирующих сахаров. Исследование возможности прямой конверсии лигноцеллюлозного сырья в этанол проводили на модельных субстратах, в качестве которых были выбраны карбоксиметилцеллюлозы натриевая соль (20 г/л, «Карбокам», Россия), микрокристаллическая целлюлоза марки Avicel (20 г/л «Fluka», Германия), измельченная солома ржи с размером частиц до 5 мм. (30 г/л), хвойные опилки двух видов: опилки с размером частиц 10–15 мм. и опилки, прошедшие механическую обработку (измельчение), с размером частиц 1–2 мм. В колбы, содержащие модельные субстраты, вносили по 100 мл. биомассы с культуральной жидкостью и выдерживали без аэрации в течение 7 суток при температуре 25 °С.

### Идентификация штаммов микроорганизмов

Идентификацию штаммов МТ-24.24, МТ-17.24 и МТ-5.21 проводили во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) ФГУП «ГосНИИ-генетика». Штамм It-1 был идентифицирован на кафедре микологии и альгологии МГУ имени М.В. Ломоносова профессором, д.б.н. Шнырёвой А.В [35].

Видовую верификацию/идентификацию штаммов базидиомицетов осуществляли на основе секвенирования внутреннего транскрибируемого спейсерного участка (ITS) кластера генов рПНК. Амплификацию ITS последовательности, кодирующей ген низкомолекулярной 5.8S рПНК и фланкирующие ген спейсерные последовательности ITS1 и ITS2, проводили с использованием стандартных праймеров ITS1 (5'- TCCGTAGGTGAACCTGCG-3') и ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3').

### Определение концентрации биомассы

Для оценки концентрации накапливаемой биомассы, на промежуточных этапах эксперимента и к концу времени культивирования, биомассу высушивали при температуре 56–60 °С в течение 24–26 часов до остаточной влажности 6–8%. После этого взвешивали биомассу до второго знака после запятой и проводили сравнение выхода воздушно-сухой биомассы в г/л питательной среды.

### Определение концентрации редуцирующих сахаров

Определение концентрации редуцирующих сахаров осуществляли согласно методике с использованием

DNS-метода, адаптированного с целью уменьшения расхода рабочего реагента до 1 мл. [26, 27]. Состав реактива DNS: дистиллированная вода — 1416 мл., 3,5-динитросалициловая кислота — 10,6 г. («Acros», Бельгия), NaOH — 19,8 г («Химмед», Россия), Na-K тартрат — 306 г. («Biochem», Франция), фенол (нагретый до 50 °С) — 7,6 мл. («Вектон», Россия), метабисульфит Na («Реахим», Россия) — 8,3 г. Пробы культуральной жидкости в объеме 1 мл. отбирали с соблюдением правил асептики и переносили в микроцентрифужные пробирки объемом 1,5 мл. Биомассу мицелия отделяли центрифугированием в течение 20 мин при  $5 \cdot 10^3$  г. В пробирки Видаля (10x80), содержащие по 1 мл. рабочего реагента, вносили 1 мл. исследуемой жидкости и 2 мл. дистиллированной воды. В качестве контроля, вместо исследуемых проб использовали дистиллированную воду, а в качестве калибратора — растворы глюкозы с концентрацией от 0,15 до 1,5 г/л. Пробы тщательно перемешивали и помещали в кипящую водяную баню на 5 мин., затем охлаждали. Измеряли величину оптической плотности опытных и калибровочных проб против контрольной (холостой) пробы в кюветках с длиной оптического пути 10 мм. при длине волны 540 нм. [28]. В случае, если концентрация редуцирующих сахаров в исследуемой пробе превышала 1,5 г/л, исследуемую жидкость разводили дистиллированной водой.

### Определение концентрации глюкозы

Концентрацию глюкозы определяли глюкозооксидазно-пероксидазным методом, используя коммерческую тест-систему «Фотоглюкоза», (Импакт, РФ). Пробы культуральной жидкости в объеме 1 мл. отбирали с соблюдением правил асептики и переносили в микроцентрифужные пробирки, объемом 1,5 мл. Биомассу мицелия отделяли центрифугированием в течение 20 мин при  $5 \cdot 10^3$  г. Пробы растворов сахаров из опытов по оценке ферментативной активности также отбирали в объеме 1 мл., но использовали без предварительной обработки. Для приготовления рабочего реагента 1 таблетку ферментного препарата растворяли в 40 мл. дистиллированной воды и довели объем до 50 мл. В пробирки Видаля (10x80), содержащие 2 мл. рабочего реагента вносили 0,025 мл. исследуемой жидкости (опытная проба), дистиллированной воды (контрольная проба) или 10 мл. раствора глюкозы (калибратор). Пробы тщательно перемешивали и инкубировали в течение 15 мин. при температуре 37 °С. Измеряли величину оптической плотности опытной и калибровочной проб против контрольной (холостой) пробы в кюветках с длиной оптического пути 10 мм. при длине волны 500 нм. В случае, если концентрация глюкозы в исследуемой пробе превышала 25 ммоль/л., исследуемую жидкость разводили дистиллированной водой.

Исследование  
целлюлазной активности  
чашечным методом

Фрагменты агаризованной среды с мицелием размером 3\*3 мм. переносили с соблюдением правил асептики из рабочей культуры в центр чашки Петри с СМС-агаром следующего состава:  $\text{NaNO}_3$ —2,0 г/л. («Химмед», Россия),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ —1,0 г/л. («CarlRoth», Германия),  $\text{MgSO}_4$ —0,5 г/л. («Химмед», Россия),  $\text{KCl}$  — 0,5 («Химмед», Россия), пептон — 0,2 г/л. («CarlRoth», Германия), Na-карбоксиметилцеллюлоза — 2,0 г/л. («Карбокам», Россия), агар — 17,0 г/л. («Panreac», США), где Na-карбоксиметилцеллюлоза выступала в качестве единственного источника углерода [29].

После 5 суток культивирования при 28 °С, поверхность чашек заливали на 5 минут аптечным раствором Люголя («Московская фармфабрика», Россия) разведённым дистиллированной водой в соотношении 1:20. После этого раствор Люголя сливали. Если штамм обладал целлюлазной активностью, появлялась зона просветления вокруг колонии гриба. Коэффициент целлюлазной активности вычисляли по формуле [30]:

$$A = \frac{S_{\text{зоны просветления}} - S_{\text{колонии}}}{S_{\text{колонии}}}, \text{ где}$$

$A$  — коэффициент целлюлазной активности;  
 $S_{\text{зоны просветления}}$  — площадь неокрашенного участка вокруг мицелия;  
 $S_{\text{колонии}}$  — площадь, занимаемая мицелием гриба.

Определение фенолоксидазной  
активности чашечным методом  
(метод Бавендамма)

Фрагменты агаризованной среды с мицелием размером 3\*3 мм. асептические переносили в чашки Петри со средой, содержащей: агар — 15 г/л («Panreac», США), жидкое сусло — 30 г/л («Тэдди Бир», Россия), галловая кислота — 3,5 г/л («Диаэм», Россия) [31]. О выделении фенолоксидаз судили на основании появления коричневой окраски в субстрате вокруг растущего мицелия. Коэффициент фенолоксидазной активности (ОА) вычисляли по формуле:

$$OA = \frac{S_{\text{зоны окрашивания}} - S_{\text{колонии}}}{S_{\text{колонии}}}, \text{ где}$$

$OA$  — коэффициент фенолоксидазной активности;  
 $S_{\text{зоны окрашивания}}$  — площадь окрашенного участка вокруг мицелия;  
 $S_{\text{колонии}}$  — площадь, занимаемая мицелием гриба.

Определение жизнеспособности штаммов базидиальных грибов в присутствии пероксида водорода

Для исследования жизнеспособности штаммов базидиальных грибов в присутствии пероксида водорода 10 мл. жидкого посевного материала переносили в качалочные колбы на 750 мл. со 100 мл. стандартной питательной среды. В каждую из колб вносили по 1 мл. раствора пероксида водорода («Flagma», Россия) с концентрациями от 0,5 до 4% с шагом в 0,5% и культивировали на качалке при 250 об./мин и температуре 28 °С в течение 4-х суток. После этого оценивали количество накопленной биомассы. В качестве контроля использовали колбу с посевным материалом без внесения пероксида водорода.

Определение  
концентрации этилового спирта

Концентрацию продуцированного этилового спирта определяли методом газовой хроматографии на приборе Кристалл-5000.2 («Хроматэк», Россия) с ПИД-детектором на колонке Хромосорб 102 (3 м × 3 мм) в изотермическом режиме при температуре колонки 200 °С.

Оптимизация состава  
питательной среды для штаммов  
базидиальных грибов

Оптимизация состава питательной среды включала в себя определение трофических потребностей, метод полного факторного эксперимента (ПФЭ) и метод крутого восхождения.

Так, определение трофических потребностей заключалось в подборе источников азота и углерода, их комбинировании и оценке выхода воздушно-сухой биомассы на определенные сутки культивирования.

В качестве источников углерода были выбраны: глюкоза (20 г/л, («Химмед», Россия), соевое масло (20 мл/л, «BiologicOils», Россия), подсолнечное масло (20 мл/л, «Золотая семечка», Россия), меласса (35 г/л, «Юсико», Россия), сусло (30 г/л, «Тедди Бир», Россия); в качестве источников азота были выбраны: соевая мука полуобезжиренная (20 г/л, «Сойка», Россия), пептон (10 г/л, («CarlRoth», Германия), кукурузный экстракт (10 мл/л, «Агросевер», Россия), дрожжевой экстракт (5 г/л, «CarlRoth», Германия). Минеральный фон оставался неизменным и включал  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,25 г/л, «Химмед», Россия) и  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (2,5 г/л, «CarlRoth», Германия). Исследование проводили на 20 вариантах питательных сред. Для определения времени культивирования предварительно определена динамика накопления биомассы. Время, к которому накапливалось максимальное количество биомассы на стандартной питательной среде, считалось оптимальным временем



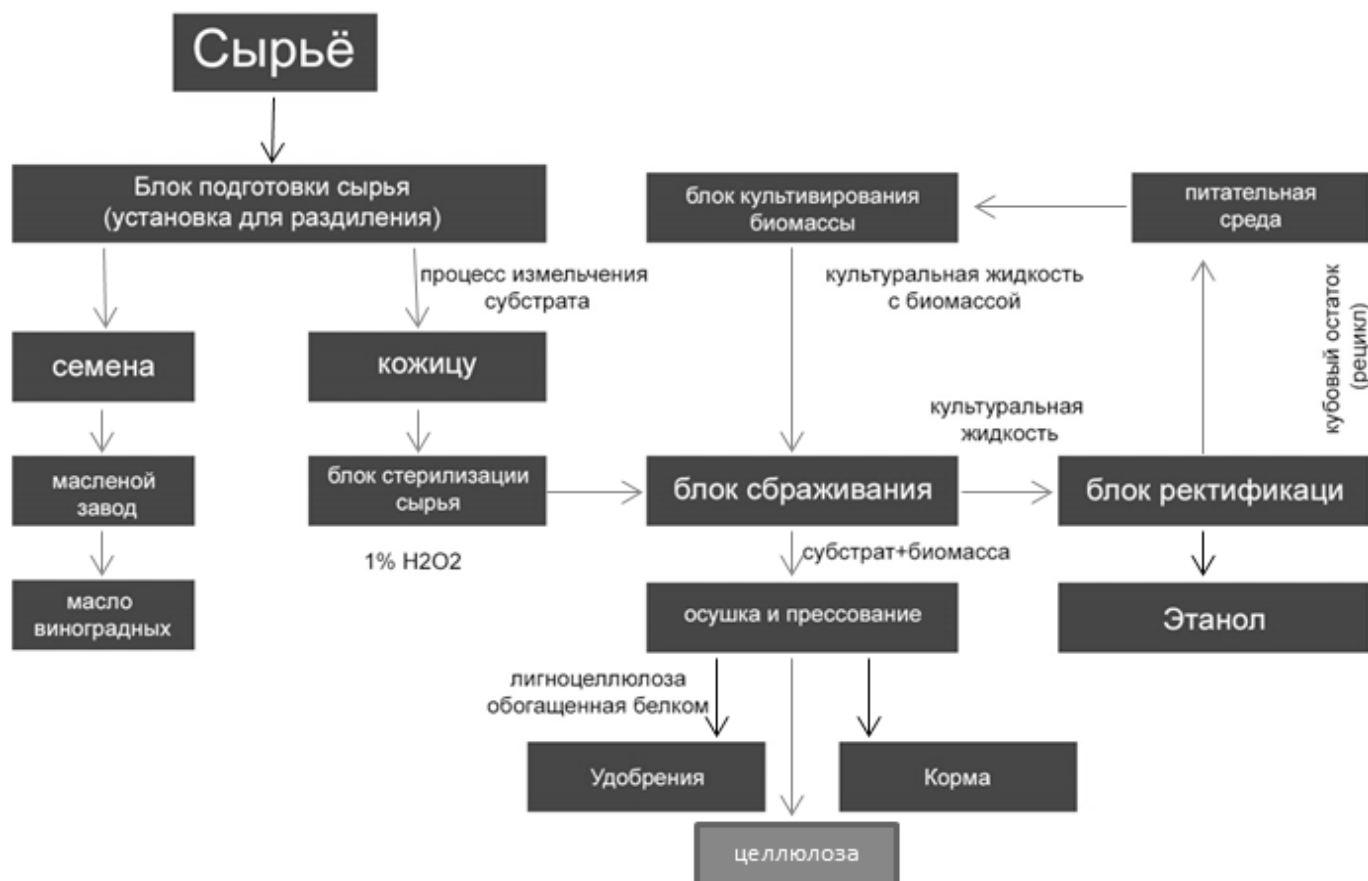


Рис. 1. Принципиальная схема производства биоэтанола из виноградной выжимки

культивирования в эксперименте по определению трофических потребностей.

Метод полного факторного эксперимента проводился для тех факторов (компонентов питательной среды), при которых выход биомассы был максимальным. Эксперимент проводили на трех уровнях. На основании данных ПФЭ были поставлены эксперименты по методу крутого восхождения [32–34].

### Статистические методы

Обработку полученных результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel 2010. Экспериментальные значения были получены в трехкратной повторности, результаты показаны в виде среднего значения, а погрешности — в виде стандартного отклонения по выборке.

### Результаты технологии получения биоэтанола

На основании результатов, полученных при проведении исследований по выявлению штаммов, облада-

ющих ферментативной (целлюлазной и лигниназной) активностью и способных к прямой конверсии лигноцеллюлозы в этанол, предложена принципиальная технологическая схема производства биоэтанола из виноградной выжимки (рисунок 1).

Сырьё, в качестве которого могут быть использованы виноградная выжимка, либо обыкновенный тростник, поступает в блок подготовки сырья. В блоке подготовки есть разные потоки для выжимки винограда. Оттуда отделяются семена, и затем направляются в масленный завод, чтобы получить из него ценный продукт. В блоке подготовки осуществляется измельчение сырья: для виноградной выжимки рекомендуемый размер частиц составляет 1–2 мм., для обыкновенного тростника — 5–10 мм. Затем измельченное сырьё поступает в блок стерилизации, где осуществляется обработка сырья 1% раствором пероксида водорода в течение одного часа. Стерильный субстрат поступает в ферментеры блока сбраживания. Ферментеры представляют собой емкости, внутренний объем которых разделен на две камеры фильтрующей перегородкой. Одна камера предназначена для загрузки биомассой базидиальных грибов, а другая для загрузки стерильных субстратов. Биомасса для

Таблица 2. Параметры технологического процесса производства биоэтанола из лигноцеллюлозного сырья

Показатели	Единица измерения	Значение параметра
<b>Блок подготовки сырья</b>		
Степень измельчения субстрата:	мм	
Виноградная выжимка		1–2
Обыкновенный тростник		5–10
<b>Блок стерилизации сырья</b>		
Концентрация раствора пероксида водорода	% масс.	1,0
Температура обработки сырья	°С	25–30
Время стерилизации	Час	1
<b>Блок культивирования биомассы (при стерилизации)</b>		
Температура	°С	121
Давление	атм.	1
Время стерилизации	Час	1
<b>Блок культивирования биомассы (при культивировании)</b>		
Температура	°С	28
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	3
Скорость вращения мешалки ферментеров	Об./мин	180–220
Время культивирования для одной генерации (всего 3)	Час	72
<b>Блок сбраживания</b>		
Температура	°С	25
Время сбраживания субстрата	Сут	7
Скорость перемешивания	Об./мин	20 (2 раза в сутки)
<b>Осушка и прессование</b>		
Температура	°С	60
Время	Час	24
Остаточная влажность	% масс.	6–8

Таблица 3. Материальный баланс блока производства биомассы

Приход:	% масс.
Сульфат магния семиводный	0,45
Дигидрофосфат калия	4,52
Соевое масло	80,87
Соевая мука	14,10
Погруженная культура (сухая масса)	0,07
Итого	100,00
Расход:	% масс.
Биомасса	76,31
Остаток культивирования	23,69
Итого	100,00

Таблица 4. Материальный баланс блока производства биомассы

Приход:	% масс.
Виноградная выжимка	18,6
Вода	81,4
Итого:	100
<b>Расход:</b>	
Культуральная жидкость, в т.ч.	82,5
Этонол	3,8
Вода	81,4
Виноградная выжимка	14,8
Итого:	100,0

процесса ферментации производится следующим образом: питательная среда подается в блок культивирования биомассы (ферментеры), в котором происходит ее стерилизация и осуществляется засев питательной среды жидкой культурой базидиального гриба. Культивирование биомассы осуществляется в течение 3–4 суток. Процесс ферментации сбраживания субстрата (виноградной выжимки или тростника обыкновенного) протекает в течение 5–7 дней при температуре 25°C. Биомасса используется в течение не менее трех циклов ферментации (с загрузкой свежего сырья для каждого цикла). Культуральная жидкость направляется в блок ректификации. Кубовый остаток процесса ректификации направляется в рецикл в блок культивирования биомассы. Отработанные субстрат и биомасса поступают на осушку и прессование с целью производства лигноцеллюлозных удобрений или кормов, обогащенных белком. Технологические показатели процесса приведены в таблице 2.

В таблице 3 и 4 приведены материальные балансы блоков производства биомассы и сбраживания.

Выход биоэтанола по отношению к сырью (выжимки) составляет 26% масс. Преимуществом предлагаемой технологии является безотходность и отсутствие воздействия на окружающую среду. Важным аспектом предложенной технологии производства биоэтанола, основанной на применении базидиальных грибов для сбраживания лигноцеллюлозных субстратов, является отсутствие примесей, в частности, метанола и сивушных масел в составе культуральной жидкости.

#### ВЫВОДЫ

В исследовании были выбраны природные штаммы базидиальных грибов, а также определены основные методы исследования, среди которых были выделены способы культивирования базидиальных грибов, исследование различных видов активностей базидиальных грибов, методы исследования убыли исходного субстрата и накопления целевого продукта.

## ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. Ibrahim, E.N. Awad, Y. Barakat, Volatility and environmental impact of some oxygenated gasoline blends, *Egypt. J. Petrol.* 16 (2007) 29–50.
2. C. Dardiotis, G. Fontaras, A. Marotta, G. Martini, U. Manfredi, Emissions of modern light duty ethanol flex-fuel vehicles over different operating and environmental conditions, *Fuel* 140 (2015) 531–540.
3. A. Elfasakhany, Investigations on performance and pollutant emissions of spark-ignition engines fueled with n-butanol-, isobutanol-, ethanol-, methanol-, and acetone-gasoline blends: A comparative study, *Renew Sustainable Energy Rev.* 71 (2016) 404–413.
4. P. Iodice, G. Langella, A. Amoresano, Ethanol in gasoline fuel blends: Effect on fuel consumption and engine out emissions of SI engines in cold operating conditions, *Appl. Therm. Eng.* 130 (2018) 1081–1089.
5. B. Dog̃an, D. Erol, H. Yaman, E. Kodanl, The effect of ethanol gasoline blends on performance and exhaust emissions of a spark ignition engine through exergy analysis, *Appl. Therm. Eng.* 120 (2017) 433–443.
6. J.D. Becerra-Ruiz, R.G. Gonzalez-Huerta, J. Gracida, A. Amaro-Reyes, G. Macias-Bobadilla, Using green-hydrogen and bioethanol fuels in internal combustion engines to reduce emissions, *Int. J. Hydrogen Energy* 44 (2019) 12324–12332.
7. L.V. Amaral, N.D. Santos, V. Roso, R. Sebastião, F. PachecoPujatti, Effects of gasoline composition on engine performance, exhaust gases and operational costs, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 135 (2021) 110196.
8. T.M.M. Abdellatif, M.A. Ershov, V.M. Kapustin, M.A. Abdelkareem, M. Kamil, A.G. Olabi, Recent trends for introducing promising fuel components to enhance the anti-knock quality of gasoline: A systematic review, *Fuel* 291 (2021) 120112.
9. A. da Silva Jr., J. Hauber, L.R. Cancino, K. Huber, The research octane numbers of ethanol-containing gasoline surrogates, *Fuel* 243 (2019) 306–313.
10. T.M. Foong, K.J. Morganti, M.J. Brear, G. Gabriel da Silva, Y. Yang, F.L. Dryer, The octane numbers of ethanol blended with gasoline and its surrogates, *Fuel* 115 (2014) 727–739.
11. U.K. Efemwenkikie, S.O. Oyedepo, U.D. Idiku, D.C. Uguru-Okorie, A. Kuhe, Comparative analysis of a four stroke spark ignition engine performance using local ethanol and gasoline blends, *Proc. Manuf.* 35 (2019) 1079–1086.
12. L. Clifford, U. Hannah, Cellulosic ethanol: securing the planet future energy needs, *Int. J. Mol. Sci.* 9 (2008) 838–841.
13. N. Patni, S.G. Pillai, A.H. Dwivedi, Wheat as a promising substitute of corn for bioethanol production, *Proc. Eng.* 51 (2013) 355–362.
14. A.A. Yusuf, L.F. Inambao, Bioethanol production from different Matooke peels species: A surprising source for alternative fuel, *Case Studies Thermal Eng.* 13 (2019) 100357.
15. Y. Zhao, A. Damgaard, S. Liu, H. Chang, Thomas H. Christensen, Bioethanol from corn stover — Integrated environmental impacts of alternative biotechnologies, *Resour. Conserv. Recycl.* 155 (2020) 104652.
16. S. Shields, R. Boopathy, Ethanol production from lignocellulosic biomass of energy cane, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 65 (2011) 142–146, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.10.006>.
17. J. Wang, Y.M. Kim, H.S. Rhee, M.W. Lee, J.M. Park, Bioethanol production from mannitol by a newly isolated bacterium, *Enterobacter* sp. JMP3, *Bioresour. Technol.* 135 (2013) 199–206, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.012>.
18. Q. Kang, L. Appels, T. Tan, R. Dewil, Bioethanol from lignocellulosic biomass: Current findings determine research priorities, *Sci. World J.* (2014) 13, <https://doi.org/10.1155/2014/298153>, Article ID298153.
19. K.S. Neelkant, S. Kulkarni, S.K. Jayalakshmi, K. Sreeramulu, Saccharification of the pretreated husks of corn, peanut and coffee cherry by the lignocellulolytic enzymes secreted by *Sphingobacterium* sp. ksn for the production of bioethanol, *Biomass Bioenergy* 127 (2019) 105298.
20. J.L. FranciscoAlves, V.F. Silva Filho, R.A. Francisco Machado, C. Marangoni, Ethanol enrichment from an aqueous stream using an innovative multi-tube falling film distillation column equipped with a biphasic thermosiphon, *Process Safet. Environ. Protect.* 139 (2020) 69–75.
21. Saritha, M. Biological pretreatment of lignocellulosic substrates for enhanced delignification and enzymatic digestibility / M. Saritha, A. Arora, Lata // *Indian journal of microbiology.* — 2012. — Vol. 52. — № . 2. — Pp. 122–130.
22. Alvira, P. Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review / P. Alvira, E. Tomás-Pejó, M. Ballesteros, M.J. Negro // *Bioresource technology.* — 2010. — Vol. 101. — № . 13. — Pp. 4851–4861.
23. Eggeman, T. Process and economic analysis of pretreatment technologies / T. Eggeman, R.T. Elander // *Bioresource technology.* — 2005. — Vol. 96. — № . 18. — Pp. 2019–2025.
24. Mosier, N. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass / N. Mosier, C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, M. Ladisch // *Bioresource technology.* — 2005. — Vol. 96. — № . 6. — Pp. 673–686.
25. Klinke, H.B. Characterization of degradation products from alkaline wet oxidation of wheat straw / H.B. Klinke, B.K. Ahring, A.S. Schmidt, A.B. Thomsen // *Bioresource Technology.* — 2002. — Vol. 82. — № . 1. — Pp. 15–26.
26. Tran, A.V. Ethanol fermentation of red oak acid prehydrolysate by the yeast *Pichia stipitis* CBS5776 / A.V. Tran, R.P. Chambers // *Enzyme and microbial technology.* — 1986. — Vol. 8. — № . 7. — Pp. 439–444.
27. ten Have, R. Oxidative mechanisms involved in lignin degradation by white-rot fungi / R. ten Have, P. J.M. Teunissen // *Chemical Reviews.* — 2001. — Vol. 101. — № . 11. — Pp. 3397–3414.
28. Reid, I.D. Solid-state fermentations for biological delignification / I.D. Reid // *Enzyme and microbial technology.* — 1989. — Vol. 11. — № . 12. — pp. 786–803(b).
29. Zhao, L. Fungal pretreatment of cornstalk with *Phanerochaete chrysosporium* for enhancing enzymatic saccharification and hydrogen production / L. Zhao, G.L. Cao // *Bioresource technology.* — 2012. — Vol. 114. — Pp. 365–369.

30. Nazarpour, F. / F. Nazarpour, D.K. Abdullah, N. Abdullah et. Al. // BioMed research international. — 2013. — Vol. 2013. Pp. 1–9.
31. Taniguchi, M. Evaluation of pretreatment with *Pleurotus ostreatus* for enzymatic hydrolysis of rice straw / M. Taniguchi, H. Suzuki, D. Watanabe, K. Sakai, K. Hoshino, T. Tanaka // Journal of bioscience and bioengineering. — 2005. — Vol. 100. — № . 6. — Pp. 637–643.
32. Shrestha, P. Solid-substrate fermentation of corn fiber by *Phanerochaete chrysosporium* and subsequent fermentation of hydrolysate into ethanol / M. Rasmussen S.K. Khanal // Journal of agricultural and food chemistry. — 2008. — Vol. 56. — № . 11. — Pp. 3918–3924.
33. Patel, H. Effect of different culture conditions and inducers on production of laccase by a basidiomycete fungal isolate *Pleurotus ostreatus* HP-1 under solid state fermentation / H. Patel, A. Gupte, S. Gupte // BioResources. — 2009. — Vol. 4. — № . 1. — Pp. 268–284.
34. Ferraz, A. Wood biodegradation and enzyme production by *Ceriporiopsis subvermispora* during solid-state fermentation of *Eucalyptus grandis* / A. Ferraz, A.M. Córdova, A. Machuca // Enzyme and Microbial Technology. — 2003. — Vol. 32. — № . 1. — Pp. 59–65.
35. Кожевникова Е.Ю., Бескоровайная Д.А., Новиков А.А., Шнырева А.В., Барков А.В., Винокуров В.А. // Новые штаммы базидиальных грибов — продуценты этанола из лигноцеллюлозного сырья // Прикладная биохимия и микробиология. М. — 2016. — том. 52. — № .6. — ст. 609–613.

© Джамалов Зохид Зафарович ( z.djamilov@mail.ru ),

Кемалов Руслан Алимович ( kemalov@mail.ru ), Кемалов Алим Фейзрахманович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский федеральный университет

# ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ КАК РЕЗУЛЬТАТ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ

## HEAVY METALS AS A RESULT OF THE AFTEREFFECT OF CHEMICAL RECLAMATION OF SALT PANS

**S. Guzeeva  
A. Mitrikovskij**

*Summary.* The article discusses the results of the influence of chemical reclamation of meadow crustal salt flats in the south of the Tyumen region, carried out about fifty years ago, on the content and distribution of the mobile form of heavy metals in the meter profile of soils.

Until the nineties, one of the by-products of phosphate production, phosphogypsum, was actively used as a chemical meliorant on salt and salt soils of the Tyumen region. As a result, in addition to phosphogypsum, toxic chemical elements accompanying it could get into the soil profile.

Studies have shown that the introduction of phosphogypsum contributes to a certain increase in the content of mobile forms of heavy metals in the soil, such as zinc (Zn), copper (Cu), cadmium (Cd) and lead (Pb). However, the introduction of this meliorant to meadow cortical salt pans causes critical values only for mobile lead (Pb).

*Keywords:* salt salts, phosphogypsum, reclamation, aftereffect, heavy metals, radionuclides.

**Гузеева Светлана Анатольевна**

Кандидат биологических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет  
nesterka07@mail.ru

**Митриковский Александр Яковлевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет  
mitrikovskijaj@tyuiu.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются результаты влияния химической мелиорации луговых корковых солонцов юга Тюменской области, проводимой около пятидесяти лет назад, на содержание и распределение подвижной формы тяжелых металлов в метровом профиле почв.

На солонцах и солонцовых почвах Тюменской области до девяностых годов в качестве химического мелиоранта активно использовался один из побочных продуктов производства фосфатов — фосфогипс. Вследствие чего, помимо фосфогипса, в почвенный профиль могли попасть сопутствующие ему токсичные химические элементы.

Исследования показали, что внесение фосфогипса, способствует некоторому повышению содержания в почве подвижных форм тяжелых металлов, таких как цинк (Zn), медь (Cu), кадмий (Cd) и свинец (Pb). Однако критических значений внесение данного мелиоранта на луговые корковые солонцы вызывает только по подвижному свинцу (Pb).

*Ключевые слова:* солонцы, фосфогипс, мелиорация, последствие, тяжелые металлы, радионуклиды.

## Введение

Основным источником загрязнения тяжелыми металлами почв сельскохозяйственного назначения следует рассматривать использование мелиорантов и минеральных удобрений, особенно фосфорных и калийных. По мнению Алексеева [1, с. 32–35], Березина и др. [2, с. 14–17], Водяницкого и др. [3, с. 20–22] причиной этого является содержание в сырье для производства мелиорантов и минеральных удобрений стронция, урана, цинка, свинца, ванадия, кадмия и других химических элементов.

Перельман и др. [4, с. 55–57] отмечает, что чем интенсивнее элемент извлекается из земной коры, тем скорее и в большей степени должно происходить относительное обогащение им биосферы. По данным учебного можно составить следующий ряд технофильности

тяжелых металлов:  $Pb > Hg = Cd = Cu > Sn > Zn = Mo > Cr > Ni > Fe = Mn > Co$ . Из этого следует, что в наибольшей степени глобальный биогеохимический фон будет возрастать по свинцу, ртути, кадмию и меди.

В последнее время содержанием тяжелых металлов в почве, их состоянием и экологической оценкой, занимаются такие исследователи, как Ильин [5], Казанцев и др. [6], Мерзлая и др. [7], Михальчук [8], Овсянникова и др. [9].

Применительно к солонцовым почвам особую опасность загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами вызывает использование фосфогипса в качестве мелиоранта. В частности, фосфогипс является отходом производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений (двойного суперфосфата, аммофоса и нитраммофоски). Химический состав фосфогипса определяется качеством используемого сырья. Фосфогипс



Рис. 1. Содержание подвижной формы цинка, мг/кг



Рис. 2. Содержание подвижной формы меди, мг/кг

по содержанию основного компонента ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) относится к гипсовому сырью 1–2 сортов. Его получают в виде шлама с влажностью до 55%, который содержит небольшое количество примесей (3–7%).

В Тюменской области солонцы занимают площадь около 350 га. Фосфогипс был внесен на площади более 20 тыс. га, его дозы колебались от 10 до 40 т/га [10, с. 69–72]. Однако мониторинга за состоянием гипсованных солонцов на предмет загрязнения тяжелыми металлами при этом не проводилось.

#### Цель исследований

Проведение экологической оценки возможности загрязнения солонцов тяжелыми металлами после химической мелиорации фосфогипсом.

#### Материал и методы исследований

Полевой опыт был заложен в 1972 г. в совхозе Вагайский Омутинского района. Фосфогипс был внесен в половинной (21 т/га) и в полной дозах (43 т/га). Площадь

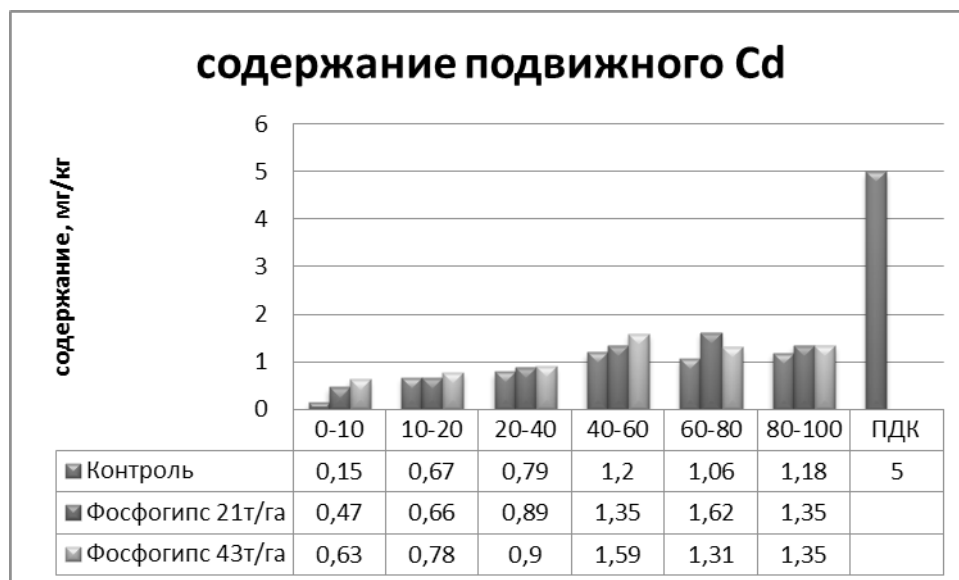


Рис. 3. Содержание подвижной формы кадмия, мг/кг

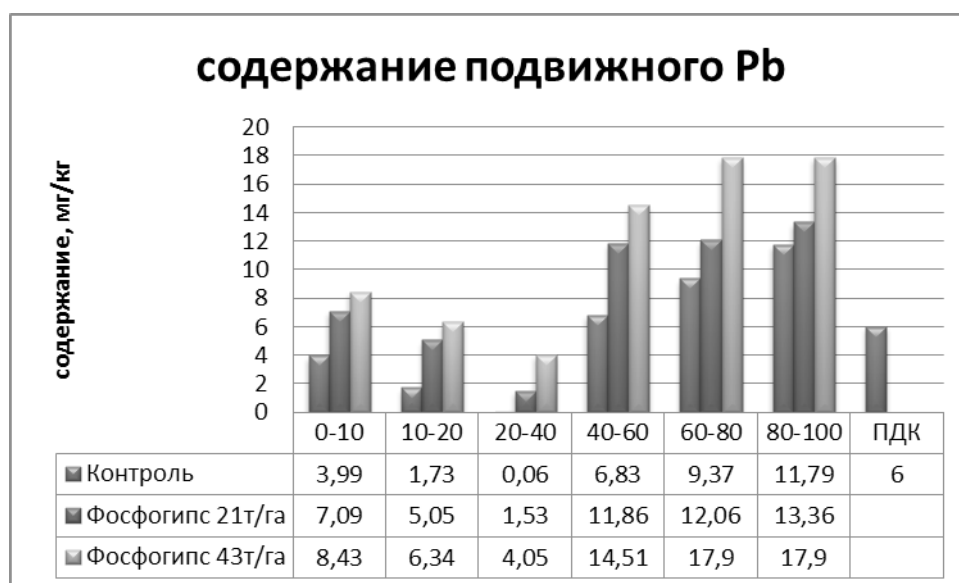


Рис. 4. Содержание подвижной формы свинца, мг/кг

делянки составляла 400м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Отбор почвенных проб проводился в 2019 г., послойно до глубины 1м.

Извлечение подвижных форм тяжелых металлов проводилось с помощью ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH=4,8. Химический анализ по определению количественного содержания подвижных форм тяжелых металлов осуществлялся на спектрофотометре ААС-3м согласно «Методических указаний по определению тяжелых металлов в почвах

и продукции растениеводства», утвержденных МСХ РФ, ЦИНАО 1992 г. И принятых к исполнению в испытательных лабораториях системы ГОСТ Р по ГОСТ 26932–96 и ГОСТ 26933–96.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Данные анализов по содержанию тяжелых металлов в почвенных образцах лугового коркового солонца представлены на рисунках 1,2,3.



Исследования показали, что при внесении больших доз фосфогипса в мелиорируемом солонце отмечается тенденция к увеличению содержания тяжелых металлов, особенно в слое 0–20 см. С повышением дозы фосфогипса это явление проявлялось сильнее. Так, содержание тяжелых металлов в слое 0–20 см при внесении фосфогипса в дозах 21 и 43 т/га увеличилось: цинка (Zn) в 1,1–1,2 раза; меди (Cu) в 1,4–1,8 раза; кадмия (Cd) в 1,4–1,7 раза и свинца (Pb) в 2,1–2,6 раза.

Аналогичная закономерность проявлялась по всей метровой глубине почвенного профиля. Однако важно отметить, что превышения по Zn, Cu и Cd относительно ПДК не происходило.

Наибольшую опасность при внесении фосфогипса вызывает накопление свинца (рис. 4). При этом его содержание в исходной материнской породе превышает ПДК (6 мг/кг) и достигает 9,4–11,8 мг/кг.

Внесение фосфогипса приводило к увеличению свинца по всему почвенному профилю. В слое 0–20 см

его величина достигала уровня ПДК и составила по половинной дозе 5,05–7,09 мг/кг, по полной дозе 6,34–8,43 мг/кг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что внесение данного промышленного отхода для мелиорации солонцов в большей степени сопряжено с аккумуляцией свинца в почвенном профиле. Также, не исключается возможность аккумуляции его и в грунтовых водах.

## ВЫВОДЫ

1. Внесение фосфогипса в качестве мелиоранта на луговой корковый солонец способствует незначительному увеличению в нем содержания тяжелых металлов.
2. Содержание подвижных форм цинка, меди, кадмия на луговом солонце ниже предельно допустимых концентраций, однако превышает фоновые показатели.
3. Наибольшую опасность в мелиорируемых солонцах вызывает накопление свинца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. 2008. Тяжелые металлы в агроландшафте. ПИЯФ РАН, Санкт Петербург.
2. Березин Л.В., Семенов А.М., Троценко И.А. 2008. Актуальные проблемы использования мелиорируемых солонцовых почв в Западной Сибири. Мелиорация и водное хозяйство, 1, 14–17.
3. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. 2012. Загрязнение почв тяжелыми металлами. РАСХН, Москва.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафта. МГУ, Москва.
5. Ильин В.Б. 2012. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Российская акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск.
6. Казанцев И.В., Матвеева А.Б. 2016. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза. Самарский научный вестник, 1 (14), 34–37.
7. Мерзлая Г.Е., Замана С.П., Соколов А.В. 2009. Тяжелые металлы в системе органическое удобрение-почва-растение. Плодородие, 2 (47), 49–50.
8. Михальчук Н.В. 2017. Тяжелые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах юго-запада Беларуси. Агроэкологічний журнал, 3, 27–31.
9. Овсянникова С.В., Середина В.П., Шайхутдинова А.Н. 2016. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Кузбасса: состояние и экологическая оценка. Кемерово.
10. Скипин Л.Н., Гузеева С.А., Скипин Д.Л. 2013. Солонцовые почвы как потенциальные кормовые угодья юга Тюменской области. Агропродовольственная политика России, 10 (22), 69–72.

© Гузеева Светлана Анатольевна (nesterka07@mail.ru), Митриковский Александр Яковлевич (mitrikovskijaj@tyuiu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ AZOTOBACTER CHROOCOCCUM В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

## ACTIVITY OF BACTERIA AZOTOBACTER CHROOCOCCUM DEPENDING ON THE ELEMENTS OF MINERAL NUTRITION IN THE SOIL

**Yu. Koryagin  
S. Sashenkova  
N. Koryagina  
E. Kulikova**

*Summary.* The article assesses the viability of strains of bacteria *Azotobacter chroococcum* isolated from soil samples collected in the agro-cenoses of the Penza region, within the western slopes of the Volga upland. The analysis of the activity of strains depending on the content of mineral nutrition elements in the soil and the introduction of a complex universal mineral fertilizer for the planned harvest of grain, industrial and fruit plants was carried out.

*Keywords:* *Azotobacter*, chernozem, soil samples, activity, mineral fertilizers.

**Корягин Юрий Викторович**

Доцент, кандидат с.-х. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
koryagin.y.v@pgau.ru

**Сашенкова Светлана Анатольевна**

Доцент, кандидат биол. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
sashenkova.s.a@pgau.ru

**Корягина Наталья Викторовна**

Доцент, кандидат с.-х. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
koryagina.n.v@pgau.ru

**Куликова Евгения Геннадьевна**

Доцент, кандидат биол. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
kulikova.e.g@pgau.ru

*Аннотация.* В статье дается оценка жизнеспособности штаммов бактерий *Azotobacter chroococcum*, выделенных из почвенных образцов, собранных в агроценозах Пензенской области, в пределах западных склонов Приволжской возвышенности. Проведен анализ активности штаммов в зависимости от содержания элементов минерального питания в почве и внесения комплексного универсального минерального удобрения под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений.

*Ключевые слова:* *Azotobacter*, чернозем, почвенные образцы, активность, минеральные удобрения.

**Д**еградация почв, снижение почвенного плодородия и, как следствие, изменения структуры микробоценозов, сокращения и изменения физиологической активности почвенных микроорганизмов — одна из экологических проблем, вызывающая внимание ряда исследователей, начиная с конца XX века. [1,2,3,4]. При этом особое внимание уделяется изучению штаммов бактерий рода *Azotobacter*, что объясняется их ролью в процессе круговорота азота и способностью обогащать им почву. Так как *Azotobacter* относится к группе грамотрицательных бактерий, так называемым, свободноживущим азотфиксаторам, предпочитающим щелочные и нейтральные почвы [5,6].

С начала XXI века бактерии рода *Azotobacter* используются в качестве инокулянтов семенного материала, что эффективно влияет на физиологические и морфологические параметры выращиваемых растений [7]. Бактериальные удобрения на основе этих бактерий широко используются в технологиях органического земледелия. [8,9] В качестве основного метода по созданию таких удобрений используется скрининг наиболее активных штаммов этого рода в окружающей среде. Кроме того, некоторые авторы предлагают использовать азотобактер в качестве индикатора агрономических качеств почвы. [1,5,10,11] Поэтому исследование почв разных типов агроценозов является актуальным направлением исследований для расширения спектра

Таблица 1. Почвенные образцы, содержащие бактерии рода *Azotobacter*

Номер образца	Культура, выращиваемая на участке	Признаки				Род и вид
		Пигмент	Подвижность	Жгутики	Образование капсульной слизи	
1	Яровая пшеница	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
2	Ячмень	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
3	Чистый пар	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
4	Озимая пшеница	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
5	Лен масличный	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
6	Яблоневый сад	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>

штаммов, которые могут представлять практический интерес.

Целью данной работы являлось изучение активности штаммов рода *Azotobacter*, выделенных из почв агроценозов, расположенных на территории ООО «Сады Суры» Бессоновского района Пензенской области, и определение влияния элементов минерального питания на их активность.

Исходя из цели, были сформулированы следующие задачи:

1. Провести выделение и идентификацию штаммов азотобактер в разных агроценозах в пределах района исследования;
2. Выявить ростовую активность выделенных штаммов;
3. Изучить влияние внесения удобрений на жизнеспособность штаммов азотобактер в почвах исследуемых агроценозов.

Поля ООО «Сады Суры» находятся на территории с. Чертково, в центральной части Пензенской области, в пределах западных склонов Приволжской возвышенности, в лесостепной зоне, на берегах реки Колоярки, на расстоянии примерно 7 километров (по прямой) к северо-западу от села Бессоновки, административного центра района. Абсолютная высота — 175 метров над уровнем моря.

Агроклиматические условия сельскохозяйственно-производства на данной территории характеризуется следующими показателями:

Температура воздуха: среднегодовая температура воздуха +3,8<sup>0</sup>С; абсолютный минимум –42<sup>0</sup>С; абсолютный максимум +38<sup>0</sup>С; продолжительность периода с температурой выше 0<sup>0</sup>С — 208 дней; выше 5<sup>0</sup>С — 170 дней; выше +10<sup>0</sup>С — 136 дней; сумма температур за период выше +10<sup>0</sup>С составляет 2200<sup>0</sup>С; продолжительность безморозного периода составляет — 140 дней.

Средняя высота снежного покрова — 34 см, глубина промерзания почвы — 82см, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом — 148 дней.

Среднегодовое количество осадков — 549 мм.; сумма осадков за период с температурой выше 10<sup>0</sup>С составляет 293 мм.

Вегетационный период — 174 дня.

Землепользование хозяйства по температурным условиям и влагообеспеченности относится к 1 агроклиматическому району, подрайону достаточного увлажнения, с гидротермическим коэффициентом 1,0–1, 1.

Почвенный покров территории довольно разнообразный, однако ведущее место занимают почвы черноземного типа — это наиболее плодородные черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные, карбонатные, образцы которых использовались в исследованиях.

Почвенные пробы отбирались в весенний и ранне-летний периоды, когда их увлажнение было достаточным, с использованием методики ГОСТ 17.4.3.01. [12]

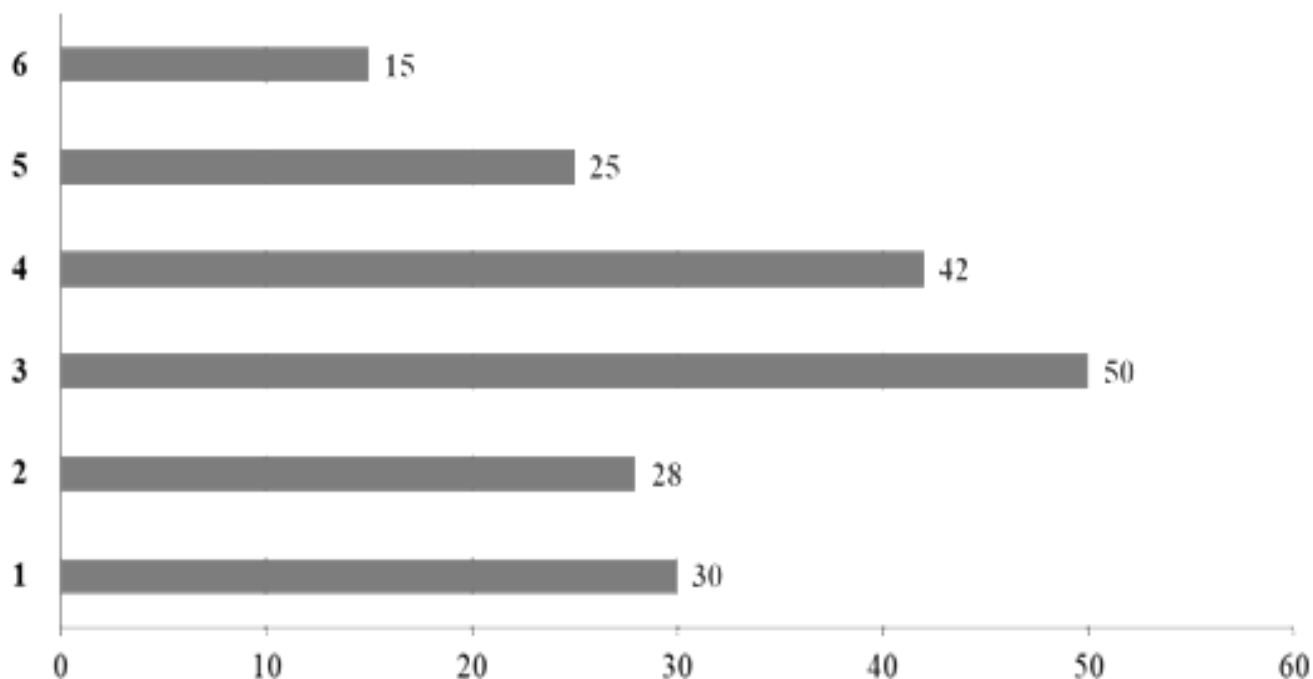


Рис. 1. Содержание клеток азотобактера, КОЕ%  
 1 — Яровая пшеница, 2 — Яровой ячмень, 3 — Чистый пар, 4 — Озимая пшеница,  
 5 — Лен масличный, 6 — Яблоневый сад.

Для культивирования азотобактера использовали селективную питательную среду Эшби (ГОСТ Р 54653–2011). [13]

Накопительные культуры азотобактера получали, используя в качестве посевного материала непосредственно почву. Метод почвенных комочков является наиболее удачным, так как он наиболее приближен к естественным условиям [8,14,15]. Изолированные колонии были рассеяны методом истощающегося штриха на среду Эшби. [6] Идентификацию выделенных штаммов, проводили по комплексу ключевых признаков, согласно определителю Берги (1997). [16]

В результате исследования в шести почвенных пробах чернозема выщелоченного, при посеве на среду Эшби был обнаружен рост типичных колоний азотобактера. Установлено, что выделенные штаммы по ключевым морфологическим и физиолого-биохимическим признакам относились к роду *Azotobacter* и виду *Azotobacter chroococcum* (табл. 1).

Проведенный анализ активности выделенных штаммов *Azotobacter chroococcum* представлен на рисунке 1.

Наиболее активным оказался штамм, выделенный из почвенного образца № 3 с участка чистый пар, а за-

медленное развитие азотобактера наблюдалось из почвенного образца № 6 — яблоневый сад.

Для анализа полученных результатов необходимо учитывать, что азотобактер достаточно требователен к условиям среды обитания. Бактерии этого рода тяготеют к нейтральным почвам и плохо переносят подкисление и снижение аэрации почвы, однако могут размножаться и в микроаэрофильных условиях. Глубина проникновения азотобактера в почву также определяется в значительной степени обеспеченностью почвы влагой. [10,17,18] Возможно низкая активность штамма, выделенного из почвы яблоневое сада, объясняется пониженной аэрацией, так как почвенный образец взяли между деревьями, где почва была достаточно плотной, необработанной.

Имеются сведения о значительном влиянии на развитие азотобактера элементов минерального питания в почве. Так, недостаток фосфора ингибирует рост и снижает жизнеспособность *Azotobacter chroococcum*, а недостаток калия и азота менее чувствителен. Наоборот, в больших концентрациях калий и азот подавляют рост бактерий рода *Azotobacter*. [19] Доказана высокая требовательность этих микроорганизмов к микроэлементам, в частности к молибдену. Существенно влияет на жизнеспособность *Azotobacter chroococcum* и характер вносимых удобрений. Как правило, органиче-

Таблица 2. Содержание минеральных элементов в почвенных образцах перед посевом культур

Номер почвенного образца	Культура	Содержание, кг/га		
		азота	фосфора	калия
1	Яровая пшеница	109,4	35,9	53,7
2	Ячмень	101,4	35,8	54,0
3	Чистый пар	111,0	48,7	65,2
4	Озимая пшеница	111,0	31,0	56,0
5	Лен масличный	138,8	59,6	61,0
6	Яблоневый сад	112,0	40,4	57,9

Таблица 3. Количество минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Доза внесения питательных веществ в почву под запланированный урожай, кг/га д.в.		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Яровая пшеница	43,0	13,0	47,0
2	Яровой ячмень	55,0	17,0	46,0
3	Чистый пар	74,0	17,0	65,0
4	Озимая пшеница	74,0	34,0	74,0
5	Лен масличный	180,0	100,0	218,0
6	Яблоневый сад	188,0	160,0	243,0

ские и фосфорные минеральные удобрения имеют стимулирующий эффект, а азотные, нередко, подавляют рост азотобактера. [10, 20]

Проведя оценку агрохимических показателей отобранных образцов, было установлено, что содержание гумуса колеблется в пределах 3,7–6,8%, реакция почвенной среды составляет 4,9–5,3 ед. рН. Содержание элементов питания колебалась в следующих пределах: азота 105,3–157,6 мг/кг почвы, фосфора — 79,0–140,0 мг/кг почвы, калия — 136,5–163,7 мг/кг почвы, серы 3,8–4,8 мг/кг почвы, кальция 23,1–25,5 мг-экв./кг почвы и магния 3,6–4,9 мг-экв./кг почвы. Содержание элементов минерального питания в почвах исследуемых участков представлено в таблице 2.

Анализ содержания соединений фосфора показывает, что наименьшее его количество было на участках № 4, 1 и 2, которые имели средние показатели активности бактерий *Azotobacter chroococcum*. Наибольшее содержание калия было отмечено в почвенных образцах на участке № 3 и 5, при этом активность бактерий в образце № 3 была наибольшей. На снижение активности микроорганизмов из образца № 5 могли оказать влияние повышенное содержание в почве азота и калия по сравнению с другими вариантами. Учитывая выше сказанное, разная активность штаммов *Azotobacter chroococcum*, выделенных в ходе проведения исследо-

ваний могла быть обусловлена, как штаммовыми различиями, так и влиянием комплекса факторов.

Проведя оценку корреляционной зависимости активности азотобактера от количества элементов минерального питания в почве, получили отрицательные значения коэффициентов Пирсона, что указывает на обратную связь. По отношению к содержанию фосфора в почве зависимость с активностью *Azotobacter chroococcum* оценивается, как слабая, но достоверная ( $p = -0,25$ ;  $t = 5,2$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). По отношению к азоту — сильная, достоверная ( $p = -0,84$ ;  $t = 3,11$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). По отношению к калию — средняя, но недостоверная ( $p = -0,6$ ;  $t = 1,5$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). Критическое значение критерия Пирсона при  $n = 6$  для достоверной значимости составляет 0,811. Поэтому в проведенном эксперименте существенная обратная зависимость обнаружена только по отношению к содержанию в почве азота.

Для изучения влияния внесения удобрений на штаммы *Azotobacter chroococcum* использовали комплексное универсальное удобрение NPK(S) с содержанием питательных элементов N — 15, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–15, K<sub>2</sub>O –15, S — не менее 10% и MgO 1% д.в. и рН 6,0–7,2 ед., которое рекомендовано для применения на любых почвах под все культуры. Минеральное удобрение вносилось в почву под запланированный урожай зерновых, технических

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений, на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 30 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросших комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
<b>4-е сутки наблюдения</b>						
1	Яровая пшеница	40	21	52,5	5	12,5
2	Яровой ячмень	40	22	55,0	6	15,0
3	Чистый пар	40	32	80,0	14	35,0
4	Озимая пшеница	40	30	75,0	18	45,0
5	Лен масличный	40	35	50,0	25	62,5
6	Яблоневый сад	40	38	95,5	30	75,0
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	30	75,0	21	52,5
2	Яровой ячмень	40	33	82,5	25	62,5
3	Чистый пар	40	37	92,5	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	38	95,0	31	77,5
5	Лен масличный	40	39	97,5	35	87,5
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	35	87,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	40	100
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	39	97,5
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	39	97,5	38	95,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	40	100,0

и плодовых растений согласно расчетам, проведенным в хозяйстве (табл. 3).

Анализ полученных данных по росту и развитию штаммов *Azotobacter chroococcum* на среде Эшби по наличию вокруг комочков слизи показали, что активность бактерий через 30 дней после внесения удобрения колебалась от 52,5% до 95,5% на 4-е сутки, 75–100% на 7-е сутки и 97,5–100% на 10 суток. Самая наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* была зафиксирована на почвенном образце, отобранном на участке яблоневого сада, т.к. уже на 7-сутки наблюдения она достигала 100% и 87,5% колоний, имевших окраску для данного вида бактерий. Наименьшая активность *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, отобранных на участках яровой пшеницы и ярового ячменя при 52,5–55,0% на 4-сутки и 100–97,5% обрастание на 10-сутки наблюдения (табл. 4).

При оценке корреляционной зависимости активности азотобактера от доз внесенных в почву удобрений не получили статистически достоверных результатов. Значения критерия Пирсона указывали на прямую, слабую взаимосвязь.

Таким образом, через 30 дней после внесения удобрения активность бактерий повысилась на участке с яблоневым садом. Очевидно, что внесение минеральных удобрений на залежных почвах (между деревьями почва не обрабатывалась) стимулировало рост и развитие штаммов *Azotobacter chroococcum*. Однако в данном случае в качестве стимулирующего фактора для повышения активности бактерий могло быть повышение аэрации почвы, которое было обусловлено внесением минеральных удобрений. Кроме того на этом участке было внесено довольно большое количество фосфора (табл. 3).

Таблица 5. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 60 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросших комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
1	2	3	4	5	6	7
<b>4-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	20	50,0	2	5,0
2	Яровой ячмень	40	20	50,0	2	5,0
3	Чистый пар	40	28	70,0	7	17,5
4	Озимая пшеница	40	27	67,5	6	15,0
5	Лен масличный	40	30	75,0	17	42,5
6	Яблоневый сад	40	19	47,5	15	37,5
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	23	57,5	18	45,0
2	Яровой ячмень	40	24	60,0	17	42,5
3	Чистый пар	40	39	97,5	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	31	77,5	25	62,5
5	Лен масличный	40	32	80,0	27	67,5
6	Яблоневый сад	40	24	60,0	19	47,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	40	100,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	40	100,0

Исследование, проведенные через 60 дней после внесения комплексного универсального удобрения показали, что наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, взятых на участке № 3 — чистый пар и участке № 5 — лен масличный, что свидетельствует о создании в этих почвах оптимальных условий для роста и развития азотобактера (табл. 5).

Активность бактерий через 90 дней после внесения удобрения колебалась от 30,0% до 62,5% на 4-е сутки, — 42,5–75,0% на 7-е сутки и 72,5–100% на 10 суток (табл. 6). Наименьшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, отобранных на участках яблоневого сада — на 4-сутки она была 30,0%, на 7-е — 42,5% и на 10-е составила 72,5%. 62,5% колоний, имели окраску для данного

вида бактерий. А наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* была зафиксирована на почвенных образцах, отобранных на участках № 3 и № 5. Причем уже на 7-сутки активность бактерий образца чистый пар достигала 100% и 90,0% колоний имели окраску черного цвета, характерную для данного вида бактерий (табл. 6).

Оценка корреляционной зависимости активности *Azotobacter chroococcum* от доз минеральных удобрений через 60 и 90 дней после внесения не дала достоверных результатов. В тоже время отмечается статистически значимое ( $p > 0,05$ ) увеличение активности микроорганизмов на всех исследуемых участках после внесения удобрений и существенное снижение их активности в зависимости от времени, прошедшего после внесения удобрений.

Таблица 6. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений, на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 90 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросшихся комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
<b>4-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	18	45,0	1	2,5
2	Яровой ячмень	40	15	37,5	1	2,5
3	Чистый пар	40	22	55,0	3	7,5
4	Озимая пшеница	40	24	60,0	2	5,0
5	Лен масличный	40	25	62,5	5	12,5
6	Яблоневый сад	40	12	30,0	0	0
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	20	50,0	7	17,5
2	Яровой ячмень	40	19	47,5	8	20,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	28	70,0	11	27,5
5	Лен масличный	40	30	75,0	15	62,5
6	Яблоневый сад	40	17	42,5	5	12,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	39	97,5
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	38	95,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	29	72,5	25	62,5

Таким образом, очевидно, что по полученным данным нельзя сделать однозначного вывода по положительному влиянию внесения минеральных удобрений на активность *Azotobacter chroococcum*, поскольку невозможно исключить действие других факторов, в том числе и биотических (вид растений, наличие других микроорганизмов в почве). Например, в литературе отмечается стимулирующий эффект в отношении азотобактера некоторых бактерий родов *Pseudomonas*, *Mycobacterium*. Сильными антагонистами являются *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Большинство актиномицетов стимулирует развитие азотобактера [3]. Так как в эксперименте эти факторы не учитывались, поэтому нельзя исключить и их влияние на показатели активности *Azotobacter chroococcum* в разных образцах.

Кроме того, увеличение активности бактерий после внесения минерального удобрения может быть обусловлено повышением аэрации, что наблюдалось в образце из яблоневого сада, отобранного через 30 дней после обработки. С течением времени активность азотобактера на этом участке уменьшилась в 2 и 1,6 раза, соответственно, после 60 и 90 дней. В тоже время, это снижение на других вариантах составляло в среднем 1,1–1,2 раза.

Отметим, что колонии *Azotobacter chroococcum* присутствовали во всех почвенных образцах. Самым активно растущим оказался штамм азотобактера, выделенный из почвенного образца № 3, где располагался чистый пар.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов С.К. Невидимые земледельцы. М, 1987. —172с.
2. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. — Л.: Издательство Ленинградского университета, 1989, 248 с
3. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. Учебное пособие. — М.: Книжный дом «Университет», 2001, 256 с
4. Zahir Z.A., Arshad M., Frankenberger W.T. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture // Adv. Agron. 2004. Vol. 81. P. 97–169.
5. Шлегель Г. Микробиология. М.: Мир, 1987. 403 с.
6. Колешко О.И. Азотфиксирующие бактерии (физиология развития). Минск, 1981. 109 с.
7. Кадырова Г.Х., Абдуллаев А.К., Алиев З.З., и др. Ростостимулирующие свойства азотфиксирующих и энтомопатогенных бактерий // Universum: химия и биология. 2022. № 5–1 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rostostimuliruyuschie-svoystva-azotfiksiruyuschih-i-entomopatogennyh-bakteriy>
8. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А. и др. Практикум по биологии почв. — М., 2002, 120 с.
9. Чуварева О.В., Акименко Ю.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка устойчивости микробоценоза бурой лесной почвы к загрязнению биоцидами // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 5–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ustoychivosti-mikrobootsenoza-buroy-lesnoy-pochvy-k-zagryazneniyu-biotsidami>
10. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968, 530 с.
11. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972, 344 с.
12. ГОСТ 17.4.3.01 Общие требования к отбору проб. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://docs.cntd.ru/document/1200159508>
13. ГОСТ Р 54653–2011 Методы микробиологического анализа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://docs.cntd.ru/document/1200093144>
14. Aquilanti L., Favilli F., Clementi F. comparison of different strategies for isolation and preliminary identification of Azotobacter from soil samples., Soil Biol. and Biochem. 2004. Vol.32. P. 181–190
15. Кравченко И.К., Дорошенко Е.В. Азотфиксирующая активность торфяной почвы верхового болота. Микробиология. 2003. Т. 72. № 1, с. 111–116.
16. Классификация микроорганизмов по Д.Х Берги (Берджи). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://bstudy.net/988786/agro/klassifikatsiya\\_mikroorganizmov\\_bergi](https://bstudy.net/988786/agro/klassifikatsiya_mikroorganizmov_bergi)
17. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975, 108 с.
18. Артамонова В.С., Бортникова С.Б. О развитии Azotobacter chroococcum Beiyrinck в старовозрастных отвалах антрацита // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1, с. 60–72.
19. Tsai J.C., Aladegbami S.L., Vela G.R. Phosphate-limited culture of Azotobacter vinelandii // J. Bacteriol. 1979. Vol. 139, № 2. P. 639–645.
20. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. — М.: Издательство МГУ. 1987, 256 с.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УДМУРТИИ

*Красноперова Светлана Анатольевна*

*Доцент*

*Удмуртский государственный университет*

*krasnoperova\_sve@mail.ru*

### THE ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY ON THE EXAMPLE OF THE OIL FIELD OF UDMURTIA

*S. Krasnoperova*

*Summary.* The article discusses the problem of groundwater contamination as a result of the activities of the oil industry. Provides an assessment of the hydrogeological protection and the quality of groundwater and springs dedicated to the oil fields of the Udmurt Republic. According to studies in groundwater within the license area, one of the fields in the specified region detected high concentrations of petroleum products, indicating a relatively low degree of hydrogeological protection of underground hydrosphere. In this regard, was highlighted category degree of protection of underground waters of oil fields on the following parameters: depth of groundwater level (capacity of the aeration zone), the structure and lithology of aeration zone rocks, the capacity of low permeable sediments in section of the aeration zone, porosity and permeability of aeration zone rocks of low permeability sediments. It is revealed that main parts, namely, oil, gzu, UPN are located in areas with I–III categories of protection of ground waters that are a priority for planning and carrying out conservation activities for the protection of the environment and sustainability components of geosystems. To determine the nature of migration processes of oil and oil products and other contaminants was sampled during the survey of the underground water springs in the five-kilometer zone of influence of the field. Chemical analysis of the studied water quality on the following parameters: bicarbonates, chlorides, sulphates, hardness, calcium, magnesium, pH, total iron and petroleum products. It is revealed that samples of spring water meet the standards of quality of drinking water according to SANITARY regulations and standards.

*Keywords:* oil, field, groundwater, hydrogeological protection, environmental pollution.

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема загрязнения подземных вод в результате деятельности нефтедобывающей отрасли. Приводится оценка гидрогеологической защищенности и качества грунтовых вод и родников, приуроченных к нефтяным месторождениям Удмуртской Республики. Согласно проведенным исследованиям в грунтовых водах в пределах лицензионного участка одного из месторождений указанного региона обнаружено превышение содержания нефтепродуктов, что указывает на сравнительно низкую степень гидрогеологической защищенности подземной гидросферы. В связи с этим были выделены категории степени защищенности подземных вод одного из нефтяных месторождений по следующим показателям: глубина залегания уровня грунтовых вод (мощность зоны аэрации), строение и литология пород зоны аэрации, мощность слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации, фильтрационно-емкостные свойства пород зоны аэрации слабопроницаемых отложений. Выявлено, что основная часть узлов, а именно, нефтепродукты, ГЗУ, УПН располагаются на территориях с I–III категориями защищенности грунтовых вод, которые являются приоритетными для планирования и проведения природоохранных мероприятий в целях охраны окружающей природной среды и сохранения устойчивости компонентов геосистем. Для определения характера миграционных процессов нефти и нефтепродуктов и других загрязняющих веществ отбирались пробы в процессе обследования водозаборов подземных вод родников в пятикилометровой зоне влияния месторождения. Проведен химический анализ качества исследуемых вод по следующим показателям: гидрокарбонаты, хлориды, сульфаты, жесткость, кальций, магний, pH, железо общее и нефтепродукты. Выявлено, что пробы родниковых вод соответствуют нормативам качества питьевых вод согласно СанПиН.

*Ключевые слова:* нефть, месторождение, подземные воды, гидрогеологическая защищенность, загрязнение окружающей среды.

**В** настоящее время наблюдается стремительный рост развития производства и промышленности, которые, в свою очередь, негативно влияют на окружающую природную среду. Уязвимыми в этом отношении являются почвы и участки подземной гидросферы, которые по пищевым трофическим цепям наносят вред биологическим организмам. Основным источником загрязнения указанных объектов исследования является активная деятельность множества

предприятий, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой нефти и полезных ископаемых [1–4].

В связи с этим целью нашей работы является оценка степени загрязнения грунтовых вод и почв, приуроченных к территориям нефтяных месторождений Удмуртской Республики, а также разработка природоохранных мероприятий по минимизации нефтяного загрязнения на указанные объекты исследования.



Рис. 1. Обзорная карта Черновского месторождения

Загрязнение подземной гидросферы происходит в основном в процессе фильтрации вредных веществ с поверхности почв. При этом существует несколько видов источников загрязнения: промышленные площадки, на которых используются вещества, обладающие способностью мигрировать с подземными водами; места хранения промышленной продукции и отходов, аварийные процессы, приводящие к разливам нефти и нефтепродуктов, буровые сточные и пластовые воды, шламовые амбары нефтедобывающих предприятий и т.д. Кроме того, по мере просачивания нефти и нефтепродуктов в глубь почвенных горизонтов может происходить трансформация углеводородов в зависимости от температуры и химического состава почв, при этом могут образовываться более токсичные вещества.

Вышеуказанные загрязняющие вещества, по данным результатов геолого-геохимических исследований, способны проникать сквозь многометровые толщи глинистого грунта за сравнительно короткое время. [5, 6], что представляет собой экологическую опасность грунтовых вод, а также, геосистем земной коры, где наблюдаются замедленные процессы самоочищения последних. Опасность заключается еще и в том, что трансформация нефтепродуктов, проникших в подземные воды, может привести к образованию токсичных и канцерогенных веществ, пагубно влияющих на организм человека и экосистем в целом.

## Материал и методы

Объектом исследования являются подземные пресные воды и родники, находящиеся в пределах лицензионного участка нефтяного Черновского месторождения и за его пределами. Месторождение расположено на территории Воткинского района Удмуртской Республики, в 15 км СЗ г. Воткинска (железная дорога) и в 70–75 км к СВ от г. Ижевска (железная дорога). В 12 км от месторождения проходит асфальтовая дорога Ижевск — Воткинск. На территории месторождения находится Черновской лесоучасток. Район, в основном, сельскохозяйственный.

Пресные воды, приуроченные к осадочному чехлу исследуемого месторождения, содержатся в четвертичных и уржумских отложениях. В гидрогеологическом отношении зона пресных грунтовых вод или так называемая «зона активного водообмена» с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup> достигает глубины в пределах 150 м на водоразделах и около 30–60 м в долине реки Вотка. На территории исследуемого месторождения проведено рекогносцировочное обследование с опробованием водотоков, действующих водозаборных скважин.

Работа по обследованию эксплуатационных скважин, родников включала в себя сбор и систематизацию фондовых и архивных материалов с последующим по-

левым обследованием. Обследование эксплуатационных скважин выполнялось с целью получения фоновых характеристик качества подземных вод основного водоносного горизонта, как на территории месторождения, так и в радиусе возможного влияния.

В процессе обследования собирались сведения о режиме работы скважин, глубине установки насосов, их марке, сделана привязка скважин, проведена санитарная оценка территории расположения скважин, выяснено наличие или отсутствие I пояса зоны санитарной охраны, отобраны пробы воды на химический анализ. Анализ качества воды в пределах исследуемого месторождения и близлежащих родников проводился в комплексной водно-грунтовой лаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике» в 2017 г.

Отбор, хранение и доставка проб воды осуществлялась в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000, нормативных документов на отбор, хранение и транспортировку отдельных элементов, а также требований лабораторий в соответствии с применяемой методикой анализа.

## Результаты и их обсуждение

Подземные воды (грунтовые и основной водоносный горизонт).

В наблюдательных скважинах №№ 2Н (куст-2), 5Н (куст-14), 6Н (куст-13), 7Н (куст-3), 10Н (куст-19), 11Н (куст-8) выявлены загрязнения грунтовых вод хлоридами до 5 ПДК и выше, что, вероятно, является следствием размыва шламовых амбаров на территории кустов скважин. Так же наблюдается превышение жесткости, минерализации, окисляемости, железа выше ПДК. В скважинах №№ 5н, 6н, 7н, 10н, 11н наблюдаются повышенные содержания нефтепродуктов. Среднее же содержание нефтепродуктов за отчетный период не превышает ПДК. Загрязнение в плане зависит от линейных размеров источника и характера движения грунтовых вод. По глубине загрязнение ограничено кровлей плотных слабо выветрелых пород уржумского возраста и не превышает 10–12 м.

Выявлено загрязнение основного водоносного горизонта хлоридами (до 2 ПДК в скв. № 80755), в целом отмечается повышенное содержание хлоридов относительно фона. Превышение ПДК наблюдается также по сухому остатку (до 2,8 ПДК), жесткости (до 3,9 ПДК). Согласно проведенным исследованиям в грунтовых водах обнаружено превышение содержания нефтепродуктов (скважина 7н 7,88 мг/дм<sup>3</sup> — норма 0,1), что указывает на сравнительно низкую степень гидрогеологической защищенности подземной гидросферы.

На загрязнение последней могут влиять природные, техногенные и физико-химические факторы.

Среди природных факторов выделяют глубину залегания грунтовых вод, фильтрационно-емкостные свойства пород (пористость, проницаемость), литологический состав отложений и т.д.

К техногенным факторам относят производство и их процессы, в результате деятельности которых происходит негативное воздействие на окружающую природную среду. Сюда относятся пруды-отстойники, шламовые амбары, различные аварийные процессы на нефтепроводах, приводящие к загрязнению педосферы и соответственно подземных вод.

От физико-химических факторов зависят миграция и распространение загрязняющих веществ в биогеоценозах, их адсорбционные свойства, период распада, а также химическая и механическая устойчивость к среде.

В нашей работе для определения наименее уязвимых участков загрязнения подземной гидросферы использована методика В.М. Гольдберга [5, 6]. Согласно этой методике, оценка условий защищенности грунтовых вод дается по четырем основным показателям:

- ♦ глубина залегания уровня грунтовых вод (мощность зоны аэрации),
- ♦ строение и литология пород зоны аэрации,
- ♦ мощность слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации,
- ♦ фильтрационные свойства пород зоны аэрации и прежде всего слабопроницаемых отложений.

На Черновском месторождении нефти наименее защищен горизонт грунтовых вод в аллювиальных отложениях долины р. Вотка и ее притоков, имеющий I и II категорию защищенности. Кустовые площадки 2, 3, 6, 8, 14, 16, 17, 18, 19, ГЗУ и локальные нефтепроводы расположены на участках имеющих I и II категорию защищенности грунтовых вод. На участках, имеющих IV категорию защищенности, расположены кустовые площадки 7, 13. УПН Черновского месторождения нефти расположена на территории, имеющей III категорию защищенности [7].

Для определения характера миграционных процессов загрязняющих веществ отбирались пробы в процессе обследования водозаборов подземных вод родников в пятикилометровой зоне влияния месторождения. Результаты химических анализов грунтовых вод по данным опробования родников приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты химических анализов по родникам

№№ п/п	Наименование определений	Количество определений	Норма по СанПиН 2.1.4.1074–01	Замеренные величины показателя, от-до (среднее)	Величины показателей с учетом изменений по сезонам года и многолетнем разрезе, от-до
1	2	3	4	5	6
1.	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	1000,0	178,0–331,0 (226,6)	150,0–400,0
2.	Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	-	189,0–311,0 (250,25)	250,0–400,0
3.	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	350,0	<10–21,6 (12,8)	40,0
4.	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	500,0	<50	10,0–50,0
5.	Магний, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	-	11,7–30,1 (19,8)	20,0–30,0
6.	Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	8 определений	-	49,9–437 (102,28)	40,0–55,0
7.	Жесткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	8 определений	7,0	3,45–5,61 (4,28)	5,0–5,44
8.	рН, доли ед.	8 определений	6–9	7,71–8,48 (8,16)	7,4–8,0
9.	Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	2 определения	0,3	<0,1	0,1
10.	Нефтепродукты ПНДФ 14.1:2:4.128–98	8 определений	0,1	<0,005–0,014 (0,0062)	0,1

Экологическое состояние геологической среды в пределах самого месторождения можно оценить как «условно благоприятное». Выявленные очаги загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами и рассолами носят локальный характер и обусловлены нарушениями технологической и производственной дисциплины. Для прогноза развития загрязнения и разработки рекомендаций по размещению режимной сети проводилось моделирование процессов фильтрации и переноса загрязнений, по результатам которого установлено, что солевое загрязнение быстро нейтрализуется до безопасных концентраций вследствие разбавления рассолов в процессе их смешения с вмещающими водами. На основе рассматриваемых исследований был сделан вывод, что система мониторинга на разрабатываемых нефтяных месторождениях должна быть не площадной, а локальной, на основе модульного принципа, позволяющего прогнозировать кризисные экологические ситуации [8].

На остальной территории месторождения грунтовые воды относительно чистые. В пятикилометровой зоне влияния исследуемого месторождения геоэкологическая обстановка оценивается как условно благо-

приятная, об этом свидетельствуют данные химического анализа проб родников (табл. 1). Показатели оценки качества воды находятся в пределах допустимых значений в соответствии с нормативными показателями САНПИН.

### Заключение

На основании проведенных геохимических и эколого-геологических исследований выявлено, что по степени гидрогеологической защищенности наиболее уязвимыми являются водоносные горизонты в пределах нефтяного месторождения, а именно территории кустовых площадок, нефтепроводов, ГЗУ и УПН с I–III категориями защищенности грунтовых вод. Именно эти территории являются приоритетными для планирования и проведения природоохранных мероприятий.

Для обеспечения защиты водоносных подземных горизонтов при обустройстве и эксплуатации нефтяных месторождений рекомендуется предусмотреть:

- ♦ экологический мониторинг за качеством подземной гидросферы на основе модульного принципа;

- ◆ экологический контроль, включающий изучение литологического и гидрогеологического разреза по стволу пробуренных наблюдательных скважин и время просачивания нефти и нефтепродуктов до границ пресных вод;
- ◆ очистку производственно-дождевых стоков и пластовой воды перед закачкой в систему заводнения;
- ◆ использование коррозионностойких цементов, обеспечивающих герметичность и долговечность крепи скважины;
- ◆ использование адсорбентов для наименее защищенных участков подземных вод, проанализированных согласно методике В.М. Гольдберга [5, 6].

Последняя рекомендация требует необходимой научно обоснованной разработки, в основе которой лежит «принцип коэволюции техногенеза и природной среды». В нашем случае предлагается создавать дополнительные геохимические барьеры по пути просачивания нефти и нефтепродуктов за счет растительных адсорбентов (лузга подсолнечника, шелуха исследованных злаков и т.д.). Они не уступают по качеству дорогостоящим химическим адсорбентам. Их грамотное использование позволит не только снизить значительные затраты и оптимизировать природоохранные мероприятия, но и ввести в оборот отходы сельхозпроизводства в соответствии с системным подходом как в природных экосистемах.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Манько А. Экологическая оценка воздействия загрязнений на гидросферу для оптимизации инженерной защиты подземных хранилищ ядовитых веществ // Вестник МГСУ, 2008, № 1, с. 29–31.
2. Димакова Н.А. Шарапов Р.В. Проблема загрязнения подземных вод // Журнал Современные наукоемкие технологии, 2013, № 2, с. 79–82
3. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Причины нефтяного загрязнения подземной гидросферы в пермском Прикамье // Пермская система земного шара — 180 лет: сборник научных статей (90-летию геологического факультета посвящается). Под общей редакцией П.А. Красильникова. — Пермь, 2022, с. 154–159.
4. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / отв. ред. В.И. Осипов. — М., 2001.
5. Гольдберг В.М. Глазда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. — М.: Недра, 1984. 266 с.
6. Гольдберг В.М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. — М., 1984, с. 171–177.
7. Красноперова С.А. К проблеме гидрогеологической защищенности подземной гидросферы от нефтяного загрязнения // Управление техносферой: электрон. Журнал, 2018, Т. 1, Вып. 2, с. 185–193. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>
8. Маркова И.М. Разработка структурной схемы экологического мониторинга водных объектов на основе модульного принципа // Вестник МГСУ, 2010, с. 100–107.

---

© Красноперова Светлана Анатольевна ( [krasnoperova\\_sve@mail.ru](mailto:krasnoperova_sve@mail.ru) ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## МЕСТО ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ В СОВРЕМЕННОЙ ЗООЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКЕ

### THE PLACE OF DOMESTIC ANIMALS IN MODERN ZOOLOGICAL SYSTEMATICS

**M. Lomskov  
N. Pimenov  
A. Konovalov**

*Summary.* In this article, the authors discuss the problem of the lack of a code or other similar document that would regulate the taxonomy of domestic animals. Unfortunately, now modern zoological systematics does not consider domestic animals as objects of its research. Thus, in modern zoological science there is a serious problem of systematics of animals cultivated by man. The current taxonomic system is incomplete because it does not take into account the huge number of domestic animals. Currently, the application of zoological systematics to domestic animals would acquire an important role as a kind of zoological and DNA-genealogical marker, indicating the distinctive properties of the object under study. In our opinion, for application in domestic animals taxonomy, the experience and methods of modern botanical taxonomy could be used as a basis, recognizing a number of taxonomic categories as a rank below a subspecies (for example, variety, grex, cultivar, cultivar group (or group), cultigens and etc).

*Keywords:* taxonomy, zoological systematics, domestic animals, code of nomenclature.

**Ломсков Михаил Александрович**

К.б.н., доцент

Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА  
имени К.И. Скрябина  
Москва

[lomskovma@mail.ru](mailto:lomskovma@mail.ru)

**Пименов Николай Васильевич**

Д.б.н., профессор РАН

Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА  
имени К.И. Скрябина  
Москва

[pimenov-nikolai@yandex.ru](mailto:pimenov-nikolai@yandex.ru)

**Коновалов Александр Михайлович**

К.с.-х.н., доцент

Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА  
имени К.И. Скрябина  
Москва

[zoolog82@mail.ru](mailto:zoolog82@mail.ru)

*Аннотация.* В данной статье авторы обсуждают проблему отсутствия кодекса или другого аналогичного документа, который бы регулировал таксономию домашних животных. К сожалению, на данный момент современная зоологическая систематика не рассматривает домашних животных в качестве объектов своего исследования. Таким образом, в современной зоологической науке существует серьезная проблема систематики культивируемых человеком животных. Существующая сегодня таксономическая система является неполной, поскольку не учитывает огромное количество домашних животных. В настоящее время применение зоологической систематики к домашним животным приобрело бы важную роль своеобразного зоологического и ДНК-генеалогического маркера, указывающего на отличительные свойства изучаемого объекта. На наш взгляд, для применения в таксономии домашних животных в качестве основы можно было бы использовать опыт и методы современной ботанической систематики, признающей ряд таксономических категорий рангом ниже подвида (например, разновидность, сорт и др.).

*Ключевые слова:* таксономия, зоологическая систематика, домашние животные, кодекс номенклатуры.

**В**се большее количество современных экологических исследований показывает, что так называемые естественные биоценозы, во многом давно изменены влиянием человека. Особенно значительными эти изменения стали на территории Европы, Северной Африки, Центральной и Юго-Восточной Азии, Северной Америки. Исследования конца XX — начала XXI вв. показывают, что масштабы антропогенного влияния на биосферу планеты столь велики, что естественные природные сообщества стали большой редкостью. Разнообразные загрязнения и другие антропогенные воздействия вызывают в биосфере глобальные изменения, воздействие которых всё еще мало изучено. Очевидно, что являющиеся важной составляющей этих сообществ представители флоры и фауны, также на сегодня изменены глобальным антропогенным воздействием (Лебедев, 2018).

В той или иной степени трансформируя естественные ландшафты, человек создает новые антропогенные ландшафты и природные сообщества, изменяя окружающую среду. Если в XVIII в дикие животные (т.е. животные, естественный генотип которых не изменен или практически не изменен влиянием человека еще составляли значительную часть биоценозов планеты, то в XX в их число значительно сократилось. Их место в трансформированных человеком природных сообществах заняли синантропные, разнообразные домашние и культивируемые человеком организмы (Пименов и др., 2022; Lomskov et al, 2022).

Очевидно, что для дальнейшего развития биологической науки совершенно необходимо заниматься комплексными исследованиями организмов, измененных и созданных человеком. Так, например, среди прочего, необходимо систематизировать многообразие созданных человеком живых организмов, не встречавшихся ранее в естественных сообществах.

В современных условиях, примененная к домашним животным зоологическая номенклатура приобретает важную роль своеобразного зоологического и ДНК-генеалогического маркера, указывающего на отличительные свойства изучаемого объекта.

Однако, в настоящее время организмы, одомашненные человеком, зоологическая наука практически не изучает, а (отечественная) сельскохозяйственная, не изучает, поскольку не владеет специальными методиками. Изучению домашних животных нет места в современной научной систематике и номенклатуре.

### Цель работы

Комплексный анализ проблемы отсутствия разработанной системы таксономии и номенклатуры домашних животных

В методологии проведенных исследований были использованы следующие главные составляющие: системный анализ, критический обзор, синтез.

### Результаты и обсуждения

Для дальнейшего обсуждения исследуемого предмета следует определиться с трактовкой основных применяемых далее терминов:

*Дикие организмы* — это существа, обитающие в мало трансформированной (естественной) среде генотип которых не изменен (или практически не изменен) влиянием человека.

*Домашние или доместифицированные организмы* — это существа, естественный генотип которых (прямо или косвенно) изменен влиянием человека. Современное значение различных домашних организмов, в частности, сельскохозяйственных, весьма велико. Примерная суммарная численность только наиболее распространенных домашних животных превышает 130 млрд. особей, а их жизнедеятельность оказывает огромное влияние на состояние современной биосферы (Лебедев, 2018).

*Культивирование* (от лат. cultivo — «обрабатывать», «возделывать») это создание человеком (направленно, или невольно) генетически новых организмов, с одновременным обеспечением для них специализированных условий существования, обеспечивающих их жизнь и успешное размножение в ряду поколений.

Порядок формирования, размещения и признания научных таксонов животных сегодня регламентируется «Международным кодексом зоологической номенклатуры» (2004), в котором отсутствуют правила формирования названий и таксонов домашних животных. Данное издание указывает, что современная систематика живых организмов рассматривает исключительно животных, существующих в виде естественных популяций. Домашние организмы не могут существовать в виде популяций, т.к. у домашних животных отсутствует явление естественной панмиксии и, следовательно, всё их многообразие оказывается вне поля интересов фундаментальной зоологической науки (Лебедев и др., 2014; Пименов и др., 2021).

Таким образом, в современной зоологии существует серьезная проблема систематики культивируемых человеком животных. Существующая сегодня таксономическая система является неполной, поскольку не учитывает огромное количество домашних животных.

Возможно, что для применения в современной таксономии домашних животных приемлемо было бы ис-



пользовать опыт и методики современной ботанической систематики, признающей ряд таксономических категорий рангом ниже вида (например, разновидность, сорт и др.).

Если внедрить в зоологическую систематику принципы, используемые при образовании названий в ботанической номенклатуре (International code of botanical nomenclature, 2006), то можно было бы при назывании домашнего животного (в качестве маркировки факта одомашнивания), после традиционного названия вида, применять латинскую лексему «domesticus» (или «domestica») или литеру d. с точкой. Подобные обозначения позволили бы, например, разделить гибридов, добытых (отловленных) в естественной среде, от животных, полученных при содержании в условиях *ex situ* (зоопарки, питомники и т.п.). Саму лексему «domesticus» необходимо ставить после бинарного названия биологического вида — предка домашней формы живого организма. Если речь идет о домашних породных животных, то после «domesticus» (или d.), можно указывать соответствующее латинское название породы. Например: *Canis lupus d. Leonberger*; *Bos primigenius d. Aberdeen angus*, *Columba livia d. strasser*.

Также необходимо отметить, что одним из главных свойств породы является стабильность (устойчивость), обеспечивающая генетическое и морфологическое однообразие породных животных, которое, зачастую, больше, чем однообразие диких организмов одного биологического вида (Лебедев и др., 2014). Явление стабильности делает возможным выделять внутри пород номинальные формы (по аналогии с номинативными видами) также, как это происходит в зоологической систематике.

На данный момент присвоение названия породам на территории РФ регламентируется Гражданским кодексом (2020). В его тексте указано, что: «название селекционного достижения (т.е. породы животного, или сорта растения) должно позволять идентифицировать его, должно

быть кратким, отличаться от названий уже существующих селекционных достижений того же или близкого ботанического или зоологического вида. Оно не должно состоять из одних цифр, вводить в заблуждение относительно свойств, происхождения, значения селекционного достижения, личности селекционера, не должно противоречить принципам гуманности и морали».

Как видно, закон никак не связывает название пород с международным правом или международной зоологической номенклатурой. Также он не оговаривает законность и правомочность использования тех или иных языков, позволяя употреблять все возможные языки. Подобная ситуация недопустима, поскольку именно систематика является универсальным инструментом зоологов и биологов, позволяя ученым из разных стран вести диалог. Вполне уместно привести слова Президента нашей страны В.В. Путина, который в своей речи на ассамблее ООН в 2015 г. отмечал, что: «В международном праве, в международных делах каждый термин должен быть понятен, прозрачен, должен иметь единообразное понимание и единообразно понимаемые критерии». Совершенно очевидно, что аналогичным должен быть подход и в современной зоологической науке. Проблема систематики domesticiрованных организмов, ее международной универсальности и междисциплинарной интегрированности остается актуальной.

## Заключение

Проведенное исследование наглядно демонстрирует существующую в настоящее время в современной зоологической науке актуальную проблему систематики домашних животных. Используемые на данный момент таксономическая и номенклатурная системы являются неполными по причине того, что вне поля их классификации остается огромное количество домашних животных, существующих сегодня на планете и оказывающих огромное по своим масштабам воздействие на окружающую среду и являющихся, подчас, лимитирующим фактором для диких организмов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, И.Г. Дикие и домашние животные в антропогенной среде // И.Г. Лебедев — М.: ФГБОУ ВО «МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина», 2018. — 454 с.
2. Пименов, Н.В. Антропосфера: формирование и следствия. Монография / Н.В. Пименов, М.А. Ломсков, А.М. Коновалов М. Изд-во «ЗооВетКнига», 2022. — 224 с.
3. Lomskov, M.A. Analysis of the impact of anthropogenic transformation of organisms on the homeostasis of ecosystems / M.A. Lomskov, N.V. Pimenov, R.F. Ivannikova and M.V. Selina // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — № 981. — 042058. — 6 p.
4. Международный кодекс зоологической номенклатуры. / Изд. 4-е. Принят Межд. союзом биол. наук: пер с англ. и фр. Второе исправленное издание русского перевода. — М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. — 223 с.
5. Лебедев, И.Г. Основы теории зоокультур: учебное пособие / под ред. акад. Ф.И. Василевича // И.Г. Лебедев, О.С. Габузов, В.В. Алпатов. — М.: ФГБОУ ВПО «МГАВМиБ» им. К.И. Скрябина, 2014. — 290 с.

6. Пименов, Н.В. Теоретические основы биологии мелких домашних, лабораторных и экзотических животных: Учебное пособие / Н.В. Пименов, И.Г. Лебедев, М.А. Ломсков — М.: ООО НПО «Сельскохозяйственные технологии», 2021. — 202 с.
7. International code of botanical nomenclature (Vienna Code) / adopted by the Seventeenth International Botanical Congress, Vienna, Austria, July 2005. — Int. Assoc. for Plant Taxonomy, 2006. — 568 p.
8. Гражданский кодекс РФ. Части 1–4: текст с изменениями и дополнениями на 2 февраля 2020. — М.: Эксмо, 2020. — 608 с.

---

© Ломсков Михаил Александрович (lomskovma@mail.ru),

Пименов Николай Васильевич (pimenov-nikolai@yandex.ru), Коновалов Александр Михайлович (zoolog82@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина

## ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЫКНОВЕННОГО ТРОСТНИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА

### SECONDARY USE OF ORDINARY CANE FOR THE PRODUCTION OF BIOETHANOL

**O. Mansurov**  
**A. Kemalov**  
**R. Kemalov**

*Summary.* The present study aims to study the possibility of using ordinary cane as a plant renewable raw material for the production of bioethanol with the use of preliminary hydrolysis treatment of raw materials with weak solutions of sulfuric acid, which allows the conversion of cellulose material into monosaccharides. The comparison of the yield of ethanol obtained from cane subjected to pretreatment and without pretreatment was carried out. It is shown that pretreatment of cane raw materials with dilute sulfuric acid (0.5%) at 140 °C for 1 hour, allows to obtain more concentrated ethanol solutions after fermentation, compared with cane without pretreatment.

*Keywords:* common cane, bioethanol; sulfuric acid, pretreatment.

**Мансуров Олим Пардабоевич**

Аспирант  
Казанский (Приволжский) федеральный  
университет. г. Казань  
olimjonmansurov@mail.ru

**Кемалов Алим Фейзрахманович**

Профессор, доктор технических наук  
Казанский (Приволжский) федеральный  
университет. г. Казань  
Alim.Kemalov@kpfu.ru

**Кемалов Руслан Алимович**

Доцент, кандидат технических наук  
Казанский (Приволжский) федеральный  
университет. г. Казань  
Ruslan.Kemalov@kpfu.ru

*Аннотация.* Настоящее исследование ставит целью изучения возможности использования тростника обыкновенного, в качестве растительного возобновляемого сырья для получения биоэтанола с применением предварительной гидролизной обработки сырья слабыми растворами серной кислоты, позволяющей осуществить превращение целлюлозного материала в моносахариды. Проведено сравнение выхода получаемого этанола из тростника, подвергнутого предварительной обработке и без предварительной обработки. Показано, что предварительная обработка тростникового сырья разбавленной серной кислотой (0,5%) при 140 °C в течение 1 часа, позволяет получить более концентрированные растворы этанола после ферментации, по сравнению с тростником без предварительной обработки.

*Ключевые слова:* обыкновенный тростник, биоэтанол; серной кислотой, предварительной обработки.

### Введение

Этанол из возобновляемых источников снова привлекает внимание из-за опасений глобального потепления и истощения запасов нефти. Лигноцеллюлозная представляет собой потенциальный источник сырья для крупномасштабного производства этанола. Для производства этанола из лигноцеллюлозные компоненты гемицеллюлозы и целлюлозы необходимо гидролизовать до сахаридов кислотным или ферментативным гидролизом. Гидролизаты лигноцеллюлозные часто содержат ингибиторы, негативно влияющие на ферментацию и вызывающие снижение выхода этанола. Поскольку этанол является малоценным продуктом, крайне важно, чтобы производственный процесс был относительно простым, надежным и эффективным. Было показано, что путем совершен-

ствования методов ферментации и разработки методов производства дрожжей на месте можно добиться значительного улучшения ферментации гидролизатов лигноцеллюлозные в промышленных условиях. Существующий периодический метод контролируемой ферментации токсичных гидролизатов с подпиткой был доработан для расширения масштабов. Было продемонстрировано, что быстрая и эффективная ферментация ингибирующего гидролизата разбавленной кислоты из ели в масштабе 20 л может быть получена путем применения контроля скорости подачи, который использует общий поток газа из реактора в качестве входного сигнала. Более эффективное использование различных сахаридов при одновременном осахаривания и ферментации тростника может быть достигнуто при использовании ферментирующих ксилоту дрожжей. Оценивали как рекомбинантные *Saccharomyces*

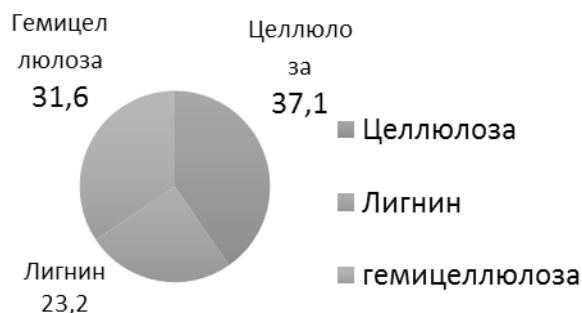


Таблица 1. Химический состав обыкновенного тростника (в пересчете на сухой остаток, мас.%).

Компоненты	
Лигнин	23,2
Целлюлоза	37,1
Гемицеллюлоза	31,6
Пепел	2,3
Экстракты Сокслета. (Петролейный эфир 40–60 °С)	0,6

*S. cerevisiae*, так и дрожжи, ферментирующие естественную ксилозу. Несмотря на то, что с обоими дрожжами была получена высокая конверсия ксилозы, *S. cerevisiae* оказались гораздо более подходящими для ферментации в промышленных условиях.

Тростник обыкновенный можно встретить на всей территории Республики Узбекистан, за исключением г. Джизака, но его основной ареал распространения составляет озеро Айдаркуль, Сурхандарьинская область и река Сырдарья [1]. Тростник — это, так называемое, биотопливо “второго поколения”. Этот термин используется для биотоплива, которое производится из непищевой биомассы (например, тростника) или сельскохозяйственных отходов. Тростник — это род водно-болотных растений, относящийся к травам с весьма продуктивной надземной биомассой (до 30 тонн с одного гектара в течение года). Благодаря своему широкому распространению, он становится недефицитным и дешевым сырьем для производства биотоплива [2].

Тростник может быть использован в качестве источника энергии тремя способами, а именно путем сжигания, производства биогаза и биотоплива. При этом все составные части этого растения — стебли и листья, находят свое применение независимо от их длины и диаметра [3]. Люди использовали тростник на протяжении тысячелетий. Были проведены многочисленные исследования по конверсии целлюлозы растений в глюкозу, которая, в свою очередь, находит широкое применение в качестве исходного сырья для получения различных химических веществ и биотоплива [4].

Тростник обладает несколькими привлекательными характеристиками для специальной культуры биомассы. Потенциальная продуктивность гигантского тростника составляет от 28 т/га/год до 49 т/га/год, в зависимости от климата, географического положения, почвы и периода выращивания [1]. По своему химическому составу сухой тростник представляет собой достаточно сложный комплекс структурных биополимеров, в основном, полисахаридов и лигнина. Он содержит 37.1% целлюлозы, лигнин (23.2%), Гемицеллюлоза (31,6), углеводы (4–11%). В свежих растениях имеется витамин С (до 500 мг%) [3].

Он также считается одной из наиболее экономически эффективных энергетических культур, поскольку является многолетним, и ежегодные затраты на его культивирование невелики, а стоимость сбора урожая может зависеть только от местности произрастания и климатических условий. Тростник имеет низкую потребность в питательных веществах и может расти на засоленных землях, используя низкокачественные соленые сточные воды, обходиться без применения сельскохозяйственных удобрений и ядохимикатов. [7]. Наконец, еще одним существенным преимуществом тростника является его хорошая сохраняемость по сравнению со многими другими культурами биомассы. Его можно хранить без укрытий, лишь с незначительными потерями. Эти потери приходятся, в основном, на листовую фракцию, составляющую около 10–15% от общего объема производства биомассы [8]. Преимущества биоэтанола заключаются в том, что его можно использовать во многих отраслях промышленности в качестве эффективного биотоплива, раствори-

Таблица 2. Количество волокон и сахаридов, оцененное в процентах для образцов тростника

Образцы	Всего сахаридов%	Общее количество волокон%
Исходный материал	4.1	45
Ферментированное сырье	1.5	43
Сырье для гидролиза	9.6	39
Гидролизное ферментированное сырье	3.3	27



Рис. 1. Динамика образования этанола для тростниковой биомассы с применением предварительной обработки (а) и без предварительной обработки (б) на 3,5 и 7 сутки

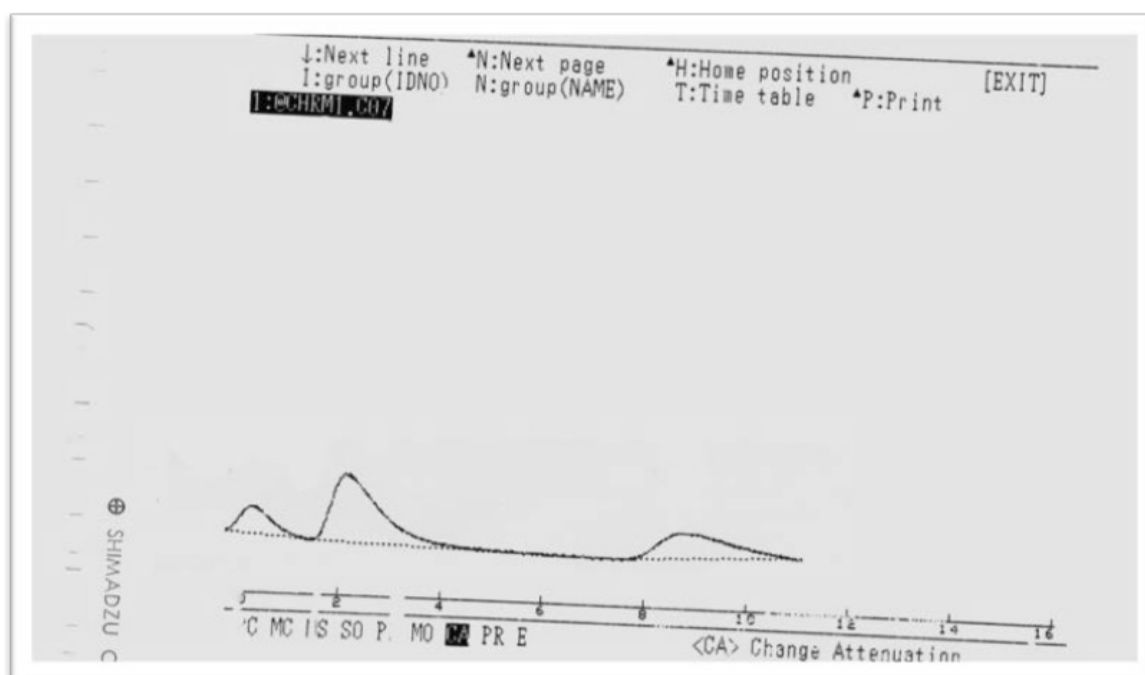


Рис. 2. Пик этанола для образцов тростника без предварительной обработки с использованием ГЖХ

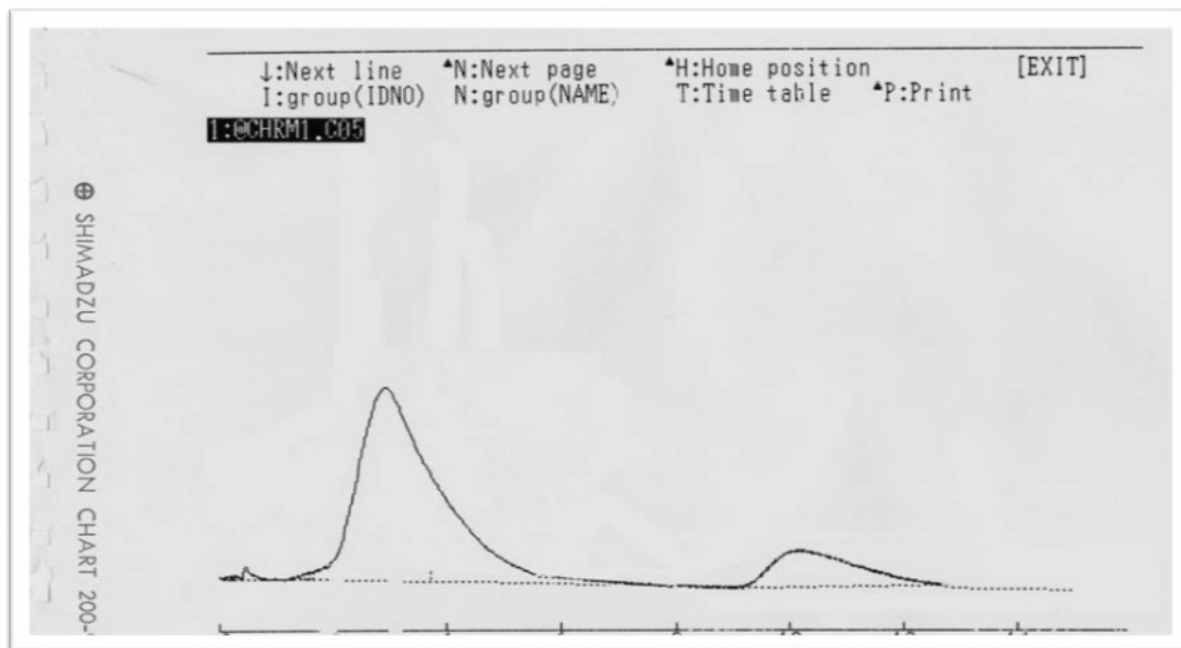


Рис. 3. Пик этанола для образцов тростника предварительной обработки с использованием ГЖХ.

теля, реагента, наиболее полно отвечающих принципам «зеленой» химии и «зеленой» экономики [5].

Биоэтанол — это топливо, доминирующее сегодня на рынке возобновляемого биотоплива, и большинство новых бензинов. Двигатели могут использовать топливные смеси, содержащие до 20% этанола, в то время как транспортные средства с гибким топливом могут работать на топливных смесях, содержащих до 100% этанола (E100).

## 1. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Свежий тростник был собран (целое растение без корней) в прибрежной зоне озера Айдаркуль в Джизакской области Узбекистана. Собранное растение промыли водой и высушили на солнце в течение 5 дней. Высушенный образец был превращен в мелкодисперсный порошок с размером частиц менее 3 мм. Измельченный материал использовался в качестве сырья для производства биоэтанола. Растения были разделены приблизительно на две равные части, которые предназначались для экспериментальных исследований, включающих сравнение выхода этанола для биомассы без, и с предварительной подготовкой.

Высушенный тростник измельчали помощью блендера и просеивали через сито с размерами ячеек 80–100 меш. Порции измельченной биомассы по 200 г хранили в замороженном состоянии при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  до использования.

Предварительная обработка тростниковой биомассы заключалась в проведении кислотного гидролиза, которая заключалась в следующем:

200 г измельченного тростника предварительно обрабатывали разбавленной серной кислотой (0,5%) при температуре  $140^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа. pH составлял 3,5. Затем промывали деминерализованной водой. Добавлением раствором едкого натра доводили pH среды до 5.

Волокна и сахарады определяли до предварительной обработки и после обработки, а также до и после брожения. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* были приобретены на местном рынке Узбекистане. Перед использованием дрожжей их активировали, для чего около 1 г сухих дрожжей добавляли к 20 мл 5% стерилизованного раствора глюкозы, активировали при  $38^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа, охлаждали с  $38^{\circ}\text{C}$  —  $30^{\circ}\text{C}$ , а затем использовали в эксперименте. Концентрация дрожжей составляла приблизительно 108 клеток/мл.

После этого активированные дрожжи (3 г) добавляли в тростниковую биомассу (с предварительной обработкой и без предварительной обработки тростника) в стерильных условиях, чтобы предотвратить загрязнение. К смеси добавляли один литр дистиллированной воды, затем подвергали автоклавированию при  $121^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут, и оставляли для брожения в течение 7 дней в стеклянном сосуде при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ . pH  $\sim 4,8$  поддерживали на протяжении всего периода брожения. Концентрацию образовавшегося в процесс

брожения этанола контролировали каждые 2 дня с использованием газовой хроматографии.

## 2. Результаты

Волокна и сахараиды в тростнике определяли до и после ферментации. В таблице 2 показано количество волокон и сахараидов, оцененное в процентах.

На следующем рисунке 1 показана концентрация этанола в граммах/литре из ферментированного тростника, включая два процесса (без обработки и с обработкой).

Средние значения концентрации этанола, полученные из образцов тростника с предварительной обработкой, составили 4,2 г/л, 11,2 г/л и 16,4 г/л через 3, 5 и 7 дней, соответственно, в то время как он составлял 0,8 г/л, 1,3 г/л и 2,9 г/л соответственно за те же дни после ферментации для образцов без предварительной обработки (рис. 1).

На рисунках (2) и (3) показана концентрация этанола, полученная из образцов тростника с использованием ГЖХ [14].

## 3. Обсуждение результатов

Из результатов, приведенных в таблице (1), следует, что в сыром тростнике после ферментации при 30 °C произошло снижение содержания сахараидов из-за активности дрожжей и их способности превращать сахараиды в этанол. Также наблюдалось незначительное снижение содержания волокон из-за активности дрожжей по расщеплению волокон.

Также в предыдущей таблице (1) показано увеличение процентного содержания сахараидов, наоборот, уменьшение процентного содержания волокон после гидролиза (добавление кислоты) из-за способности разбавленной кислоты разлагать волокна на сахараиды по мере увеличения этанола на рисунке (1). Сахаридаи потреблялись дрожжами и превращались в этанол. Полученные результаты соответствуют тому, что упоминалось в [9] о расщеплении волокон на сахараиды с использованием разбавленной кислоты при удельной теплоте.

Скорость гидролиза фермента была максимальной в третий сутки по сравнению со 5 и 7 сутками. Это может быть связано с образованием ингибирующих веществ в гидролизате, а также из-за изменения кристалличности целлюлозы путем условие предварительной обработки, влияющее на скорость гидролиза фермента [13]. *Saccharomyces cerevisiae* является одним из наиболее

эффективных микроорганизмов, продуцирующих этанол, который использует гексозные сахара, включая глюкозу, маннозу и галактозу, для производства этанола. Основным компонентом лигноцеллюлозного гидролизата является глюкоза (гексозный сахар). В процессе ферментативного гидролиза часть целлюлозы превращалась в глюкозу. *Saccharomyces cerevisiae* с высокой производительностью этанола затем перерабатывали эти молекулы глюкозы в этанол. Сообщается, что *S. cerevisiae* обладает высокой толерантностью к ингибирующим соединениям, присутствующим в гидролизате лигноцеллюлозной биомассы. Однако этот штамм не способен использовать пентозные сахара для производства этанола путем ферментации. Некоторые штаммы дрожжей были разработаны для ферментации ксилоты в этанол, но скорость и выход этанола значительно ниже по сравнению с их ферментацией глюкозой. *S. cerevisiae* обычно используется в промышленном производстве этанола из сырья на основе сахара или крахмала.

Эти результаты показали, что полного потребления сахараидов из дрожжей не было, причинами этого была концентрация этанола, которая играет существенную роль в ингибировании метаболических процессов, влияющих на потребление сахараидов [11].

На первом рисунке показано, что наибольшее значение производительности составило 16,4 г/л для образцов, предварительно обработанных разбавленной серной кислотой (0,5%) и ферментируемых в течение 7 дней, в то время как наименьшая производительность составляла 0,8 г/л для образцов, которые не подвергались обработке и ферментации в течение 3 дней. Статистический анализ между днями производства (для предварительно обработанных образцов) показал значительную разницу ( $P \leq 0,05$ ).

Увеличение количества этанола в течение дней ферментации для обоих процессов (без предварительной обработки и с образцы предварительной обработки) наблюдалось, это увеличение может быть возвращено к времени контакта между субстратом и дрожжами. На предыдущем рисунке (1) была большая разница между концентрацией этанола предварительной обработки пробы и образцы без предварительной подготовки, в котором концентрации этанола от предварительной обработки образцов больше, чем образцы без предварительной подготовки, что в производстве из-за количества сахараидов предварительная обработка образцов, которые были больше, чем количество углеводов в образцах без предварительной обработки, где дрожжи потребляют сахараиды и превращают их в этанол, а различия между сахараидами и волокнами до и после ферментации, а также до и после гидролиза можно увидеть в таблице (1).

## 4. Заключение

Наши результаты четко и последовательно показывают, что используемое сырье обыкновенного тростника может эффективно производить биоэтанол. Эта биомасса является лучшим кандидатом, чем другая биомасса, с точки зрения производства биотоплива, содержания энергии, теплотворной способности и целлюлозного компонента, которые являются одним из основных критериев для выбора использования в качестве сырья для производства биотоплива.

Более прекрасным доказательством использования этого сырья является то, что биомасса обычно растет в залежных районах этого региона без надлежащего ухода, и это может быть одним из наиболее важных факторов в отношении продовольственных культур по сравнению с топливными культурами. Принимая во внимание высокую энергетическую производительность и целлюлозную составляющую исходного сырья, биомасса рас-

сматривалась в качестве субстрата для ферментов для производства биоэтанола. В меру наших знания, трава обыкновенного тростника является жизнеспособным сырьем для источника производства биоэтанола. Это сырье может быть использовано для производства этанола, поскольку это сырье в изобилии встречается в Узбекистане.

Тростник обыкновенный признан перспективной биомассой благодаря интересному содержанию целлюлозы (40%) и низкой стойкости. Хорошая деконструкция биомассы и, как следствие, общий выход были достигнуты при промежуточных условиях предварительной обработки.

Из полученного результата можно сделать вывод, что тростник обладает способностью производить биоэтанол путем ферментации, а предварительная обработка разбавленной серной кислотой (0,5%) увеличивает производство биоэтанола за счет превращения волокон в сахараиды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кемалов Р.А., Джамалов З.З., Мансуров О.П. Способ получения биомассы из растений (тростник, солома и т.п.) // Ж. Инновация, Наука, Образование. — 2021. — 34. — С. 482–487.
2. J.F. Kobbing, N. Thevs and S. Zerbe. "Использование тростника (*Phragmites australis*)", *Mires and peat*. Vol.13, pp.1–14, 2013.
3. Tefvik Aysu. "Supercritical fluid extraction of reed canary grass (*Phalaris arundinacea*)". *Biomass and bioenergy* 41 (2012) 139 e1 44, Turkey.
4. С.Б. Чачина, А.В. Двоян. Получение биоэтанола из органического сырья // Омский научный вестник № 2 (134) 2014. — С. 224–228
5. Анастас, Пол Т.; Уорнер, Джон С. (1998). *Зеленая химия: теория и практика*. — Нью-Йорк: Издательство Оксфордского университета. ISBN9780198502340.
6. Булаткин, Г.А. Перспективы и ограничения производства биотоплива II поколения из растительного сырья / Г.А. Булаткин // Экологический вестник России. — 2009. — № 10. — С. 49–52 с.
7. L.G. Angelini, L. Ceccarini, D. Nassi and N. Nasso. "Comparison of *Arundodonax L.* and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance", *Biomass and Bioenergy journal*. Vol.33. pp635–643 .2009.
8. I. Lewandowski, J.M.O. Scurlock, E. Lindvall and M. Christou. "The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe", *Biomass and Bioenergy*. Vol.25, pp 335–361.2003.
9. A. Mohagheghi, M. Tucker, K. Krohmann and C. Wayman. "High solid simultaneous saccharification and fermentation of pretreated wheat straw of ethanol", *Applied biotechnology and biotechnology journal*. Vol33, pp67–81.1991.
10. J. Lu, X.Z. Li, J. Zhao and Y. Qu. "Enzymatic Saccharification and Ethanol Fermentation of Reed Pretreated with Liquid Hot Water", *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. Vol.2012, pp1–9.2012.
11. Воробьев, И.Г. О проблемах производства биотоплива в мире / И.Г. Воробьев // БИКИ № 8118872, 21.07.2005. — С. 12–14.
12. Миронова Г.Ф. Повышение эффективности процесса получения биоэтанола из шелухи овса / Дисс. ... кандидата технических наук. М., 2020.-119с.
13. Waleed KEZ, Maha MI, Yasser RAF, Nadia AS, Morsi MM (2011) Acid and enzyme hydrolysis to convert pretreated lignocellulosic materials into glucose for ethanol production. *Carbohydr Polym* 84:865–871
14. Hind S. Abdulhay Production of Bioethanol from Reed (*Phragmites australis*). *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)* 15(2):145–150

© Мансуров Олим Пардабоевич (olimjonmansurov@mail.ru),

Кемалов Алим Фейзрахманович (Alim.Kemalov@kpfu.ru), Кемалов Руслан Алимович (Ruslan.Kemalov@kpfu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# МЕТОДЫ ПОЛИПУТНИКОВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ХАНОЙ (ВЬЕТНАМ)

## POLY SATELLITE ANALYSIS METHODS FOR AIR POLLUTION ASSESSMENT IN HANOI (VIETNAM)

*Nguyen Minh Thi  
E. Ivantsova*

**Summary.** The problem of air pollution is one of the main environmental factors affecting Vietnam. In this article, we evaluate the dynamics of air pollution over Hanoi, the capital of Vietnam, based on a dynamic comparison of sets of multi-level satellite data, which allows us to assess the potential of emissions. The methods of calculating the UVAI pollution assessment index, ozone monitoring (OMI), a time series of MERRA-2 reanalysis data on the concentration of black carbon (CHU) for 5 years from 2017 to 2021 were used as a basis, and pollution trends over time were studied. In addition, a comparison of the fire hazard analysis for the studied indicators was carried out. Our results highlight the need for better air pollution monitoring systems to record episodic pollution events and their impact on the surface, such as industrial incineration of garbage in selected areas.

**Keywords:** satellite images, air pollution, environmental indicators, cartography of the ecology of Hanoi, Vietnam.

**Нгуен Минь Тъи**

Аспирант

Волгоградский государственный университет

saothang1086@gmail.com

**Иванцова Елена Анатольевна**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Волгоградский государственный университет

ivantsova.volgu@mail.ru

**Аннотация.** Проблема загрязнения воздуха является одной из основных экологических факторов, влияющих на Вьетнам. В данной статье оцениваем динамику загрязнения воздуха над Ханоем, столицей Вьетнама, на основе динамического сравнения наборов разноуровневых спутниковых данных, что позволяет оценить потенциал выбросов. В основу методы расчета индекса оценки загрязнения по показателю ультрафиолета UVAI, мониторинга озона (OMI), временной ряд данных реанализа MERRA-2 о концентрации черного углерода (ЧУ) за 5 лет с 2017 по 2021 год и изучили тенденции загрязнения с течением времени. Кроме того, проведено сравнение анализа пожароопасности для исследуемых показателей. Наши результаты подчеркивают необходимость более совершенных систем мониторинга загрязнения воздуха для регистрации эпизодических случаев загрязнения и их воздействия на поверхность, таких как промышленное сжигание мусора в выбранных районах.

**Ключевые слова:** спутниковые снимки, загрязнение воздуха, экологические показатели, картография экологии Ханой, Вьетнам.

## Введение

**С**жигание биомассы, промышленность, транспорт, экономический рост и производство электроэнергии в Юго-Восточной Азии в последнее время увеличиваются, что приводит к проблемам загрязнения и ухудшения качества воздуха по всей Юго-Восточной Азии [1]. Выбросы от сжигания остатков сельскохозяйственного риса, сжигания лесной биомассы, а также от промышленных источников связаны с переносом загрязнения воздуха на большие и средние расстояния в различных регионах мира.

Черный углерод (ЧУ) является ключевым видом загрязняющих веществ, имеющим первостепенное значение для оценки уровня загрязнения воздуха, и он также может влиять на региональный радиационный фон [6]. ЧУ способствует возникновению проблем со здоровьем человека, таких как астма, даже при кратковременном воздействии в результате эпизодических событий, таких как сжигание сельскохозяйственных отходов

[1]. Исследования также показали, что последствия загрязнения воздуха могут сохраняться в масштабе от нескольких дней до месяцев, оказывая влияние на химический состав атмосферы, погоду, биогеохимические циклы.

Важно учитывать, что мониторинг воздействия загрязняющих веществ может быть ограничен неопределенностью и расхождениями между наборами данных о загрязнении воздуха [2]. Среди стран Азии Вьетнам ежегодно выбрасывает примерно 83 Гг ЧУ и занимает пятое место в мире по объему выбросов после некоторых из самых густонаселенных стран, включая Китай, Индию, Индонезию и Пакистан [3]. Большая часть выбросов ЧУ из Вьетнама сосредоточена в столичном регионе Ханой, где проживает более 10 миллионов человек, с зонами сжигания лесной биомассы, влияющими на загрязнение воздуха на северо-западе, и сжиганием рисовой соломы в дельте Красной реки, окружающей Ханой [5]. Однако, неясно какая часть загрязнения воздуха в Ханое связана с различными источниками из со-

седних регионов. Поэтому в этом исследовании важно объяснить, как загрязнение из других источников влияет на уровень загрязнения Ханоя, например, местное сжигание остатков риса в дельте Красной реки, а также городское загрязнение из мегаполисов в Южном Китае и поглощение ЧУ из лесных пожаров в Лаосе и Вьетнаме [3].

В дополнение к ЧУ, ультрафиолетовый индекс (UVAI) может отслеживать последствия горения биомассы [4]. Однако использование только оптических спутниковых данных для UVAI может быть затруднено для точной количественной оценки уровней загрязнения в покрытых облаками регионах, таких как Ханой, Вьетнам, поскольку спутниковые данные могут быть скрыты за облачным покровом, хотя и в меньшей степени, чем другие данные из-за использования УФ-спектра. Также может быть сложно количественно оценить короткие, но интенсивные случаи сжигания биомассы, такие как сжигание рисовой соломы в июне или октябре, поскольку выбросы могут быть сосредоточены всего за несколько недель с ежедневной изменчивостью и низкой высотой столбов дыма. Однако данные повторного анализа, которые ассимилируют наборы данных с различных платформ, обеспечивают в основном согласованный пространственно-временной охват во времени, но со своими ограничениями.

В этом исследовании мы используем временные ряды данных повторного анализа концентрации СУ, а также спутниковые UVAI, активные пожары MODIS и синоптические метеорологические модели для изучения тенденций в воздухе признаков загрязнения в Ханое, Вьетнаме и прилегающих регионах. Мы также оценили надежные 3-часовые наборы данных по ЧУ и провели анализ ЧУ с поправкой на количество осадков на основе метеорологических данных.

В этом исследовании мы рассмотрели следующие вопросы: 1) Как изменяется концентрация ЧУ в Ханое в разных временных масштабах (т.е. ежечасно, ежедневно и ежемесячно)? 2) Каковы основные факторы, влияющие на уровень загрязненности? 3) Как изменяются тренды ЧУ после поправки на атмосферные условия? 4) Насколько хорошо можно связать выбросы от сжигания рисовых остатков из близлежащих районов с уровнями загрязнения воздуха в Ханое?

Ханой, культурный центр и столица Вьетнама, расположен в самой густонаселенной городской зоне страны, Ханойском столичном регионе, значительной части дельты Красной реки. Ханой уникален тем, что он не только очень густонаселенный, с населением более 10 миллионов человек, но и демонстрирует мозаичный ландшафт, покрытый мелкими рисовыми плантация-

ми, другими фермами и плантациями, перемешанными с растущей пригородной территорией в результате продолжающегося преобразования сельскохозяйственных земель. В городе влажный субтропический муссонный климат, на который влияет северо-восточный муссон зимой и юго-восточный муссон летом. В Ханое наибольшее количество осадков выпадает летом (июль-август) и меньше всего зимой (декабрь-январь). В течение многих засушливых месяцев в этом наиболее загрязненном городе во Вьетнаме качество воздуха постоянно ухудшается, особенно из-за мелкодисперсных твердых частиц, связанных с различными источниками, такими как интенсивное автомобильное движение в Ханое, сжигание рисовых остатков в июне и октябре, а также региональный транспорт.

**Данные и методы:** данные Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2), спутниковые снимки QFED, GFED и RETROv2 для оценки концентрации ЧУ, набор данных AeroCom Phase II для оценки антропогенных выбросов, полученные с помощью NASA MODIS, MISR и AERONET.

Мы использовали временные ряды 3-часовых данных о концентрации вредных веществ Merra-2 Reanalysis для изучения тенденций загрязнения как над городом Ханой, так и над окружающей континентальной Юго-Восточной Азией. Также важно учесть перенос загрязняющих веществ и вклад в изменчивость уровней ЧУ из окружающего региона на основе синоптических моделей направления ветра по фактору MODIS. Чтобы лучше понять тип загрязняющих веществ, наблюдаемых в разные месяцы, следует сравнить значения UVAI со значениями ЧУ, чтобы сделать вывод, можно ли отнести источник загрязнения к сжиганию биомассы или к внешним факторам загрязнений. Регрессия с наилучшей подгонкой по уровням осадков проводится для данных ЧУ, что приводит к нелинейной степенной функции, подходящей как,

$$y = a * x^b,$$

где «у» — дневная концентрация ЧУ, «а» — постоянная величина, а «х» — дневное количество осадков.

Уравнение можно линеаризовать, взяв логарифм по основанию 10 от обеих частей уравнения, чтобы получить:

$$\log_{10}(y) = \log_{10}(a) + b \times \log_{10}(x)$$

Затем для каждого дня данных мы минимизируем влияние осадков, чтобы получить концентрацию ЧУ с поправкой на количество осадков с учетом краткосрочных и общих долгосрочных тенденций.

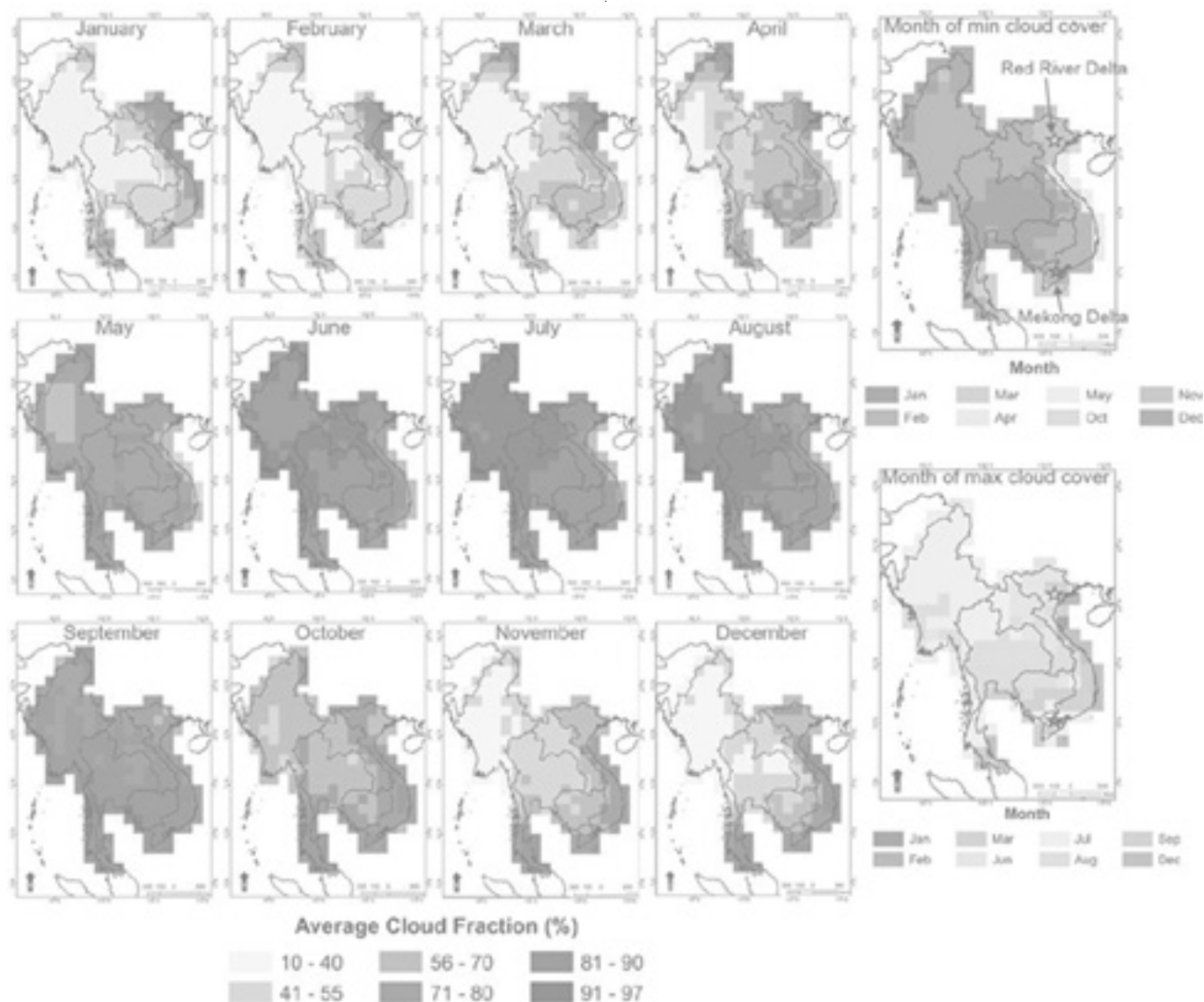


Рис. 1. Среднемесячная облачность, усредненная по месяцам на 1 градусную ячейку сетки

## Полученные результаты

### Облачность над Ханоем

Анализ доли облачности на уровне стран в континентальной Юго-Восточной Азии показал, что Вьетнам имеет самый высокий среднемесячный облачный покров (72,4%), за ним следуют Камбоджа (69,7%), Лаос (67,7%), Таиланд (67,6%) и Мьянма (59,9%). (рис. 1). Более того, из этих разных стран Вьетнам также имеет самые низкие ежемесячные факторы активных пожаров: 647, что указывает на потенциальное недообнаружение из-за облачного покрова. Мониторинг активных пожаров из-за сжигания остатков риса в дельте Красной реки особенно сложен. В Ханое и дельте Красной реки наблюдается самая высокая облачность во время

сжигания остатков в июне, тогда как в ноябре и декабре облачность меньше. Если сравнивать два рисоводческих региона Вьетнама, то в дельте Красной реки в среднем происходит только 25 активных пожаров в течение июньского времени сжигания риса, тогда как в Меконге — 556.

### Ветер и активные пожары

Перенос загрязненного воздуха в Ханой становится очевидным из среднемесячных характеристик направления и скорости ветра, показанных на рис. 2, а также среднемесячных приземных концентраций ЧУ. Общие синоптические метеорологические данные указывают на северные ветры, дующие из Южного Китая в Северный Вьетнам и Ханой в период с октября по март, тогда как в период

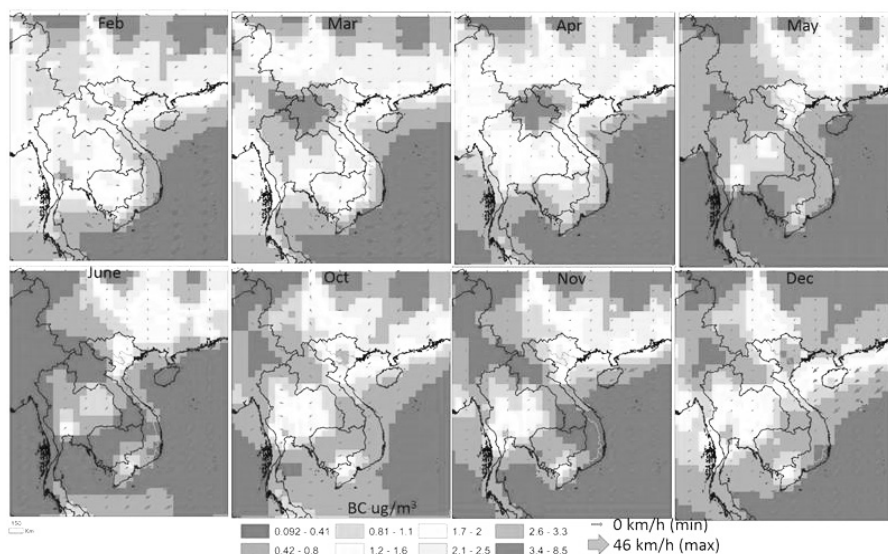


Рис. 2. Среднемесячная концентрация ВС, направление и скорость ветра

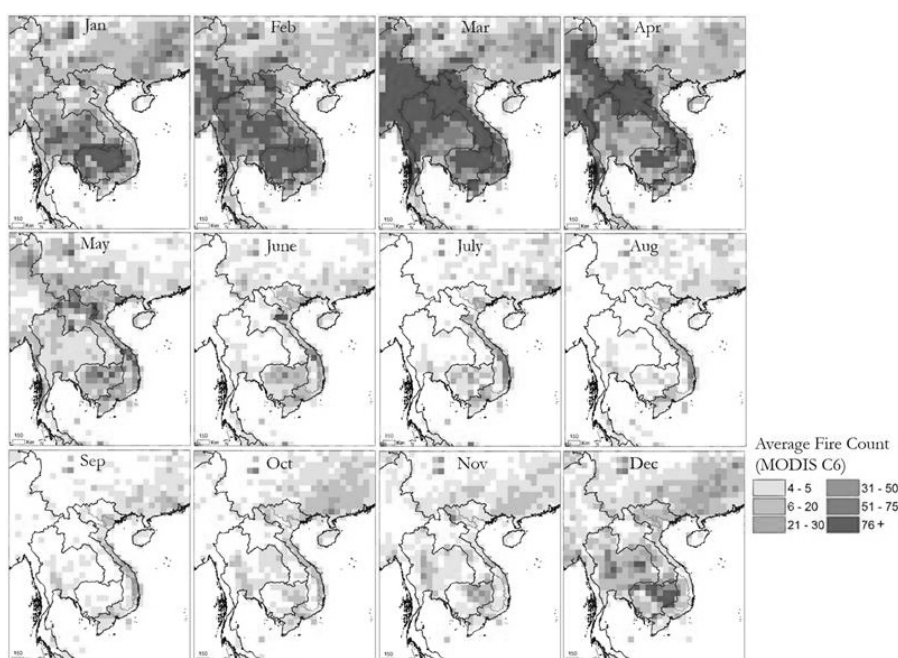


Рис. 3. Средние тренды активных пожаров MODIS в окружающем регионе

с апреля по август дуют более южные или юго-восточные ветры из Лаоса, Южного Вьетнама и Южно-Китайского моря. Уровни ЧУ в регионе Юго-Восточной Азии демонстрируют пик в марте в Таиланде и Мьянме, связанный с пожарами в сельском хозяйстве и мелких фермерских хозяйствах, обнаруженными по MODIS (рис. 3).

Мегаполисы Чэнду и Чунцин с их активным сжиганием биомассы также являются существенным источником выбросов в эти месяцы.

#### UVAI и количество четких наблюдений

Среднемесячное общее количество безоблачных наблюдений за UVAI (где  $UVAI > 0,1$ ) показано в Северном Вьетнаме на Рис. 4. Над Ханоем наибольшее количество наблюдений приходится на май и декабрь, которые, как правило, являются более засушливыми месяцами, но в среднем по-прежнему приходится всего 5 или 6 четких наблюдений. Чтобы продемонстрировать влияние, хотя бы частично связанное

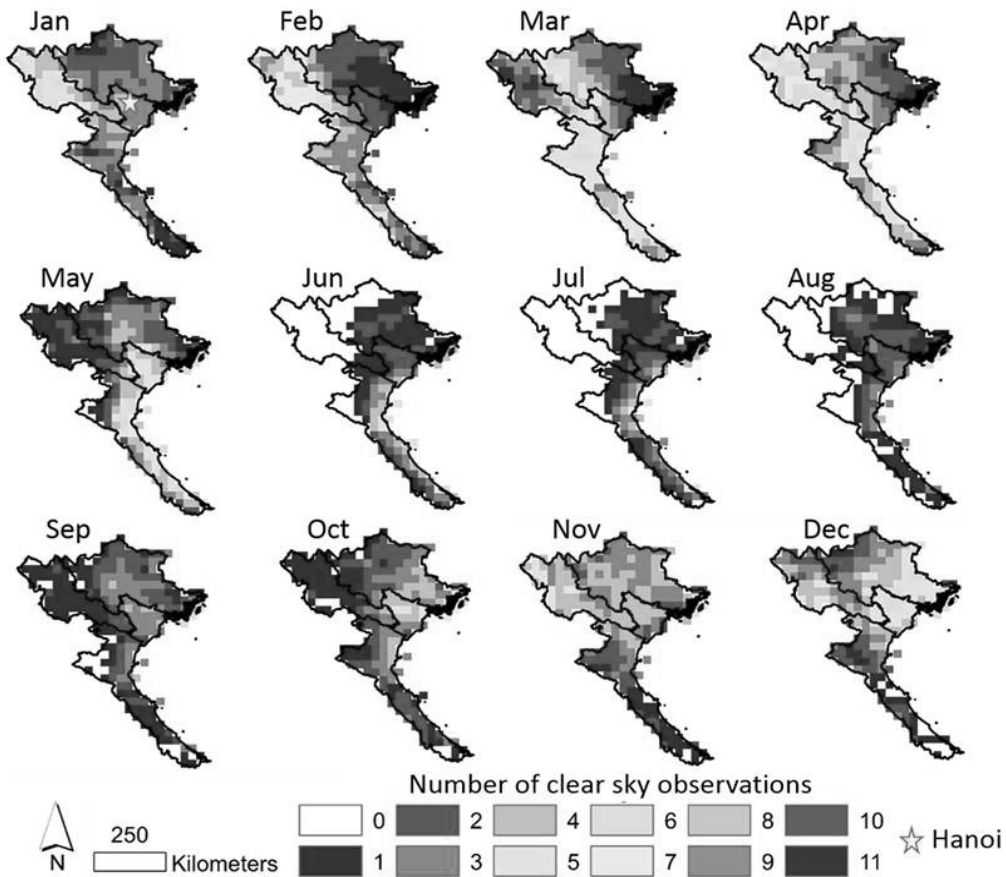


Рис. 4. Среднемесячное количество безоблачных наблюдений UVAI над Северным Вьетнамом

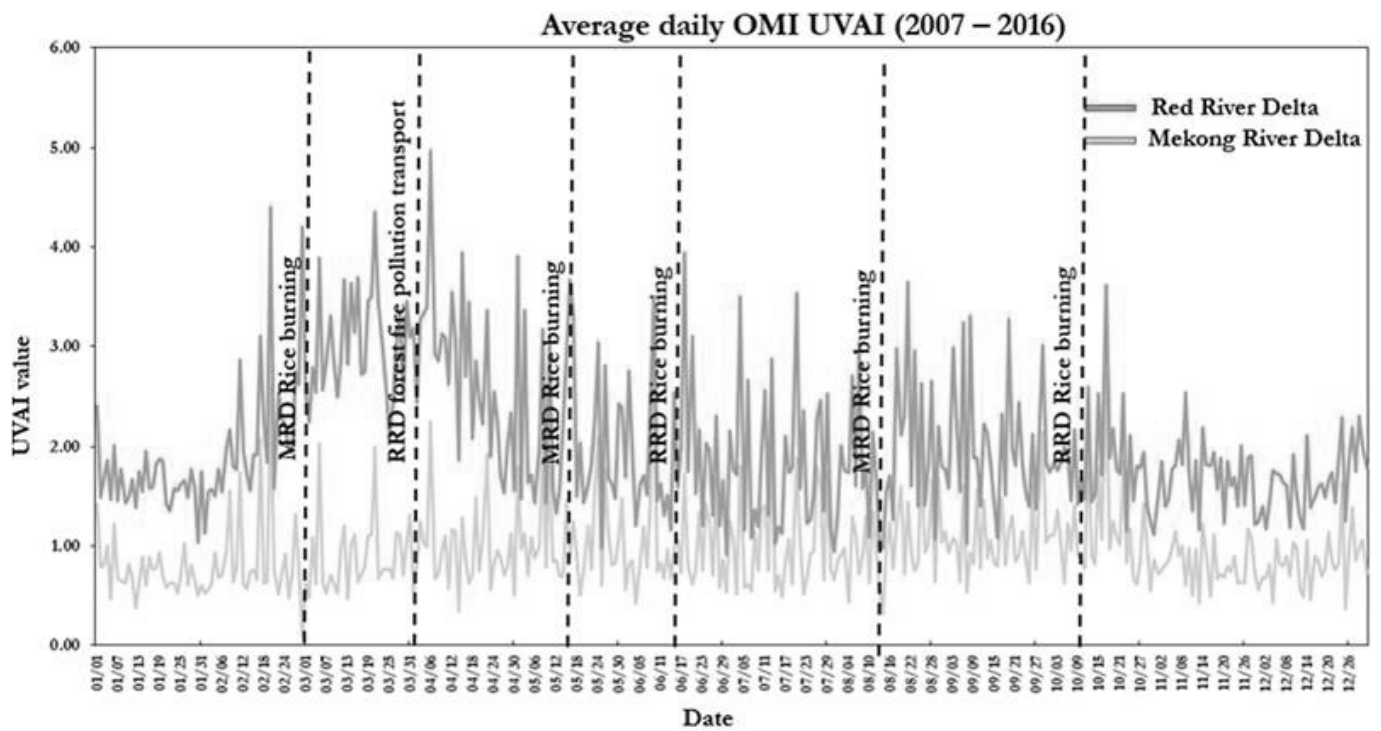


Рис. 5. Среднесуточный UVAI в сравнении между дельтой Красной реки и дельтой реки Меконг

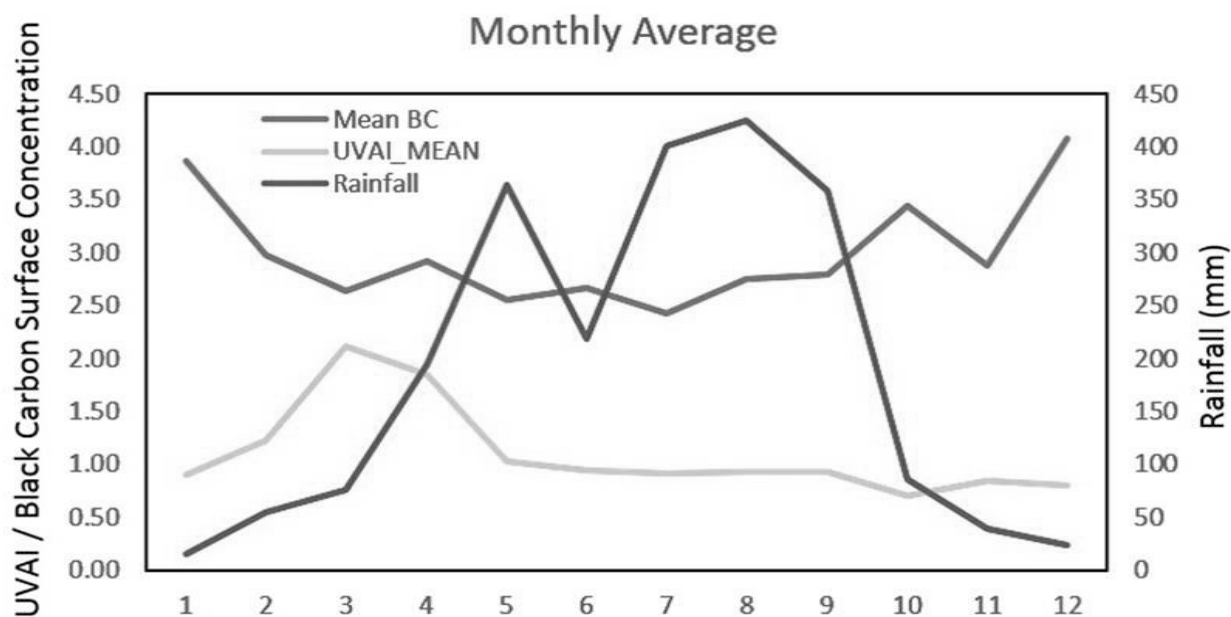


Рис. 6. Среднемесячные значения ВС, UVAI и количества осадков над Ханоем, Вьетнам

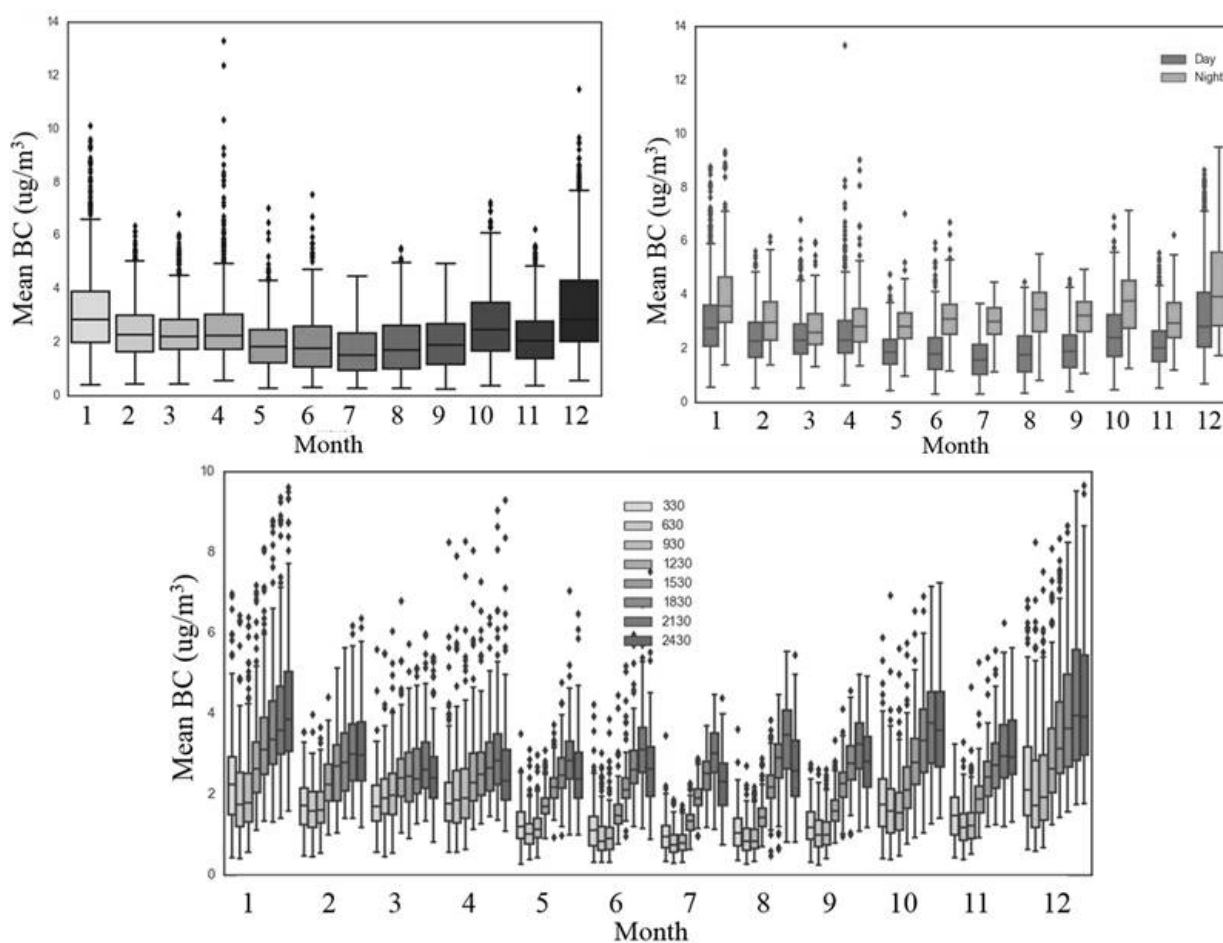


Рис. 7. Распределение 3-часовой приземной концентрации ВС а) по месяцам, б) днем и ночью; в) 3-х часовой

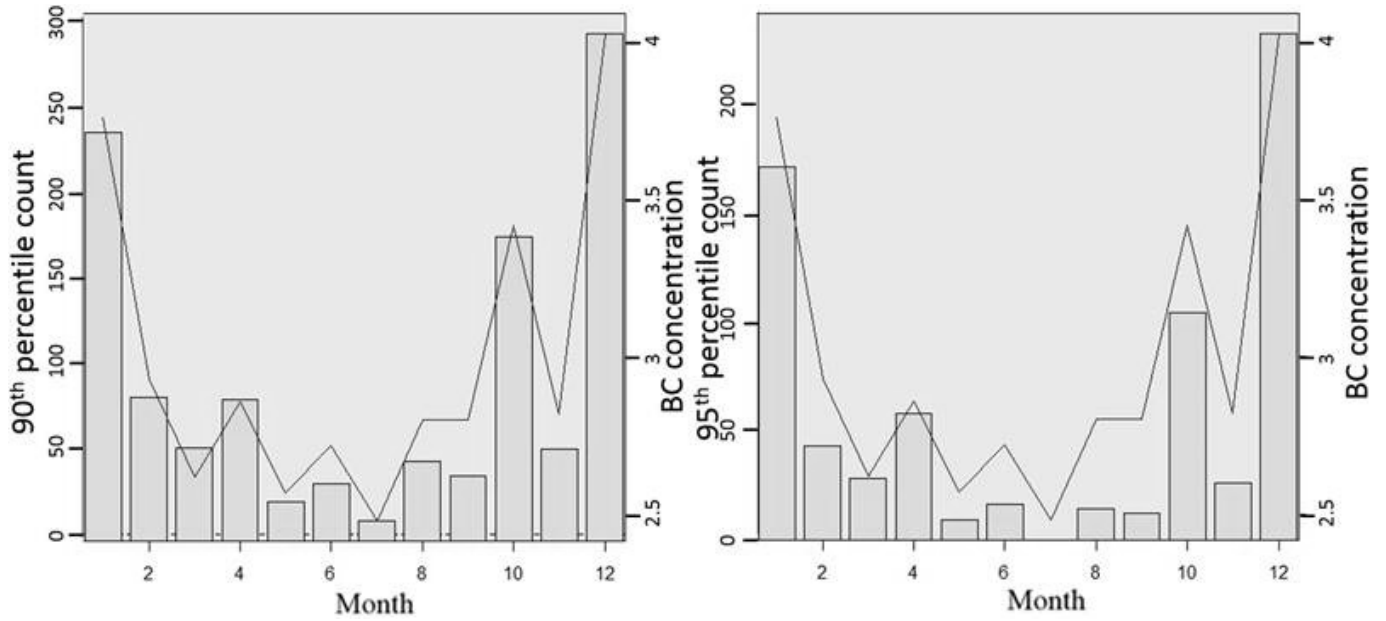


Рис. 8. Количество 3-часовых превышений а) 90<sup>-го</sup> перцентиля; б) 95<sup>-го</sup> перцентиля. Черная линия представляет среднемесячный ЧУ

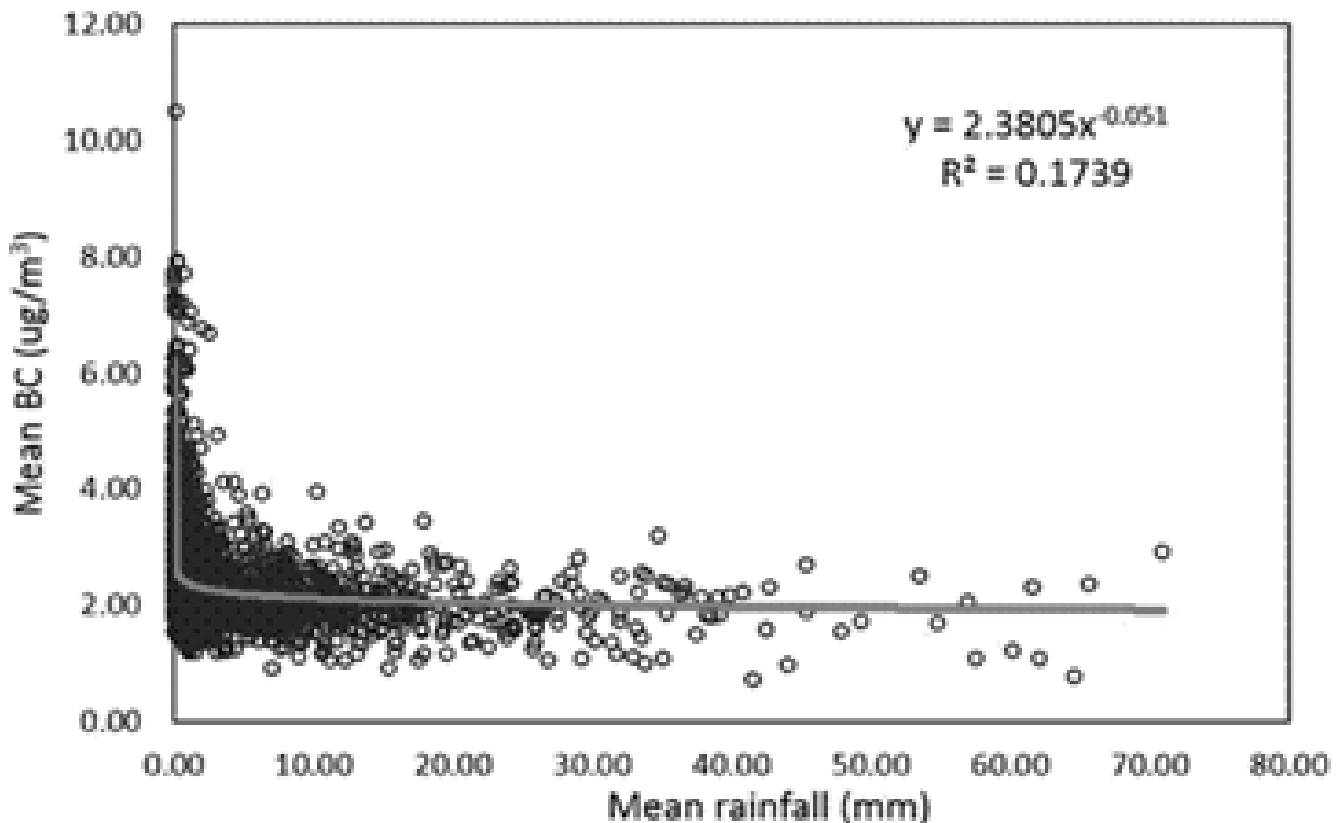


Рис. 9. Временные ряды ВС, осадков и черного углерода с поправкой на погоду над Ханоем, Вьетнам

с отсутствием данных, мы показываем среднесуточные значения UVAI, усредненные для дельты Красной реки, на рис. 5.

#### MERRA-2 BC схемы и погодокоррекция

Из-за проблем с изучением степени загрязнения воздуха из-за повышенной облачности над Ханоем мы используем данные повторного анализа MERRA-2 о концентрации ЧУ, в котором используется комбинация наборов спутниковых и наземных данных, которые предоставляют данные за каждый день независимо от облачности. Данные о концентрации ЧУ MERRA-2 с 3-часовыми интервалами показали более динамичные тенденции загрязнения, чем те, которые наблюдались только с помощью UVAI. Трехчасовой анализ данных для каждого месяца выявил месяцы с самыми высокими медианными и среднемесячными значениями: декабрь (4,08 мкг/м<sup>3</sup>), январь (3,87 мкг/м<sup>3</sup>) и октябрь (3,44 мкг/м<sup>3</sup>). Тем не менее, следует отметить, что в апреле чаще всего наблюдаются выбросы, указывающие на большое количество эпизодов загрязнения (Рис. 6). Анализ тенденций с использованием 3-часовых наборов данных показал самые низкие значения ЧУ в Ханой около 3:30 или 6:30 из-за меньшего автомобильного движения и промышленных загрязнителей. В течение 5-летнего периода по ежедневному уровню концентрации ЧУ обнаружены лишь незначительное снижение концентрации (рис. 7).

Хотя среднемесячные значения и распределение трехчасовых данных дают некоторое представление, они не отражают временные характеристики событий с экстремальным загрязнением. Чтобы лучше понять случаи экстремального загрязнения в каждом месяце, мы исследовали превышение уровней СУ выше 90<sup>-го</sup> и 95<sup>-го</sup> перцентилей (рис. 8).

Мы скорректировали данные временного ряда BC на основе данных об осадках над Ханоем, чтобы получить значения BC с поправкой на погодные условия. Результаты показывают отрицательный тренд нелинейной степенной функции, когда ЧУ уменьшается по мере увеличения количества осадков, при этом около 17% вариаций ЧУ связано с осадками (Рис. 9).

Устранение тренда уменьшило общую месячную вариацию в наборе данных ЧУ с самой низкой концентрацией в августе на уровне 2,3 мкг/м<sup>3</sup> и максимальной в январе с 2,76 мкг/м<sup>3</sup>. Наибольшее стандартное отклонение ежедневных данных по ЧУ приходится на февраль, январь и октябрь, соответственно, в пределах от 0,45 до 0,40 мкг/м<sup>3</sup>.

#### Результаты

Предыдущие исследования показали, что даже ограниченное воздействие загрязненного воздуха, такого как ЧУ, может привести к серьезным проблемам со здоровьем и даже к преждевременной смерти в группах риска. Поэтому очень важно решить и правильно количественно оценить проблемы с качеством воздуха над Ханоем, например, в результате сжигания биомассы. Однако также важно количественно определить загрязнение воздуха для большей части Азиатского региона из-за переноса на большие расстояния из различных источников выбросов для корреляции уровня экологической безопасности всего региона.

#### Вывод

Данное исследование показало, что оценка концентрации ЧУ по данным MERRA-2 может быть использована для регистрации изменений в концентрации загрязнения воздуха, особенно связанных с городскими источниками, включая транспорт из южного Китая, особенно в засушливые месяцы декабря и января. Мы обнаружили, что Ханой страдает от повышенного UVAI в марте и апреле, связанного с переносом из Северо-Западного Вьетнама и Лаоса, но в это время не наблюдается никакого увеличения MERRA-2 BC. Хотя из предыдущих исследований мы знаем, что остатки риса сжигаются в июне и октябре, что приводит к выбросу большого количества PM<sub>2,5</sub>, оба этих набора данных не выявили повышенного уровня загрязнения воздуха. Возможно, это связано с наборами данных с грубым пространственным разрешением, отсутствием наземных наблюдений, а также облачным покровом, препятствующим спутниковым измерениям. Полученные данные свидетельствуют о том, что для мониторинга выбросов необходимы улучшенные наборы данных и наблюдения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Vu Van Hieu et al. Health Risk Assessment of Mobility-Related Air Pollution in Ha Noi, Vietnam. *Journal of Environmental Protection* 2013 (2013): 1165–1172.
2. Do Hai Hung, Than Thanh Son, Bui Thi Thu Loan (2020). Study on the Effect of Manufacturing Technology Factor on the Sustainable Development of Industrial SMEs in Ha Noi. 10. 1792–7552.
3. Ly Bich Thuy (2018). Levels of selected indoor air pollutants in three Ha Noi offices. *Vietnam Journal of Science and Technology*. 56. 148–156. 10.15625/2525–2518/56/2C/13042.



4. Nguyen Anh et al. (2020). Application of hysplit model to evaluate the relationship between meteorological parameters and PM10 content in the atmospheric environment in Ha Noi city, Vietnam. *Science & Technology Development Journal — Engineering and Technology*. 3. First. 10.32508/stdjet.v3i2.715.
5. Pham Thi. (2019). Quantification of greenhouse gas emissions from different municipal solid waste treatment methods — case study in Ha Noi, Vietnam. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 61. 81–89. 10.31276/VJSTE.61(3).81–89.
6. Dang Tan. (2019). An Analysis of Merging Behavior at an Urban Expressway On-ramp in Ha Noi — Viet Nam.

© Нгуен Минь Тъи ( saothang1086@gmail.com ), Иванцова Елена Анатольевна ( ivantsova.volgu@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Волгоградский государственный университет

## СОЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР В ПРОВЕДЕНИИ МАССОВОГО ПРЕНАТАЛЬНОГО СКРИНИНГА НЕИНВАЗИВНЫМИ МЕТОДАМИ

### SOCIAL FACTOR IN CONDUCTING MASS DNA SCREENING BY NONINVASIVE METHODS

A. Tsekhomsky  
A. Voronov

*Summary.* Mass prenatal screening conducted using non-invasive methods has become increasingly popular in recent years due to the high accuracy and harmlessness of the methods of conducting. Mass screening makes it relatively easy to diagnose fetal development pathologies in a wide range and at the earliest stages. At the same time, non-invasive methods do not require intervention in the natural course of pregnancy, making all procedures quick and painless. Noninvasive screening methods are usually understood as ultrasound examination of fetal structures at different stages of its development. However, contrary to the general opinion, research in this area has moved far ahead. And now there are screening strategies that allow to determine a number of pathologies with high accuracy (up to 97%), such as trisomies in all pairs of chromosomes, deletion rearrangements, etc. Despite the proven effectiveness of such methods for detecting genetic abnormalities and their safety, painlessness, there are still cases of pregnant women refusing to perform such procedures, which is associated with a low level of public awareness. The aim of the work is to determine the level of competence of the general public about the safety of non-invasive methods of mass prenatal screening, as well as to develop recommendations for its increase.

*Keywords:* mass prenatal screening, awareness, literacy, noninvasive.

**Цехомский Александр Вячеславович**  
Кубанский государственный медицинский университет  
aastartov12@mail.ru

**Воронов Александр Владиславович**  
Кубанский государственный медицинский университет  
voloonter.rf@mail.ru

*Аннотация.* Массовый пренатальный скрининг, проводящийся с использованием неинвазивных методов становится все более популярен в последние годы из-за высокой точности и безвредности способов проведения. Массовый скрининг позволяет относительно просто диагностировать патологии развития плода в широком диапазоне и на самых ранних стадиях. При этом неинвазивные способы не требуют вмешательства в естественный ход беременности, делая все процедуры быстрыми и безболезненными. Под неинвазивными методами скрининга как правило понимают ультразвуковое исследование структур плода на разных стадиях его развития. Однако, вопреки общему мнению, исследования в этой области шагнули далеко вперед. И сейчас существуют стратегии скрининга, позволяющие с высокой точностью (до 97%) определить ряд патологий, такие как трисомии во всех парах хромосом, делеционные перестройки и т.д. Несмотря на доказанную эффективность таких методик выявления генетических аномалий и их безопасность, безболезненность, до сих пор имеют место случаи отказа беременных женщин от проведения подобных процедур, что связано с низким уровнем осведомленности населения. Целью работы ставится определение уровня компетентности широких слоев обывателей о безопасности неинвазивных методик массового пренатального скрининга, а также разработка рекомендаций по его увеличению.

*Ключевые слова:* массовый пренатальный скрининг, осведомленность, грамотность, неинвазивный.

Способы неинвазивного скрининга. Говоря о методах неинвазивного пренатального скрининга, проводящихся без нарушения целостности хориона, плаценты и других структур зародышевого мешка, можно разделить их на три большие группы: физические, биохимические и генетические. К физическим методам в первую очередь относится, прежде всего, ультразвуковое исследование плода (УЗИ). Плановое ультразвуковое исследование производится три раза за все время беременности: на 11–14 неделе, на 18–21 неделе и на 30–34 неделе. Считается [1], что проще всего обнаружить патологию развития плода во втором триместре ( $\leq 23$  недели беременности). Исходя из данных масштабных исследований, как то,

которое было проведено университетом Сассари, в Италии, чувствительность метода ультразвуковой диагностики составляет около 55%. В исследовании приняли участие 42 256 беременных женщин в период с 1981 по 2004 год. Безусловно, метод УЗИ обладает высокой специфичностью (более 99%), однако, по нашему мнению, точность выявления всего в половине случаев от общего числа не позволяет считать его применение единственно правильным в диагностике и массовом выявлении врожденных пороков развития. УЗИ имеет свои положительные и отрицательные стороны. Из положительных можно отметить дешевизну оборудования и простоту в обучении персонала (среднее время подготовки кадров занимает не более нескольких ме-

сцев). Из отрицательных сторон, опять же, недостаточная точность результатов и вариабельность их интерпретации. По этой причине перейдем к следующей группе методов неинвазивного скрининга — биохимическим. Биохимический способ диагностики снижал уважение среди акушерской практики, т.к. отличается относительной простотой в проведении. Для анализа не требуется дорогостоящее оборудование, подготовка специалистов занимает, как и в случае с УЗИ, немного времени, в то время как его результаты имеют достаточно высокую, по сравнению с ультразвуковым исследованием, точностью (до 80%) Во время беременности ткани плаценты и плода вырабатывают ряд биологически активных веществ, по уровню содержания которых можно диагностировать некоторые пороки развития. Методика проведения тестирования подразумевает двойное исследование. Первое проводится в первом триместре по двум показателям: содержание свободной  $\beta$ -субъединицы хорионического гонадотропина человека (ХГЧ) и связанного с беременностью плазменного протеина А (РАРР-А). ХГЧ — гликопротеин, состоящий имеющий в своем составе 237 аминокислоты и молекулярную массу 36 700 дальтон. Продукция ХГЧ осуществляется специальным эпителием высоко-васкулярных ворсинок эмбриона плаценты — синцитиотрофобластом, который внедряется в стенку матки для налаживания циркуляции кислорода, питательных веществ и метаболитов между организмами матери и плода. ХГЧ попадает в кровь матери одновременно с имплантацией эмбриона в эндометрий матки, примерно через 6–7 дней после оплодотворения. Состоит ХГЧ из двух субъединиц: неспецифической альфа субъединицы и специфической бета субъединицы. Бета субъединица обеспечивает ХГЧ его свойства и обуславливает выполнение им его основных функций, а именно: улучшение трофики плаценты, адаптация женского организма к стрессу(беременности), препятствие атрезии желтого тела, адаптация организма к нахождению в нем генетически инородного тела(плода) и многие другие. Пониженное содержание ХГЧ может свидетельствовать о ряде аномалий развития и нарушений в течении беременности. Например, уровень ХГЧ понижается при внематочной беременности или неразвившейся беременности. При падении уровня ХГЧ более, чем на 50% существует большой риск самопроизвольного аборта. Также возможны такие патологии как плацентарная недостаточность или задержка развития плода. Высокое содержание хорионического гонадотропина человека в крови матери может свидетельствовать о хромосомных мутациях. Теперь поговорим о втором гормоне, анализ которого производится в первом триместре — РАРР-А(Pregnancy-associated Plasma Protein-A). Связанный с беременностью плазменный протеин А — гликопротеин. Синтезируется клетками трофобласта. Состоит также из 2-х субъединиц, соединенных с помо-

щью дисульфидных мостиков. На данный момент считается, что РАРР-А — наиболее точный маркер наличия синдрома Дауна, который можно определить в первом триместре. Что касается биохимического анализа второго триместра, то здесь существует четыре отслеживаемых показателя: общий ХГЧ, свободный эстриол, ингибин А и АФП. В нашем исследовании уже шла речь о ХГЧ, поэтому теперь мы кратко охарактеризуем свободный эстриол. Эстриол — это стероидный гормон, имеющий фетоплацентарное происхождение и синтезируемый из 16-альфа-дегидроэпиандростерона-сульфата плацентой, начиная с первой недели беременности. Его концентрация неуклонно растет с увеличением срока. Основная функция эстриола — улучшение гемодинамики сосудов матки. Снижение уровня эстриола может быть предпосылкой к развитию у плода таких аномалий, как синдром Дауна или синдром Смита-Лемли-Опитца. Следующий гормон, уровень которого измеряется во втором триместре — альфа-фетопротеин. АФП также является гликопротеином, имеет молекулярную массу 70 000 дальтон и состоит из одной полипептидной цепи длиной в 590 аминокислот. АФП на 40% идентичен альбумину человека. Синтезируется он в том же синцитиотрофобласте и желточном мешке, а также в печени плода с 11–12 недели. Путем трансплацентарной диффузии АФП поступает в кровь матери. Повышение его уровня свидетельствует об открытых дефектах нервной трубки, пороках развития легких(кистах), гастошизисе, выходе органов брюшной полости в результате омфалоцеле, диафрагмальных грыжах и многих других пороках развития. Далее рассмотрим последний показатель, на который обращают внимание во время биохимического исследования второго триместра — ингибин А. Ингибин — гормон, относящийся к гетеродимерной группе. Как и предыдущие гормоны состоит из альфа- и бета-субъединиц. Однако, последняя существует в двух вариациях — А и В. Секретируется ингибин яичниками у женщин, и клетками Сертоли у лиц мужского пола. Функция ингибина — регуляция секреции фолликулостимулирующего гормона. Отклонения в нормальном уровне ингибина А — один из диагностических признаков синдрома Дауна.

Теперь, когда мы сказали об основных показателях, рассматриваемых в первом и втором триместре беременности, объясним с чем связано довольно большое количество ложноположительных результатов, получаемых в ходе исследования. Первая причина — многоплодная беременность. При наличии более, чем одного плода, биохимические показатели могут стать непредсказуемыми, и результаты анализа можно интерпретировать сколь угодно вариативно. Поэтому биохимический скрининг при многоплодной беременности часто дает ложные результаты. Вторая причина — состояние здоровья самой беременной. При некоторых заболева-

Знаете ли вы, что такое неинвазивный пренатальный скрининг?

Копировать

123 ответа

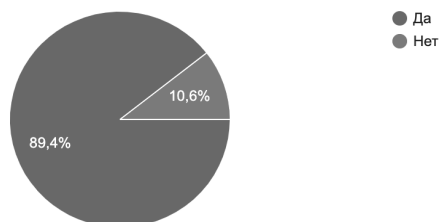


Рис. 1. Осведомленность респондентов о существовании пренатального неинвазивного скрининга.

Как вы относитесь к проведению неинвазивного пренатального скрининга?

Копировать

123 ответа

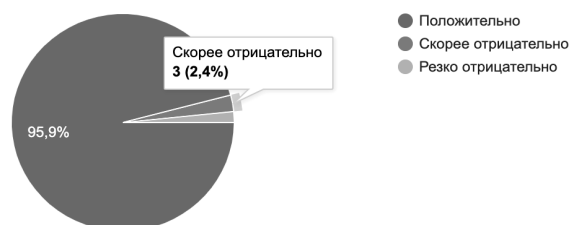


Рис. 2. Мнение опрошенных о пренатальном скрининге.

ниях биохимические показатели могут сильно варьироваться, что влечет за собой неправильное их истолкование. Третья причина, по нашему мнению, кроется в мозаичности большинства случаев генетических аномалий. Даже 10% мутантных клеток плода могут вызывать у него тяжелые отклонения в развитии, при этом результаты биохимического скрининга будут вполне удовлетворительными. Исходя из обозначенных выше причин, биохимический метод диагностики аномалий нельзя считать единственно правильным. Его следует применять с обязательным подтверждением диагноза на УЗИ. Последний способ скрининга, который будет рассмотрен в данной статье — исследование свободной ДНК плода в крови матери. Приблизительно начиная с 9 недели беременности количество фетальной фракции в крови матери становится достаточным для полномасштабного исследования генома плода. При этом исследование длится всего несколько дней и не требует значительных финансовых затрат (средняя стоимость исследования — около 100 долларов). Однако, для него требуются высококвалифицированные кадры и дорогостоящее оборудование, которое очень редко используется в отечественных лабораториях. По этой причине более половины анализов отсылается за рубеж. Несмотря на это, анализ свободной ДНК плода остается самым высокоспецифичным и чувстви-

тельным методом пренатального неинвазивного скрининга (точность до 99%).

Исследование уровня осведомленности широких слоев населения о безопасности и эффективности массового ДНК скрининга неинвазивными методами. В опросе приняли участие более 120 человек разных возрастных групп. Как показали результаты, большинство людей так или иначе слышали о существовании неинвазивного пренатального скрининга:

Однако, не все из них положительно относятся к проведению такого рода процедур. Вероятно, это является следствием существования большого количества мифов и вреда таких способов скрининга, как УЗИ. Распространен слух о том, что ультразвуковое исследование наносит вред плоду.

Около 1,6% опрошенных отметили, что относятся к таким процедурам резко отрицательно (желтый цвет на диаграмме). Из респондентов 11,4% заявили, что не хотели бы больше знать о пренатальном скрининге.

Рекомендации по увеличению уровня осведомленности. Результаты социологического опроса показали удовлетворительный уровень осведомленности насе-

Было бы ли вам полезно узнать что-то новое о методах неинвазивного пренатального скрининга?

Копировать

123 ответа

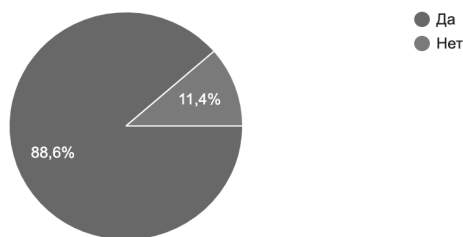


Рис. 3. Мнение опрошенных об информации о пренатальном скрининге. Еще 8,1% респондентов не доверяют результатам неинвазивного скрининга.

Было бы ли вам полезно узнать что-то новое о методах неинвазивного пренатального скрининга?

Копировать

123 ответа

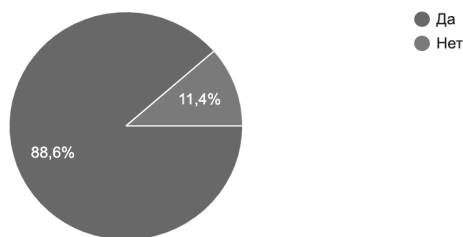


Рис. 4. Мнение опрошенных о доверии результатам пренатального скрининга.

ления. Однако, наше внимание не могли не привлечь резко отрицательные ответы, которые дали участники опроса. Такое отношение свидетельствует о закоренелости и распространенности мифов на счет вреда и неэффективности неинвазивного пренатального скрининга. Мы предлагаем следующие пути повышения компетентности лиц, которым предстоит беременности или которые уже находятся в положении. Первый путь — пропаганда в специализированных учреждениях.т.е. женских консультациях и родильных домах, перинатальных центрах. Второй путь — проведение

большого количества исследований, доказывающих эффективность и безопасность пренатального неинвазивного скрининга. Большое количество исследований позволит сформировать доказательную базу. Третий путь — разработка законодательной базы в сфере обязательного назначения скрининга в массовых масштабах. Этот путь позволит практически полностью исключить случаи отказа от проведения подобных процедур, и сочетании с предыдущими предложенными может быть достаточно эффективен для развеивания мифов среди целевой аудитории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Giovanni Maria Fadda, Giampiero Capobianco, Antonio Balata, Pietro Litta, Guido Ambrosini, Donato D'Antona, Erich Cosmi, Salvatore Dessole, Routine second trimester ultrasound screening for prenatal detection of fetal malformations in Sassari University Hospital, Italy: 23 years of experience in 42,256 pregnancies, *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, Volume 144, Issue 2, 2009, Pages 110–114, ISSN0301 2115, <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2009.02.045>.
2. Shemoon Marleen, Chamalika Dias, Rebecca MacGregor, John Allotey, Joseph Aquilina, Asma Khalil, Shakila Thangaratnam, Biochemical predictors of preterm birth in twin pregnancies: A systematic review involving 6077 twin pregnancies, *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, Volume 250, 2020, Pages 130–142, ISSN0301–2115, <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2020.04.015>.

3. Alan E. Donnenfeld, Katherine V. Icke, Carol Pargas, Christine Dowman, Biochemical screening for aneuploidy in ovum donor pregnancies, *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, Volume 187, Issue 5, 2002, Pages 1222–1225, ISSN0002–9378, <https://doi.org/10.1067/mob.2002.126986>.
4. Биохимические методы пренатальной скрининг-диагностики / А.А. Виолентий, В.А. Коренюк, Е.А. Сосновский [и др.]. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 16 (202). — С. 17–19. — URL: <https://moluch.ru/archive/202/49615/> (дата обращения: 16.09.2022)
5. Routine second trimester ultrasound screening for prenatal detection of fetal malformations in Sassari University Hospital, Italy: 23 years of experience in 42,256 pregnancies, Fadda, Giovanni Maria et al., *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, Volume 144, Issue 2, 110–114
6. McNay M. Clinical considerations in screening for foetal abnormalities. *British Medical Socetsv Ultrasound Bulletin*. 1991; No 63:23.
7. Crawford DC, Chita SK, Allan LD. Prenatal diagnosis of congenital heart disease: factors affecting obstetric management and survival. *AmJ7 Obstet Gynecol* 1988;159:352–6.
8. Thomson P. Where risks exist expectant mothers want tests. *The Times* 1991 Dec 2:15.
9. Saari-Kemppainen A, Karjalainen O, Ylöstalo P, Heinonen OP. Ultrasound screening and perinatal mortality: controlled trial of systematic one-stage screening in pregnancy. *The Helsinki Ultrasound Trial. Lancet* 1990 Aug;336(8712):387–91. PMID:1974940 DOI:10.1016/0140–6736(90)91941–3 [Pubmed]
10. Aryal S. Pattern of congenital anomalies at birth: a hospital based study in Nepal. 14th World Congress in Fetal Medicine.
11. Weisz B, Pajkrt E, Jauniaux E. Early detection of fetal structural abnormalities. *Reprod Biomed Online* 2005;10(4):541–553. DOI:10.1016/s1472–6483(10)60832–2
12. Magriples U, Copel JA. Accurate detection of anomalies by routine ultrasonography in an indigent clinic population. *Am J Obstet Gynecol* 1998;179(4):978–81. DOI:10.1016/s0002–9378(98)70201–7

© Цехомский Александр Вячеславович (aastartov12@mail.ru), Воронов Александр Владиславович (voloonter.rf@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Кубанский Государственный Медицинский Университет

# ОБЗОР ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА

## REVIEW OF THE OXIDATIVE CAPABILITIES OF THE MITOCHONDRIAL ENERGY APPARATUS

**A. Tsekhomsky  
D. Malai  
E. Peilivanyan**

*Summary.* Mitochondria have broad “powers” to oxidize various substrates. Oxidation occurs on specific organelles of mitochondria — crystals, which form the oxidizing apparatus. The crystals contain special structures on which a huge number of enzymes are located. The enzymatic aggregate has a special effect on the substrate complexes, splitting and hydrolyzing them. But hydrolysis is not the only mechanism of substrate transformation. The article will consider in detail the mechanisms of modification of such substrate units as proteins and low molecular weight compounds (glucose and vitamins). In addition, the features of the use of energy by mitochondria to perform oxidative processes and store energy in the form of a universal carrier — adenosine triphosphate (ATP) and the use of their thermoregulatory functions — the release of heat into the external environment will be considered. The result of the work will be a detailed overview of the functions of the mitochondrial energy apparatus in eukaryotic cells.

*Keywords:* mitochondria, energy apparatus, ATP, crystals, mechanism, hydrolysis.

**Цехомский Александр Вячеславович**  
Кубанский государственный медицинский  
университет  
aastartov12@mail.ru

**Малай Дмитрий Александрович**  
Кубанский государственный медицинский  
университет  
kalambyr822@yandex.ru

**Пейливаньян Элеонора Георгиевна**  
Кубанский государственный медицинский  
университет  
peilivanian@mail.ru

*Аннотация.* Митохондрии имеют широкие “полномочия” по окислению различных субстратов. Окисление происходит на специфических оргanelлах митохондрий — кристах, которые образуют окислительный аппарат. Кристы содержат особые структуры, на которых находится огромное количество ферментов. Ферментативная совокупность оказывает особое влияние на субстратные комплексы, расщепляя и гидролизует их. Но гидролиз — не единственный механизм преобразования субстрата. В статье будут подробно рассмотрены механизмы видоизменения таких субстратных единиц, как белки и низкомолекулярные соединения (глюкоза и витамины). Помимо этого, будут рассмотрены особенности использования энергии митохондриями для совершения окислительных процессов и запасания энергии в форме универсального переносчика — аденозинтрифосфата (АТФ) и использования своих терморегуляторных функций — выделения тепла во внешнюю среду. Результатом работы станет подробный обзор функций энергетического аппарата митохондрий в клетках эукариот.

*Ключевые слова:* митохондрии, энергетический аппарат, АТФ, кристы, механизм, гидролиз.

### 1. Виды субстратов, используемые митохондриями

**К**ак нам было известно ранее, митохондрии это особый компонент эукариотической клетки, который ответственен за процесс окислительного фосфорилирования (OXPHOS), обеспечивающий клетку энергией в виде аденозинтрифосфата (АТФ). В качестве рассматриваемой ткани мы возьмем миокард, состоящий из кардиомиоцитов. Следует отметить, что окислительно-восстановительные биохимические реакции в митохондриях кардиомиоцитов проходят очень интенсивно. Именно поэтому для эффективного образования АТФ актуальны следующие условия:

1. Непрерывное поступление кислорода в клетку;

2. Бесперебойное поступление в клетки энергетических субстратов;
3. Активная работа митохондрий.

Для понимания роли энергетических субстратов в образовании АТФ следует подчеркнуть, что в физиологических условиях происходит некая конкуренция между ними. В первую очередь окислению будет подвержен тот субстрат, концентрация которого будет превышать концентрацию остальных субстратов.

Итак, в митохондриях выделяют несколько главных энергетических субстратов:

- А). Длинноцепочечные-жирные кислоты (ДЦ-ЖК).**  
Их вклад в образовании АТФ оценен в 60–70%.

Пример: арахидоновая кислота (АРА), докозагексаеновая кислота (ДНА).

**Б). Глюкоза.** Ее вклад в образовании АТФ оценен в 15–20%.

**В). Лактат (анион молочной кислоты).** Вклад в образовании АТФ оценен в 10–18%.

Хочется обратить ваше внимание на то, что при физиологических условиях основным энергетическим субстратом для сердца являются ДЦ-ЖК, следовательно, этот компонент является наиболее важным для сердечной ткани. Потребление кардиомиоцитами необходимого количества ДЦ-ЖК и достаточного количества глюкозы и лактата обеспечивает эффективную работу митохондрий этих клеток.

## 2. Механизмы преобразования субстратных единиц

Прежде чем каждый из энергетических субстратов окажет свое влияние на синтез молекул АТФ, они проходят ряд последовательных превращений с момента переноса их через сарколемму до образования устойчивого комплекса внутри митохондрий.

### А). Механизмы преобразования длинноцепочечных жирных кислот (ДЦ-ЖК)

ДЦ-ЖК поступают в кардиомиоцит благодаря пассивному транспорту через сарколемму за счет градиента концентрации. CD36 -кластер дифференцировки — транспортный белок, который как раз таки осуществляет перенос жиров. Альтернативой CD36 может являться белок FATP и FABPpm — мембранный белок, который связывает ДЦ-ЖК.

Последующий алгоритм переноса и преобразования ДЦ-ЖК из саркоплазмы в митохондрии будет делиться на ряд последовательных этапов:

I. Образование комплекса ДЦ-ацил-коэнзим А (ДЦ-ацил-КоА) под воздействием ферментных частиц. Иными словами, нерастворимые ДЦ-ЖК «активируются», за счет соединения с Ацил-КоА.

II. «Карнитиновый челнок» — это процесс связывания ДЦ-ацил-коэнзим А (ДЦ-ацил-КоА) с ферментом карнитин-пальмитоил-трансфераза 1 (КПТ-1), в результате чего образуется комплекс ДЦ-ацил-карнитин. Далее этот компонент транспортируется через внутреннюю мембрану митохондрии при помощи переносчика АККТ — ацил-карнитин-карнитин-транслоказой.

III. Во внутренней мембране митохондрии происходит обмен картинина, а ДЦ-ацильный остаток взаимодействует с Ацил-КоА митохондрий, с образованием комплекса ДЦ-ацил-КоА, который в последствии под-

вергается β-окислению. Каждая молекула ЖК будет отщеплять одну молекулу Ацетил-КоА.

IV. После последовательных превращений Ацетил-КоА вступает в цикл Кребса, где он будет отдавать свои самые энергоёмкие электроны на молекулы НАД<sup>+</sup> (никотинамидадениндинуклеотид) и на молекулы ФАД (флавинадениндинуклеотид), которые непосредственно будут передавать эти электроны на дыхательную цепь митохондрий.

Хотим обратить ваше внимание на физиологический механизм, регулирующий скорость окисления ДЦ-ЖК в митохондриях. Он связан со снижением активности КПТ-1 под влиянием малонил-КоА, который образуется из Ацетил-КоА в саркоплазме кардиомиоцитов в ходе реакции, катализируемой Ацетил-КоА карбоксилазой (АКК).

### Б). Механизмы преобразований глюкозы

Теперь давайте рассмотрим механизмы преобразований и переноса глюкозы. Глюкоза-водорастворима, а значит будет транспортироваться через сарколемму кардиомиоцитов пассивно. Перенос глюкозы осуществляют глюкозные транспортеры (GLUT) — это особые молекулы-переносчики, активность и экспрессию которых контролирует инсулин-гормон поджелудочной железы. Далее происходит окислительное декарбоксилирование за счет Пируватдегидрогеназного комплекса (ПВГ), образуется Ацетил-КоА из 1 молекулы глюкозы, после чего он активно участвует в цикле трикарбоновых кислот (ТСА).

Следует отметить, что именно Ацетил-КоА играет решающую роль как в регуляции окисления пирувата, так и окисления ДЦ-ЖК. Каким образом? Ацетил-КоА тормозит активность ключевого фермента — ПДГ либо, превратившись в малонин-КоА, снижает активность ключевого фермента метаболизма ДЦ-ЖК — КПТ-1.

### В). Механизмы преобразований лактата (аниона молочной кислоты)

При нормальных физиологических условиях лактат транспортируется в саркоплазму кардиомиоцитов из крови. И за счет всего одной реакции превращается в пируват, с последующим образованием Ацетил-КоА и его своевременным участием в цикле Кребса.

## 3. Откуда митохондрии берут энергию для гидролиза?

Образование АТФ влечёт за собой окисление Ацетил-КоА, который образуется из вышеописанных энер-



гетических субстратов, в цикле трикарбоновых кислот (ТСА) с образованием восстановительных элементов НАДН и ФАДН<sub>2</sub>. Они проходят через дыхательную сеть с образованием движущей силы протонов.

I. Первым делом происходит конденсация Ацетил-КоА с щавелевоуксусной кислотой (ЩУК). Метильная группа Ацетил-КоА соединяется с карбонильной группой ЩУК, что приводит к образованию Лимонной кислоты.

II. Далее происходит образование изо-цитрата через цис-акониат путем реакции обратимой изомеризации с образованием промежуточной трикарбоновой кислоты.

III. Дегидрирование и декарбоксилирование изоцитрата до промежуточного соединения оксалосукцината и выделением углекислого газа (СО<sub>2</sub>).

IV. После декарбоксилирования оксалосукцината образуется енольное соединение. Это соединение начинает свою перестройку и превращается в пятиуглеродную кислоту — α-кетоглутарат (оксоглутарата).

V. Далее α-кетоглутарат проходит реакцию декарбоксилирования и реагирует с ацетил-КоА. При этом получается сукцинил-КоА, соединение янтарной кис-

лоты и коэнзима-А, в качестве побочного продукта выделяется СО<sub>2</sub>.

VI. Сукцинил-КоА преобразуется в сукцинат (янтарную кислоту). Именно для этого этапа характерно субстратное фосфорилирование, которое подобно синтезу АТФ при гликолизе. Введение в ТСА фосфорной группы РО<sub>3</sub> становится возможным благодаря присутствию фермента ГДФ (гуанозиндифосфата) или АДФ (аденозиндифосфата), которые в процессе синтеза сукцината из дифосфатов становятся трифосфатами (АТФ).

Таким образом, происходит образование молекул АТФ в митохондриях кардиомиоцитов. Следует отметить, что цикл трикарбоновых кислот для всех клеток нашего организма одинаков и не носит специфического характера в отдельных тканях.

Подводя итог к проведенному обзору, можно сделать однозначный вывод: митохондрии являются важным энергетическим комплексом эукариотических клеток. Количество митохондрий и интенсивность выработки молекул АТФ прямо пропорционально зависит от специфической функции той или иной ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Энтони Л. Мешер «Гистология по Жункейре», учебное пособие, атлас. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА «ГЭОТАР-Медиа» 2022 г.,
2. Mitochondrial electron transport chain: Oxidative phosphorylation, oxidant production, and methods of measurement; Deirdre Nolfi-Donagan, Andrea Braganza, Sruti Shiva, Redox Biology, Volume 37, 2020, 101674, ISSN2213–2317, <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101674>.
3. Galactose enhances oxidative metabolism and reveals mitochondrial dysfunction in human primary muscle cells. Aguer, C., Gambarotta, D., Mailloux, R. J., Moffat, C., Dent, R., Mcpherson, R., et al. (2011). PLoS One 6: e28536. doi: 10.1371/journal.pone.0028536
4. The histone demethylase KDM4B interacts with MyoD to regulate myogenic differentiation in C2C12 myoblast cells. Choi, J. H., Song, Y. J., and Lee, H. (2015). Biochem. Biophys. Res. Commun. 456, 872–878. doi: 10.1016/j.bbrc.2014. 12.061
5. Acetylated histone H3K56 interacts with Oct4 to promote mouse embryonic stem cell pluripotency. Tan, Y., Xue, Y., Song, C., and Grunstein, M. (2013). Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 110, 11493–11498. doi: 10.1073/pnas.130991 4110
6. Creatine supplementation prevents the inhibition of myogenic differentiation in oxidatively injured C2C12 murine myoblasts. Sestili, P., Barbieri, E., Martinelli, C., Battistelli, M., Guescini, M., Vallorani, L., et al. (2009). Mol. Nutr. Food Res. 53, 1187–1204. doi: 10.1002/mnfr.200800504
7. Mitochondrial Function in Muscle Stem Cell Fates. Bhattacharya D and Scimè A (2020) Front. Cell Dev. Biol. 8:480. doi: 10.3389/fcell.2020.00480
8. Опыт применения триметазида МВ у больных с хронической сердечной недостаточностью. Морозова Т.Е., Иванова Е.П. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010. Т. 9. № 3. С. 45–51
9. Новые возможности триметазида МВ в лечении ишемической болезни сердца в условиях реальной клинической практики. Результаты Российского многоцентрового, рандомизированного исследования ПЕРСПЕКТИВА (часть II). Бубнова М.Г., Аронов Д.М., Оганов Р.Г., Рудоманов О.Г. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. Т. 10. № 6. С. 70–80
10. Клиническая характеристика и общие подходы к лечению пациентов со стабильной стенокардией в реальной практике. Российское исследование ПЕРСПЕКТИВА (часть I). Бубнова М.Г., Аронов Д.М., Оганов Р.Г., Рудоманов О.Г., Путылина А.С. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010. Т. 9. № 6. С. 47–56
11. Цитопротективное влияние триметазида на острый коронарный синдром (отдаленные результаты): диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: код специальности 14.01.05 Кардиология: защищена 15.09.2015 / Васильев Сергей Владимирович; науч. рук. Майчук Елена Юрьевна; ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова». — Москва, 2015. — 155 с.: ил., табл.; 31. — Фондодержатель ЦНМБ.
12. Nichenko, A.S., Southern, W.M., Tehrani, K.F., Qualls, A.E., Flemington, A.B., Mercer, G.H., et al. (2020). Mitochondrial-specific Autophagy Linked to Mitochondrial Dysfunction Following Traumatic Freeze Injury in Mice. A m.J. Physiology-Cell Physiol. 318 (2), C242–C252. doi:10.1152/ajpcell.00123.2019
13. Korobova, F., Ramabhadran, V., and Higgs, H. N. (2013). An Actin- dependent Step in Mitochondrial Fission Mediated by the ER-Associated Formin INF2. Science 339 (6118), 464–467. doi:10.1126/science.1228360

14. Hood, D.A., Memme, J.M., Oliveira, A.N., and Triolo, M. (2019). Maintenance of Skeletal Muscle Mitochondria in Health, Exercise, and Aging. *Annu. Rev. Physiol.* 81, 19–41. doi:10.1146/annurev-physiol
15. Spaniol M., Kaufmann P., Beier K., et al. Mechanisms of liver steatosis in rat with systemic carnitine deficiency due to treatment with trimethylhydrazine Umpropionate. *J Lipid Research* 2003; 44: 144–53.
16. Cho, B., Cho, H. M., Jo, Y., Kim, H. D., Song, M., Moon, C., et al. (2017). Constriction of the Mitochondrial Inner Compartment Is a Priming Event for Mitochondrial Division. *Nat. Commun.* 8, 15754. doi:10.1038/ncomms15754
17. De La Fuente, S., Fernandez-Sanz, C., Vail, C., Agra, E. J., Holmstrom, K., Sun, J., et al. (2016). Strategic Positioning and Biased Activity of the Mitochondrial Calcium Uniporter in Cardiac Muscle. *J. Biol. Chem.* 291 (44), 23343–23362. doi:10.1074/jbc.m116.755496
18. Hidalgo, M., Marchant, D., Quidu, P., Youcef-Ali, K., Richalet, J.P., Beaudry, M., et al. (2014). Oxygen Modulates the Glutathione Peroxidase Activity during the L6 Myoblast Early Differentiation Process. *Cell Physiol Biochem* 33 (1), 67–77. doi:10.1159/000356650
19. Mailloux, R.J. (2018). Mitochondrial Antioxidants and the Maintenance of Cellular Hydrogen Peroxide Levels. *Oxid Med. Cel Longev* 2018, 7857251. doi:10.1155/2018/7857251
20. Henriquez-Olguin, C., Meneses-Valdes, R., and Jensen, T.E. (2020). Compartmentalized Muscle Redox Signals Controlling Exercise Metabolism — Current State, Future Challenges. *Redox Biol.* 35, 101473. doi:10.1016/j.redox. 2020.101473
21. Fonseca, T.B., Sánchez-Guerrero, Á., Milosevic, I., and Raimundo, N. (2019). Mitochondrial Fission Requires DRP1 but Not Dynamins. *Nature* 570 (7761), E34–E42. doi:10.1038/s41586–019–1296-y
22. Eisner, V., Lenaers, G., and Hajnóczky, G. (2014). Mitochondrial Fusion Is Frequent in Skeletal Muscle and Supports Excitation-Contraction Coupling. *J. Cel Biol* 205 (2), 179–195. doi:10.1083/jcb.201312066
23. Calvani, R., Joseph, A.-M., Adihetty, P.J., Miccheli, A., Bossola, M., Leeuwenburgh, C., et al. (2013). Mitochondrial Pathways in Sarcopenia of
24. Aging and Disuse Muscle Atrophy. *Biol. Chem.* 394 (3), 393–414. doi:10.1515/ hsz-2012–0247
25. Nagdas, S., and Kashatus, D.F. (2017). The Interplay between Oncogenic Signaling Networks and Mitochondrial Dynamics. *Antioxidants (Basel)* 6 doi:10.3390/antiox6020033
26. Cogliati, S., Enriquez, J.A., and Scorrano, L. (2016). Mitochondrial Cristae: Where Beauty Meets Functionality. *Trends Biochem. Sci.* 41 (3), 261–273. doi:10.1016/j.tibs.2016.01.001
27. Bernardi, P. (2019). Mitochondrial H<sup>+</sup> Permeability through the ADP/ATP Carrier. *Nat. Metab.* 1 (8), 752–753. doi:10.1038/s42255–019–0079-y
28. Bhatti, J.S., Bhatti, G.K., and Reddy, P.H. (2017). Mitochondrial Dysfunction and Oxidative Stress in Metabolic Disorders — A Step towards Mitochondria Based Therapeutic Strategies. *Biochim. Biophys. Acta (Bba) — Mol. Basis Dis.* 1863 (5), 1066–1077. doi:10.1016/j.bbadis.2016.11.010
29. Nicholls, D. G. (2009). Spare Respiratory Capacity, Oxidative Stress and Excitotoxicity. *Biochem. Soc. Trans.* 37 (Pt 6), 1385–1388. doi:10.1042/BST0371385
30. Jezek, J., Cooper, K.F., and Strich, R. (2018). Reactive Oxygen Species and Mitochondrial Dynamics: The Yin and Yang of Mitochondrial Dysfunction and Cancer Progression. *Antioxidants (Basel)* 7 (1).
31. Pallafacchina, G., François, S., Regnault, B., Czarny, B., Dive, V., Cumano, A., et al. (2010). An Adult Tissue-specific Stem Cell in its Niche: a Gene Profiling Analysis of In Vivo Quiescent and Activated Muscle Satellite Cells. *Stem Cel Res.* 4 (2), 77–91. doi:10.1016/j.scr.2009.10.003
32. Zorov, D.B., Juhaszova, M., and Sollott, S.J. (2014). Mitochondrial Reactive Oxygen Species (ROS) and ROS-Induced ROS Release. *Physiol. Rev.* 94 (3), 909–950. doi:10.1152/physrev.00026.2013
33. Leigh A. Nelson, Christine L. Lambkin, Philip Batterham, James F. Wallman, Mark Downton, Michael F. Whiting, David K. Yeates, Stephen L.
34. Cameron, Beyond barcoding: A mitochondrial genomics approach to molecular phylogenetics and diagnostics of blowflies (Diptera: Calliphoridae), *Gene*, Volume 511, Issue 2, 2012, Pages 131–142, ISSN0378–1119, <https://doi.org/10.1016/j.gene.2012.09.103>.
35. Kantor P.F., Lucien A., Kozak R., Lopaschuk G.D. The antianginal drug trimetazidin shifts cardiac energy metabolism from fatty acid oxidation to glucose oxidation by inhibiting mitochondrial longchain 3ketoacyl coenzyme A thiolase. *Circ Res* 2000; 86: 580–8.
36. Tan, D.Q., and Suda, T. (2018). Reactive Oxygen Species and Mitochondrial Homeostasis as Regulators of Stem Cell Fate and Function. *Antioxid. Redox Signaling* 29 (2), 149–168. doi:10.1089/ars.2017.7273
37. Shutt, T., Geoffrion, M., Milne, R., and McBride, H. M. (2012). The Intracellular Redox State Is a Core Determinant of Mitochondrial Fusion. *EMBO Rep.* 13909–915. doi:10.1038/embor.2012.128
38. Ryall, J.G., Dell’Orso, S., Derfoul, A., Juan, A., Zare, H., Feng, X., et al. (2015). The NAD<sup>+</sup>-Dependent SIRT1 Deacetylase Translates a Metabolic Switch into Regulatory Epigenetics in Skeletal Muscle Stem Cells. *Cell Stem Cell* 16 (2), 171–183. doi:10.1016/j.stem.2014.12.004
39. Parang P, MD, Singh B., Arora R. Metabolic Modulators for Chronic Cardiac Ischemia. *J Cardiovasc Pharmacol Therapeut* 2005; 10(4): 217–23.

© Цехомский Александр Вячеславович ( aastartov12@mail.ru ),

Малай Дмитрий Александрович ( kalambyr822@uandex.ru ), Пейливаньян Элеонора Георгиевна ( peilivanian@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

## CREATING A MATHEMATICAL MODEL OF A UNIVERSAL ELECTROMAGNETIC DC RELAY IN THE SOFTWARE MATLAB

*I. Bagryantsev  
D. Belenov*

*Summary.* The article presents a model of a universal DC electromagnetic relay developed in the Matlab software product, which allows you to choose both the principle of operation of an electromagnet (on reaching a predetermined voltage, current or time value) and the response time of the contact group (without delay, with a turn-on delay, with switch-off delay or switch-on and switch-off delay). The DC electromagnetic relay block outputs logic levels for the operation of power switches — normally open contacts and normally closed ones. The number of contacts connected to the relay is not limited, and the convenient and intuitive mask of the developed block allows you to easily use this relay in the development and testing of relay-contactor circuits.

*Keywords:* Matlab, modeling, block design, mathematical model, electrical engineering, electromagnetic relay, direct current, relay-contactor circuits.

**Багрянцев Илья Андреевич**

Аспирант

goldcranium@gmail.com

Липецкий государственный технический  
университет

**Беленов Даниил Андреевич**

Аспирант

Липецкий государственный технический  
университет

belenov2216@gmail.com

*Аннотация.* В статье приведена модель универсального электромагнитного реле постоянного тока, разработанная в программной среде Matlab, позволяющая выбрать как принцип действия электромагнита (по достижению заданного значения напряжения, тока или времени), так и время срабатывания контактной группы (без задержки, с задержкой на включение, с задержкой на отключение или с задержкой на включение и отключение). Блок электромагнитного реле постоянного тока на выход выдает логические уровни для работы силовых ключей — нормально разомкнутых контактов и нормально замкнутых. Количество подключаемых к реле контактов не ограничено, а удобная и интуитивная маска разработанного блока позволяет без труда применять данное реле в разработках и опробованиях релейно-контакторных схем.

*Ключевые слова:* Matlab, моделирование, дизайн блока, математическая модель, электротехника, электромагнитное реле, постоянный ток, релейно-контакторные схемы.

**П**ри работе с релейно-контакторными схемами, имеющими довольно высокую степень сложности по количеству коммутационных элементов, их расположению и подключению, а также в некоторых случаях невозможность проведения экспериментов по коммутации цепей в натуре, может возникнуть серьезная необходимость создания симуляционной схемы для её дальнейшей доработки и опробования без огромной очереди механических действий в плане монтажа оборудования, а также совершенно без каких то либо затрат на закупку оборудования и расходных материалов.

Как раз для таких симуляций релейно-контакторных схем, сохранившихся в достаточно большом количестве и богатом разнообразии на предприятиях и в ряде важных для нас хозяйств, например, лифтовом и коммунальном, был разработан универсальный блок реле постоянного тока.

Разработка данного блока была произведена в программной среде Matlab и затронула как элементарные математические блоки, блоки обработки и конвертации сигналов (триггеры, счетчики, булева система, десятичная система счисления, блоки логики), так и силовые блоки библиотеки Matlab SimPowerSystems.

Модель, позволяющая понять принцип действия созданного блока, продемонстрирована на рисунке 1.

Блок имеет 2 силовых входа, которые представляют собой питание катушки электромагнита универсального реле постоянного тока, и 6 выходов: U питания, то есть напряжение на катушке (V-вольтметр); I питания — ток в катушке (A-амперметр); U задания реле — логическое задание, относительно которого рассчитывается выдержка на вкл. и откл.; U аварии (Fault) — логический сигнал сигнализирующий об ава-

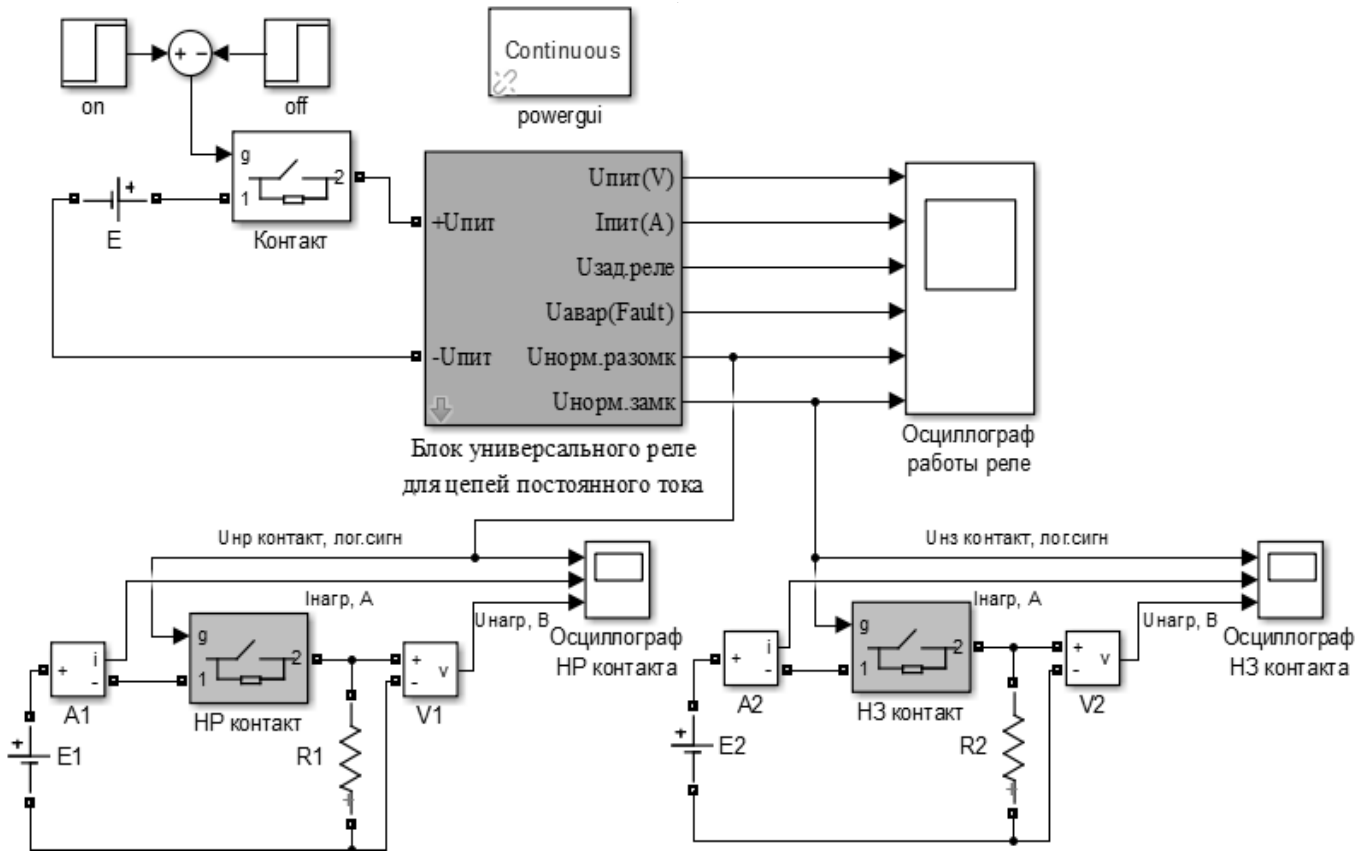


Рис. 1. Схема демонстрации работы разработанного блока универсального реле постоянного тока

рийном режиме работы;  $U_{нр}$  контакта — напряжение задания для НР контакта (0 — разомкнуться; 1 — замкнуться);  $U_{нз}$  контакта — напряжение задания для НЗ контакта (0 — замкнуться; 1 — разомкнуться).

Количество подключаемых контактов для одного блока универсального реле ничем не ограничивается, поэтому было решено вывести их за тело блока.

При открытии маски блока реле пользователю доступно описание разработанного блока при нажатии на кнопку Help (смотри рисунок 2).

Под маской блока для просмотра и возможных изменений доступна структура блока универсального реле (смотри рисунки 3–7). Все элементы блока подписаны для лучшего ориентирования пользователя на всех структурных уровнях схемы реле. Входные константы прописаны таким образом, чтобы без проблем осуществлялась полная автоматизация при введении необходимых параметров в схему через её маску.

Значимая часть работы была посвящена созданию маски блока универсального реле (смотри рисунок 8).

Режим Mask Editor оснащен довольно обширным количеством инструментов и способов сделать интуитивно понятную и удобную маску для практически любого создаваемого блока.

В нашем случае использовался ручной ввод параметров «Edit» и выбор режимов через инструмент «Radio button», что позволяет на выходе получать число, соответствующее номеру выбранного режима. Параметры группировались посредством их размещения в «Group box».

Проведем проверку работы блока универсального реле в разных режимах.

Начнем с первого режима — реле напряжения (РН), когда реле срабатывает по достижению значения  $U_{срабатывания}$  в вольтах и дает соответствующее задание на свои контакты (смотри рисунки 9–11).

Далее проверим работу блока в режиме реле тока (РТ), когда реле срабатывает по достижению значения  $I_{срабатывания}$  в амперах (смотри рисунки 12 — 14). В данном режиме, как и в режиме РН работает функция защиты по превышению  $U_{мах}$ .

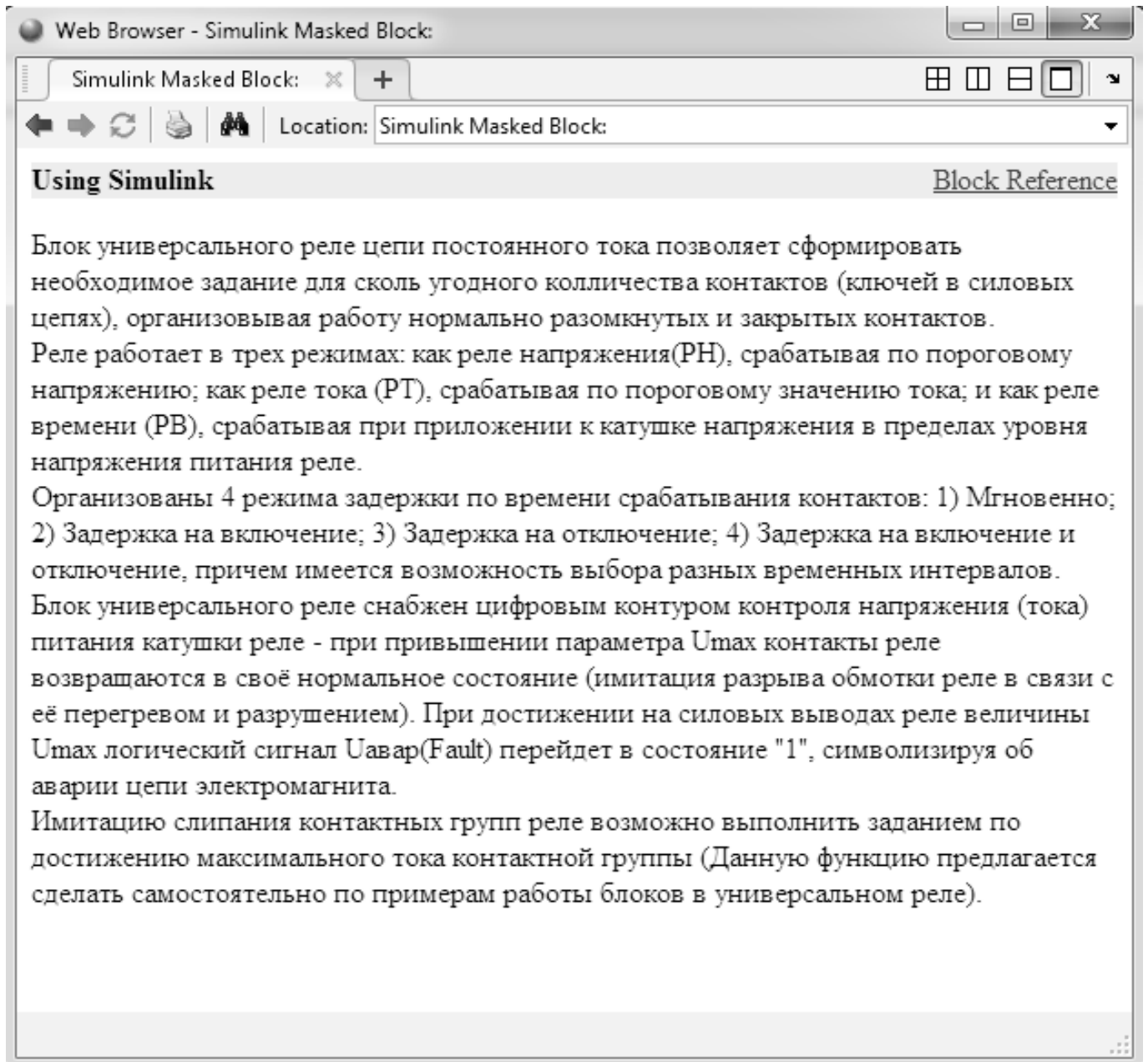


Рис. 2. Описание принципа работы разработанного блока универсального реле, доступное в «маске» блока при нажатии кнопки Help

В третьем режиме блока, реле времени (РВ), команда на срабатывание реле подается при подаче на реле величины выше  $U_{min} = U_{сраб}$  и выдержке необходимого времени на включение, отключение или включение и отключение. Выдержка может занимать от долей секунды до сколь угодно времени на отключение. Если время приложенного напряжения меньше выдержки на включение, реле не сработает (смотри рисунки 15–17).

Для примера демонстрации работы аварийной сигнализации настроим блок на работу в режиме РН при

$U_{min} = 190 \text{ В}$ ;  $U_{max} = 230 \text{ В}$ ;  $R_{кат} = 170 \text{ Ом}$ ;  $U_{срабатывания} = 220 \text{ В}$ ;  $T$  задержки на включение = 0,1 с.

Пусть напряжение после подачи на катушки реле начнет подниматься выше уровня  $U_{max}$ , тогда по превышению данного значения сигнализация аварийного режима работы реле выставит логическую единицу (Fault) и контакты займут свое первоначальное положение: нормально замкнутое и нормально разомкнутое (смотри рисунок 18), что будет свидетельствовать об обрыве катушки.

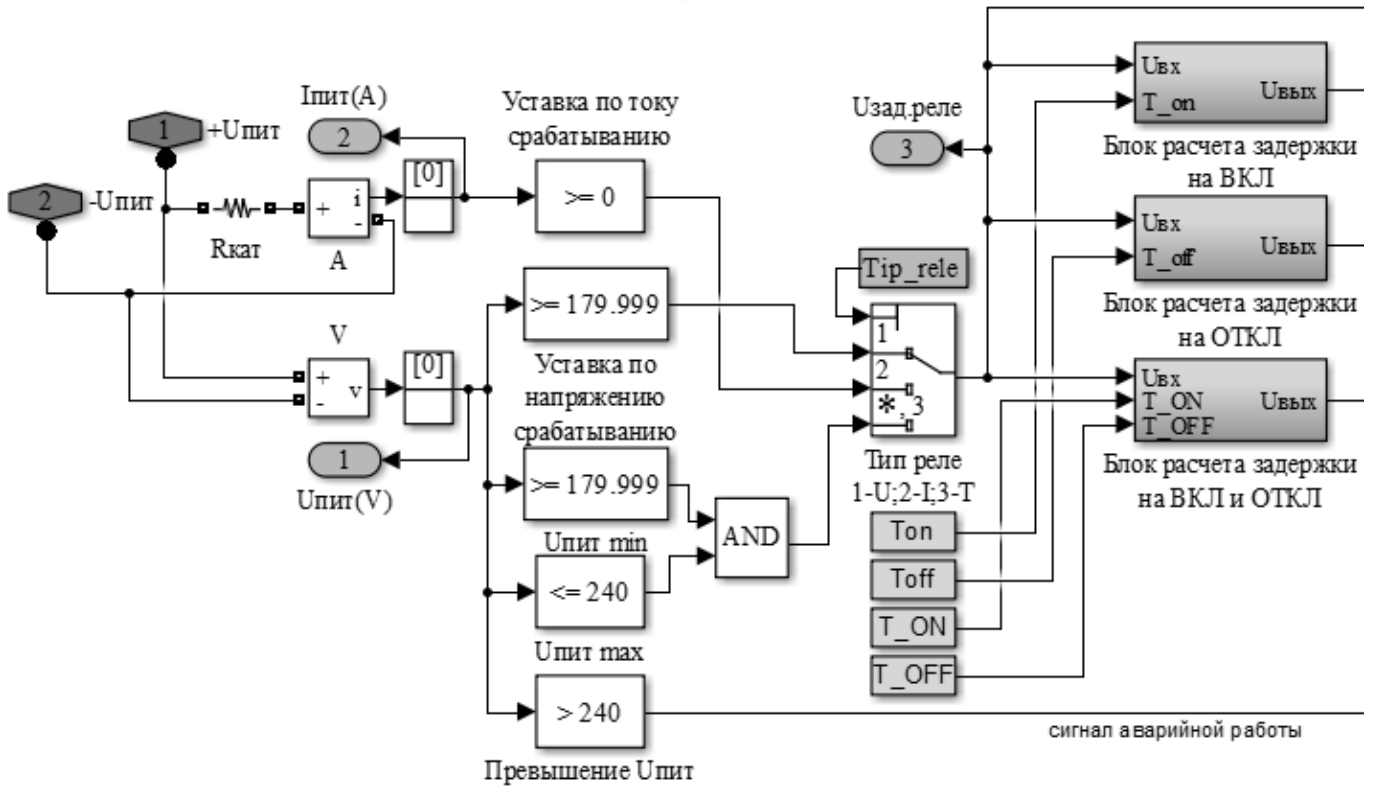


Рис. 3. Схема организации блока универсального реле постоянного тока (начало)

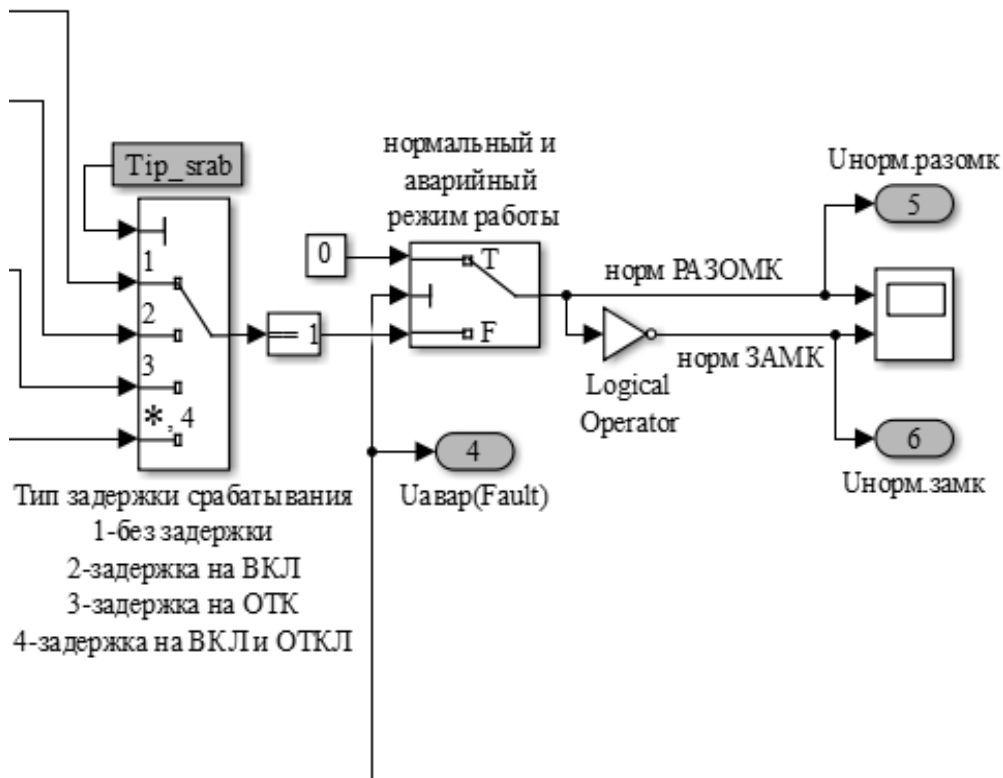


Рис. 4. Схема организации блока универсального реле постоянного тока (конец)

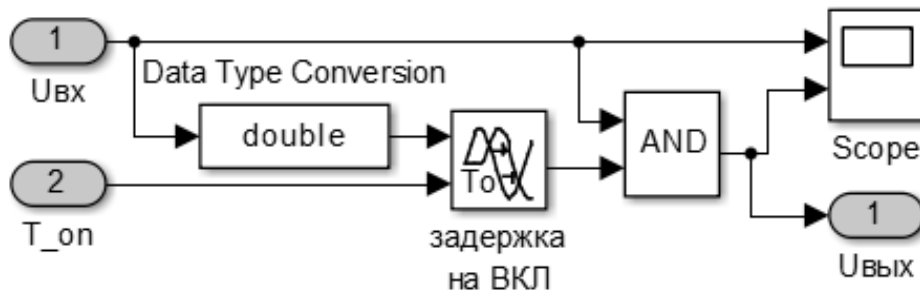


Рис. 5. Структура блока организации задержки на включение реле

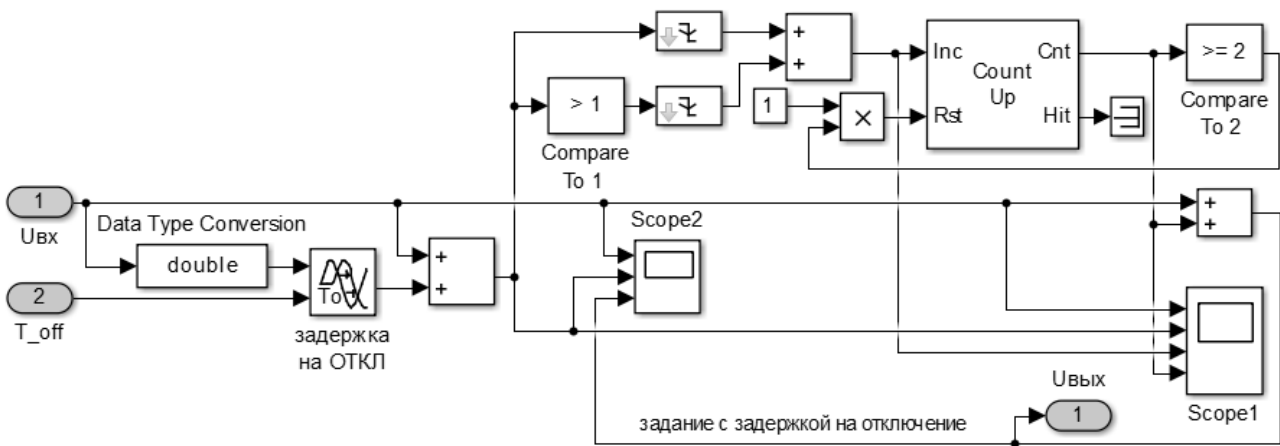


Рис. 6. Структура блока организации задержки на отключение реле

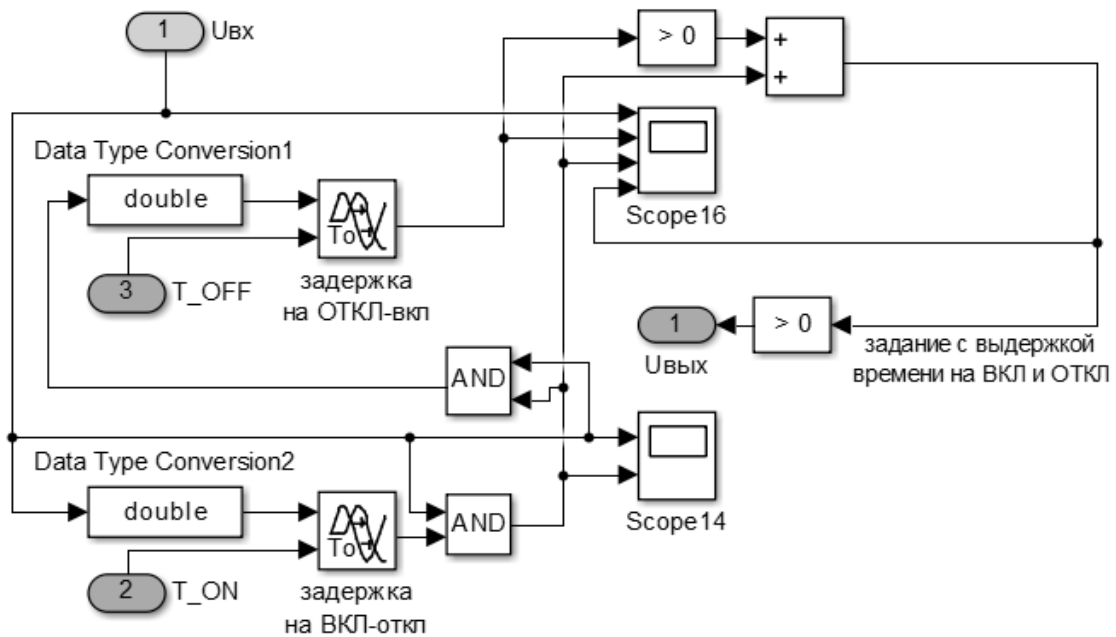


Рис. 7. Структура блока организации задержки на включение и отключение реле

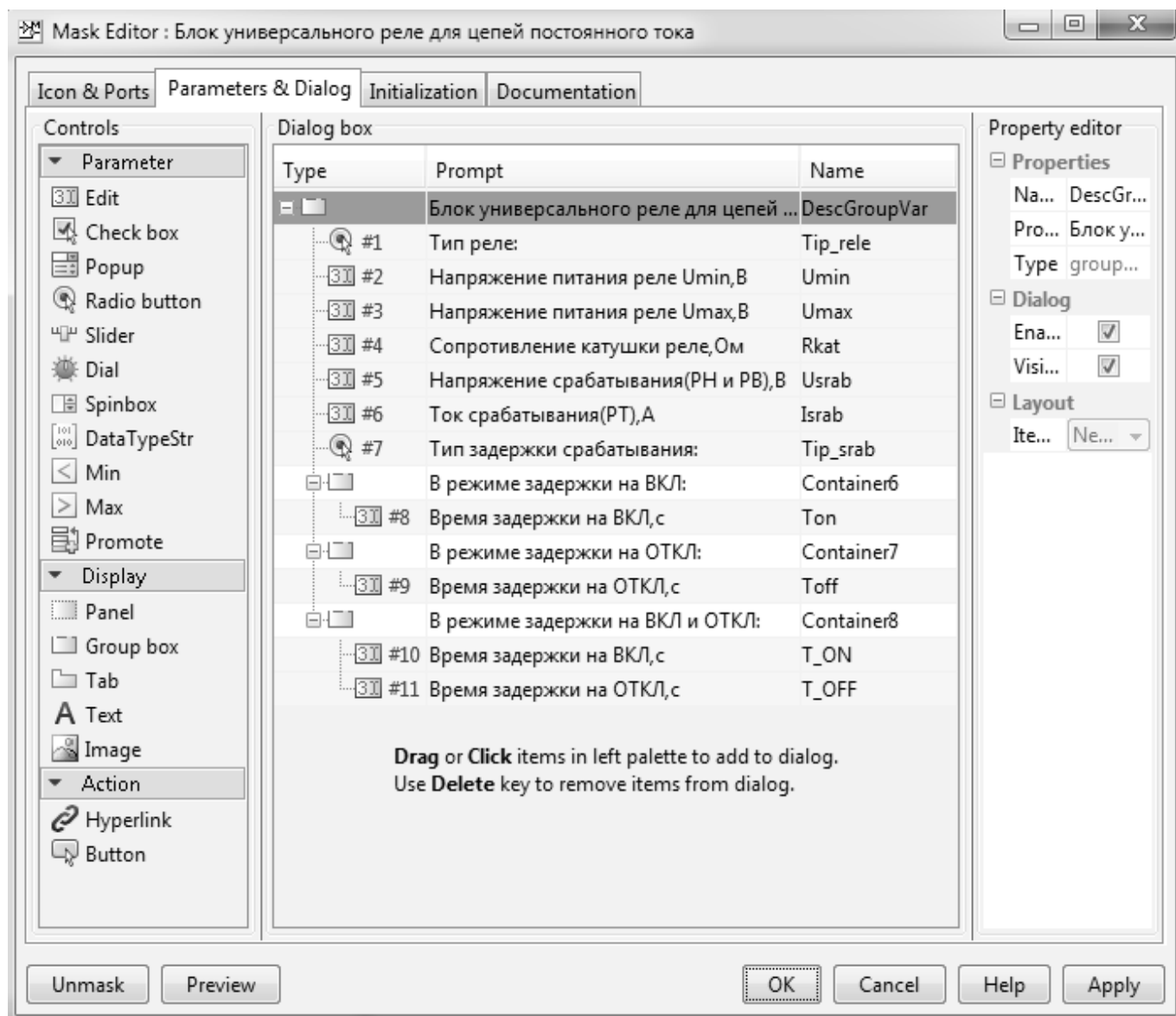


Рис. 8. Внешний вид организации маски разработанного блока универсального реле постоянного тока



Block Parameters: Блок универсального реле для цепей постоянн...

Блок универсального реле для цепей постоянного тока

Тип реле:

Реле напряжения(PH)  Реле тока(PT)  Реле времени(PB)

Напряжение питания реле Umin,В 170

Напряжение питания реле Umax,В 250

Сопротивление катушки реле,Ом 700

Напряжение срабатывания(PH и PB),В 190

Ток срабатывания(PT),А 0

Тип задержки срабатывания:

Мгновенно

Задержка на ВКЛ

Задержка на ОТКЛ

Задержка на ВКЛ и ОТКЛ

В режиме задержки на ВКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0

В режиме задержки на ОТКЛ:

Время задержки на ОТКЛ,с 2.1

В режиме задержки на ВКЛ и ОТКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0

Время задержки на ОТКЛ,с 0

OK Cancel Help Apply

Рис. 9. Окно параметров созданного блока с внесенными значениями для опробования блока в качестве реле напряжения (PH) с задержкой на отключение

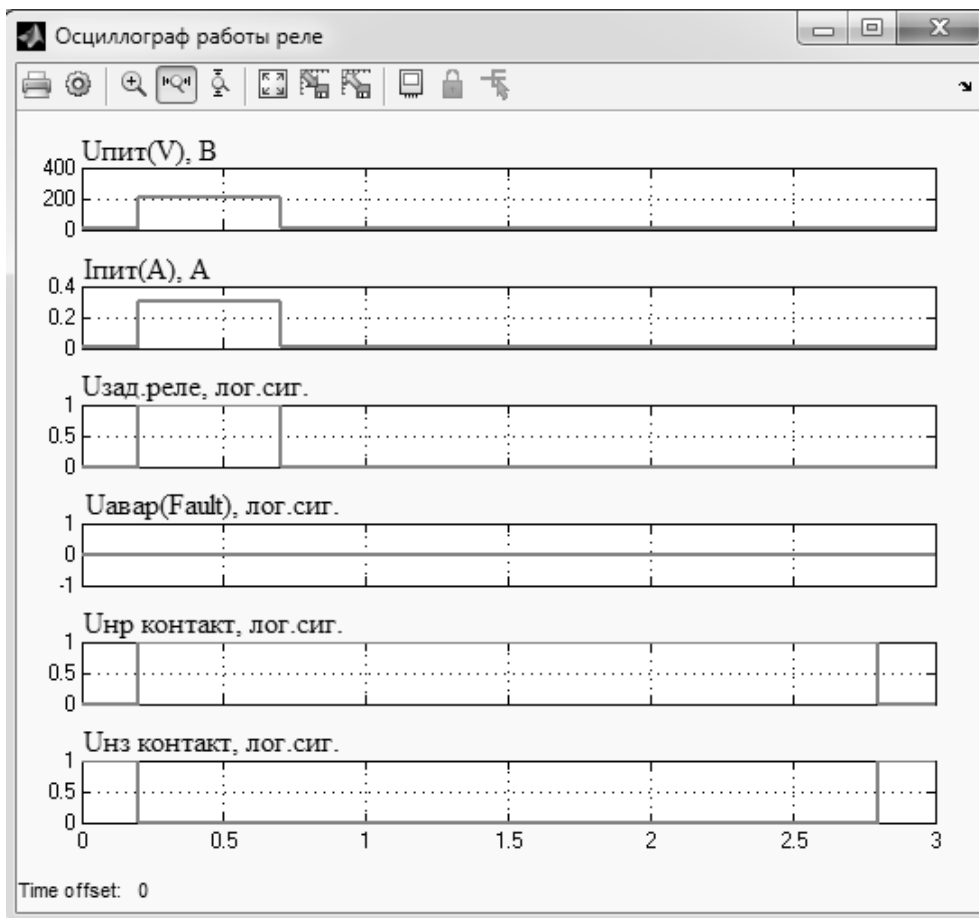


Рис. 10. Графики работы универсального реле в качестве реле напряжения (РН) с задержкой на отключение

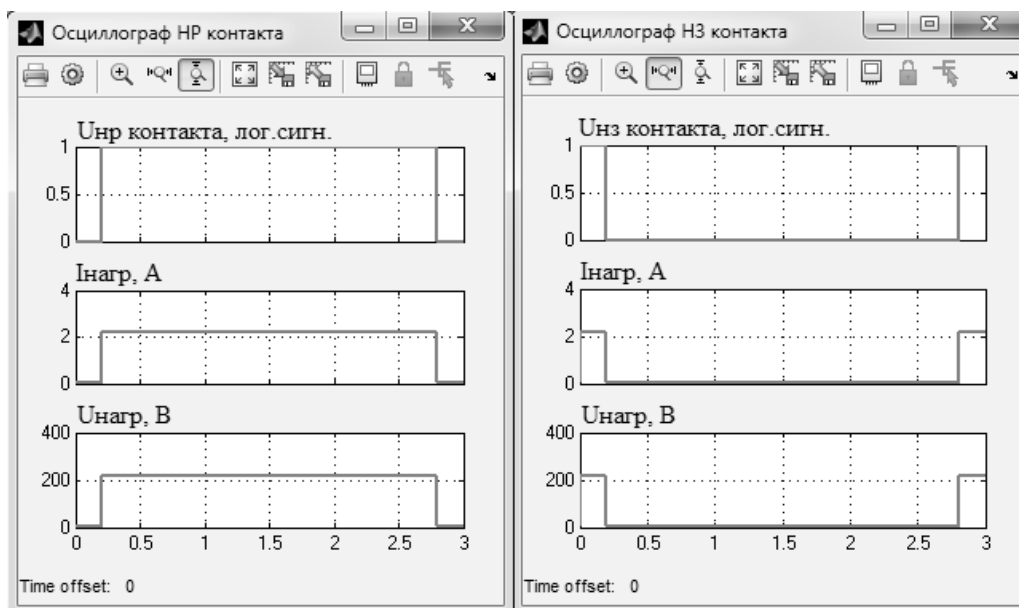


Рис. 11. Графики работы контактов при работе реле в качестве реле напряжения (РН) с задержкой на отключение

Block Parameters: Блок универсального реле для цепей постоянн...

Блок универсального реле для цепей постоянного тока

Тип реле:

Реле напряжения(PH)  Реле тока(PT)  Реле времени(PB)

Напряжение питания реле Umin,В 190

Напряжение питания реле Umax,В 260

Сопротивление катушки реле,Ом 400

Напряжение срабатывания(PH и PB),В 0

Ток срабатывания(PT),А 0.6

Тип задержки срабатывания:

Мгновенно

Задержка на ВКЛ

Задержка на ОТКЛ

Задержка на ВКЛ и ОТКЛ

В режиме задержки на ВКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0

В режиме задержки на ОТКЛ:

Время задержки на ОТКЛ,с 0

В режиме задержки на ВКЛ и ОТКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0

Время задержки на ОТКЛ,с 0

OK Cancel Help Apply

Рис. 12. Окно параметров созданного блока с внесенными значениями для опробования блока в качестве реле тока (PT) с мгновенным срабатыванием

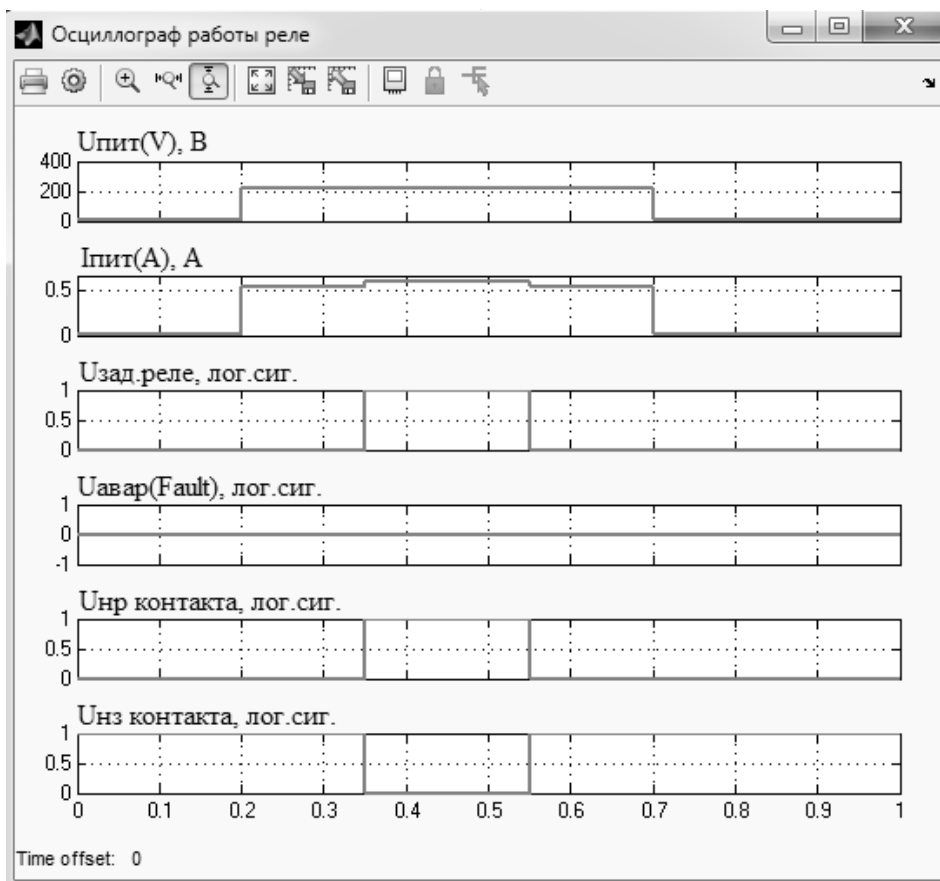


Рис. 13. Графики работы универсального реле в качестве реле тока (РТ) с мгновенным срабатыванием при достижении величины  $I_{срабатывания}$

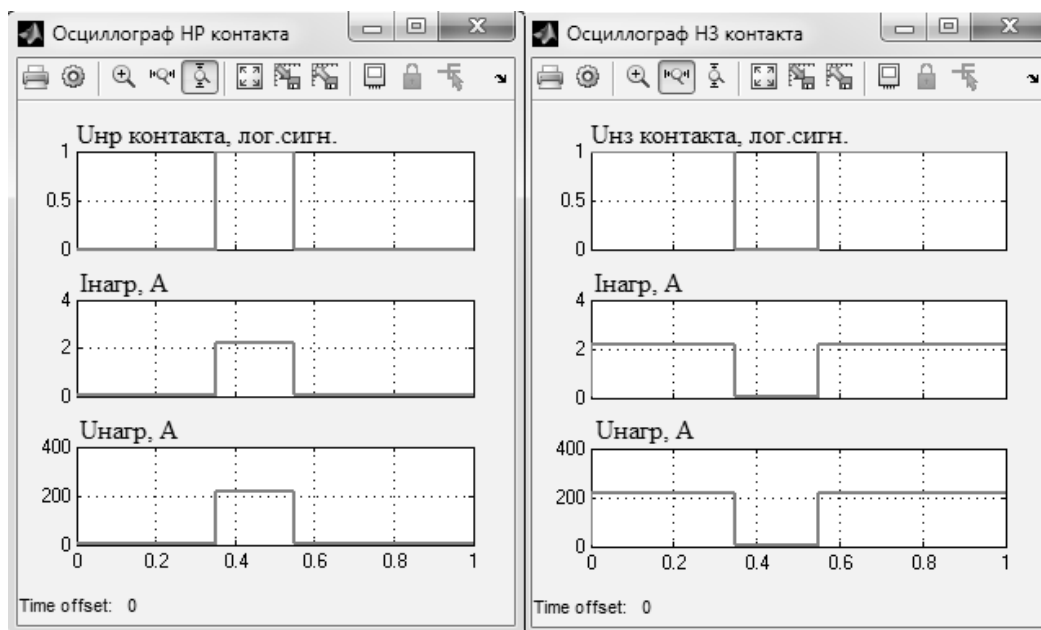


Рис. 14. Графики работы контактов при работе реле в качестве реле тока (РТ) с мгновенным срабатыванием

Block Parameters: Блок универсального реле для цепей постоянн...

Блок универсального реле для цепей постоянного тока

Тип реле:

Реле напряжения(PH)  Реле тока(PT)  Реле времени(PB)

Напряжение питания реле Umin,В 180

Напряжение питания реле Umax,В 240

Сопротивление катушки реле,Ом 350

Напряжение срабатывания(PH и PB),В 180

Ток срабатывания(PT),А 0

Тип задержки срабатывания:

Мгновенно

Задержка на ВКЛ

Задержка на ОТКЛ

Задержка на ВКЛ и ОТКЛ

В режиме задержки на ВКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0

В режиме задержки на ОТКЛ:

Время задержки на ОТКЛ,с 0

В режиме задержки на ВКЛ и ОТКЛ:

Время задержки на ВКЛ,с 0.07

Время задержки на ОТКЛ,с 0.18

OK Cancel Help Apply

Рис. 15. Окно параметров созданного блока с внесенными значениями для опробования блока в качестве реле времени (PB) с задержкой на вкл. и откл.

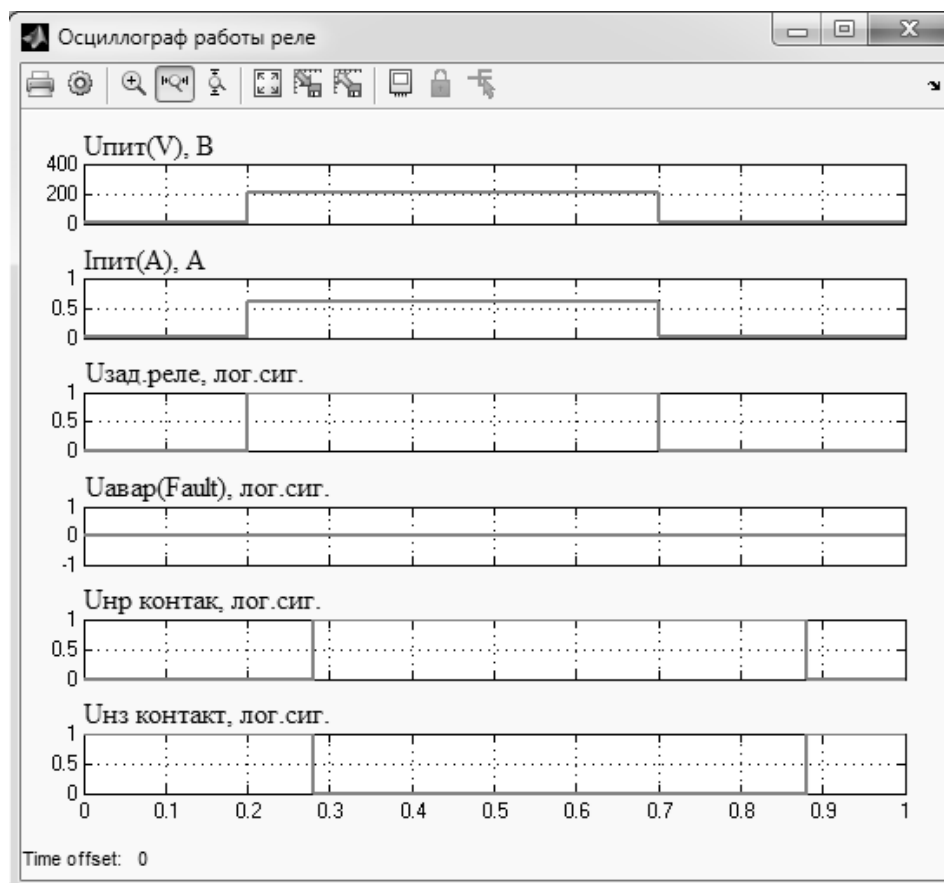


Рис. 16. Графики работы универсального реле в качестве реле времени (РВ) с задержкой на включение и отключение

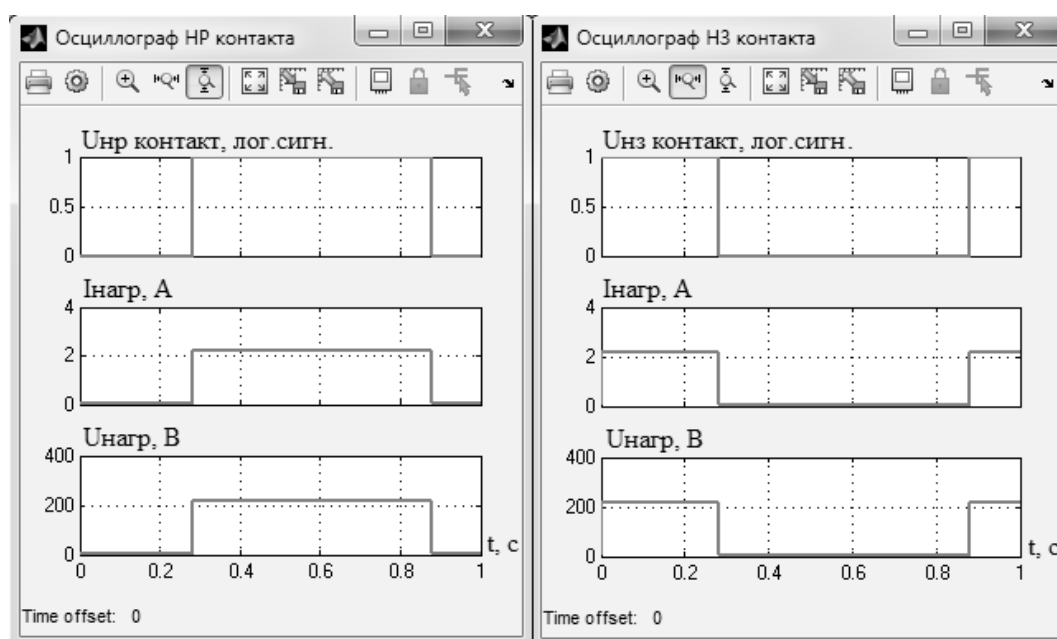


Рис. 17. Графики работы контактов при работе реле в качестве реле времени (РВ) с задержкой на включение и отключение

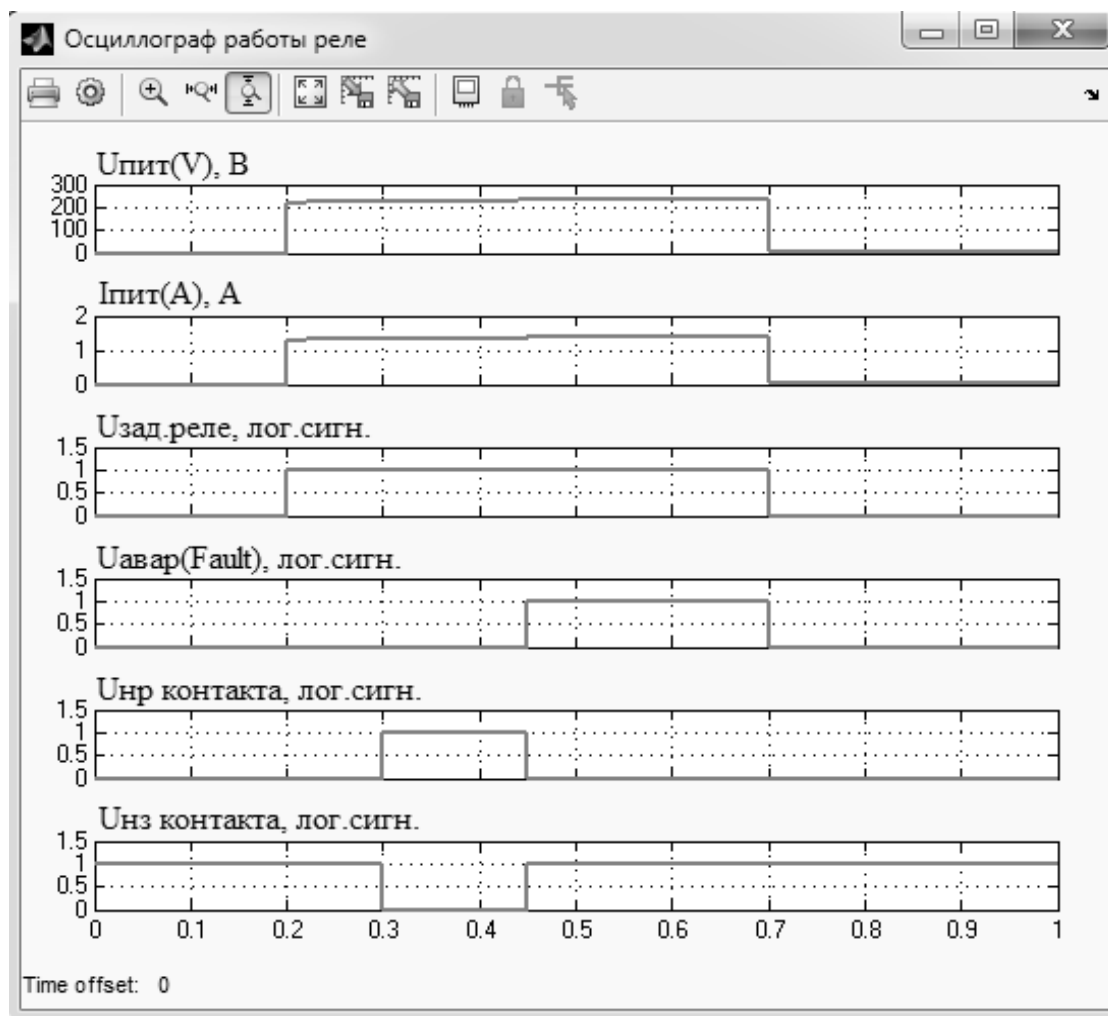


Рис. 18. Графики работы универсального реле в качестве реле напряжения (РН) с задержкой на включение при срабатывании аварийного условия  $U_{пит} > U_{мах}$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов, В.П. MATLAB6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения [Текст]: Серия «Библиотека профессионала» / В.П. Дьяконов — Москва: СОЛОН-Пресс, 2005—800 с.
2. Джендубаев, А.-З. Р. MATLAB, Simulink и SimPowerSystems в электроэнергетике [Текст]: Учебное пособие для студентов/ А.-З. Р. Джендубаев, И.И. Алиев — Черкесск: СевКавГГТА, 2014—136 с.
3. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. [Текст] / для инженеров, научных работников, аспирантов и студентов, занимающихся моделированием в области электротехники. / И.В. Черных. — Санкт-Петербург: изд. ДМК, — 2008. — 288 с.
4. Герман-Галкин, С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. [Текст] / учебник / С.Г. Герман-Галкин. — СПб: КОРОНА-Век, — 2008. — 368 с.
5. Терёхин, В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) [Текст] / учебное пособие / В.Б. Терёхин. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, — 2010. — 292 с.
6. Терёхин, В.В. Основы моделирования в MATLAB. Часть 2. Simulink. [Текст] / учебное пособие / В.В. Терёхин. — Новокузнецк: Кузбассвузиздат, — 2004. — 376 с.
7. Лурье, М.С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники [Текст] / для студентов всех форм обучения / М.С. Лурье. — Красноярск: СибГТУ, — 2007. — 138 с.

© Багрянцев Илья Андреевич (goldcranium@gmail.com), Беленов Даниил Андреевич (belenov2216@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ТИПА ТРИКОМИ В НЕОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

TRICOMI-TYPE BOUNDARY VALUE  
PROBLEM IN AN UNBOUNDED DOMAIN

V. Vagapov

*Summary.* The existence and uniqueness of a solution to a Tricomi-type boundary value problem for a single mixed-type equation in an unbounded domain in a special class is proved. In the region of ellipticity of the equation, the auxiliary Holmgren problem is solved by the Green's function method, and in the region of hyperbolicity of the equation, a problem of Darboux type. Moreover, to obtain a solution to the Darboux-type problem, first in the characteristic triangle by the method of the Riemann-Hadamard function, first proposed by Professor S.P. Pulkin, the Darboux problem was solved, and then in the constructed solution one of the characteristics was directed to infinity. By sewing together the solutions of these auxiliary problems with respect to the function and the normal derivative on the line of change of the equation type, the Tricomi-type problem is reduced to an equivalent singular integral equation, which is uniquely reduced by the Carleman-Vekua method to a Fredholm integral equation of the second kind, the unconditional solvability of which follows from the corresponding uniqueness theorem for the solution. The uniqueness of the solution of the problem under study is proved using the local extremum principle. Note that the formulation of this problem is based on the well-known works of M.S. Keldysh, I.L. Karolya.

*Keywords:* tricomi-type problem; unlimited area; Holmgren's problem; Darboux problem; singular integral equation; Carleman-Vekua method.

Вагапов Вилер Зуфарович

Кандидат физико-математических наук  
Стерлитамакский филиал Башкирского  
государственного университета  
Стерлитамак  
vagapov\_vz@rambler.ru

*Аннотация.* В данной работе в специальном классе доказано существование и единственность решения краевой задачи типа Трикоми для одного уравнения смешанного типа в неограниченной области. В области эллиптичности уравнения методом функции Грина решена вспомогательная задача Хольмгрена, в области гиперболичности уравнения — задача типа Дарбу. Причём, для получения решения задачи типа Дарбу вначале в характеристическом треугольнике методом функции Римана — Адамара, впервые предложенным профессором С.П. Пулькиным, была решена задача Дарбу, а потом в построенном решении одна из характеристик была устремлена в бесконечность. Сшивая решения этих вспомогательных задач по функции и по нормальной производной на линии изменения типа уравнения, задача типа Трикоми сведена к эквивалентному сингулярному интегральному уравнению, которое методом Карлемана — Векуа однозначно редуцировано к интегральному уравнению Фредгольма второго рода, безусловная разрешимость которого следует из соответствующей теоремы единственности решения. Единственность решения исследуемой задачи доказана с помощью принципа локального экстремума. Отметим, что постановка этой задачи исходит из известных работ М.С. Келдыша, И.Л. Кароля.

*Ключевые слова:* задача типа Трикоми; неограниченная область; задача Хольмгрена; задача Дарбу; сингулярное интегральное уравнение; метод Карлемана-Векуа.

## Цель

**Р**абота преследовала цель перенести исследование автора в решении краевых задач для одного уравнения смешанного типа из областей эллиптичности и гиперболичности на случай смешанной области.

## Методы

Для построения решения краевой задачи типа Трикоми в области эллиптичности был применён метод построения функции Грина, а в области гиперболичности — метод построения функции Римана — Адамара. Для решения сингулярного интегрального уравнения, полученного после «сшивания» по функции и по нормальной производной решений задачи из областей эллиптичности и гиперболичности уравнения, был использован метод регуляризации Карлемана — Векуа.

Единственность решения задачи доказана с помощью принципа локального экстремума.

## Результаты

В специальном классе в неограниченной области построено решение краевой задачи типа Трикоми для одного эллиптического — гиперболического уравнения и доказана его единственность.

## Выводы

Полученный результат вносит определенный вклад в развитие теории краевых задач для уравнений смешанного типа. Следует отметить, что задача решена в неограниченной области. Результат был бы, несомненно, ценнее, если бы решение краевой задачи было построено вне специального класса функций.



$$\begin{aligned}
 u(x, y) = & \psi\left(\frac{x+y+l}{2}\right) + \tau_-(x-y) - \psi\left(\frac{x-y+l}{2}\right) - \\
 & - |\lambda| \int_{x-y}^l \tau_-(t) I_1(|\lambda| \sqrt{(t-x-y)(t-x+y)}) \frac{dt}{\sqrt{(t-x-y)(t-x+y)}} + \\
 & + \frac{1}{2} \int_{x+y}^{x-y} \psi\left(\frac{t+l}{2}\right) \sqrt{\frac{l-x+y}{l-x-y}} I_1(|\lambda| \sqrt{(t-x-y)(l-x+y)}) dt - \\
 & - \frac{1}{2} \int_l^{x-y} \psi\left(\frac{t+l}{2}\right) \cdot \left\{ \sqrt{\frac{l-x+y}{t-x-y}} I_1(|\lambda| \sqrt{(t-x-y)(l-x+y)}) - \right. \\
 & \left. - \sqrt{\frac{l-x-y}{t-x+y}} I_1(|\lambda| \sqrt{(l-x-y)(t-x+y)}) \right\} dt,
 \end{aligned} \tag{7}$$

Постановка задачи типа Трикоми.  
Теорема единственности

Рассмотрим уравнение

$$L(u) \equiv u_{xx} + \operatorname{sign} u_{yy} - \lambda^2 u = 0 \tag{1}$$

в области  $D = \{(x; y) | x > 0, y > -x\}$ .

Обозначим

$$\begin{aligned}
 D_+ = & \{(x; y) | y > 0\}, D_- = \{(x; y) | y < 0\}, \\
 \tau_{\pm}(x) = & \lim_{y \rightarrow 0_{\pm}} u(x; y), v_{\pm}(x) = \lim_{y \rightarrow 0_{\pm}} u_y(x; y).
 \end{aligned}$$

Постановка задачи типа Трикоми  
(задачи ТЕ)

Найти в области  $D$  функцию  $u(x; y)$ , удовлетворяющую следующим условиям:

$$u \in C(\bar{D}) \cap C^1(D) \cap C^2(D_+ \cup D_-) \text{ и } L(u) \equiv 0 \text{ в } D_+ \cup D_-; \tag{2}$$

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} u(x; y) = 0, r^2 = x^2 + y^2, (x; y) \in D_+; \tag{3}$$

$$u(x; y)|_{x=0} = \varphi(y), y \geq 0; \tag{4}$$

$$u(x; y) \text{ ограничена в } D_-, \tag{5}$$

где  $\varphi(y)$  — заданная функция.

Отметим, что постановка этой задачи исходит из известных работ М. С. Келдыша [1], И. Л. Кароля [2].

Ранее в работе [3] автором было показано, что если  $\varphi(y), v_+(x) \in C[0, +\infty)$ ,  $\varphi(y) = e^{-ky} \varphi_0(y)$ , где  $k \geq 0, |\varphi_0(y)| < c_1$  и  $v_+(x) = e^{-kx} v_0(x)$ , где  $k \geq 0, |v_0(x)| < c_2$ , то существует единственное решение задачи Хольмгрена (задачи Н) в следующей постановке:

$$u(x, y) \in C(\bar{D}_+) \cap C^2(D_+);$$

$$Lu(x, y) \equiv 0, (x, y) \in D_+;$$

$$u(x, y)|_{x=0} = \varphi(y), y \geq 0;$$

$$u_y(x, y)|_{y=0} = v_+(x), x > 0;$$

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} u(x, y) = 0, r^2 = x^2 + y^2, (x, y) \in D_+.$$

Это решение определяется формулой

$$\begin{aligned}
 u(x, y) = & \int_0^{+\infty} \varphi(t) \frac{\partial G(z, t; x, y)}{\partial z} \Big|_{z=0} dt - \\
 & - \int_0^{+\infty} G(z, 0; x, y) v_+(z) dz.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Здесь  $G(x, y; x_0, y_0)$  — функция Грина задачи Н, имеющая вид

$$\begin{aligned}
 G(x, y; x_0, y_0) = & \\
 = & \frac{1}{2\pi} [K_0(|\lambda|r) + K_0(|\lambda|r_1) - K_0(|\lambda|r_2) - K_0(|\lambda|r_3)],
 \end{aligned}$$

$$\text{где } r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2,$$

$$r_1^2 = (x - x_0)^2 + (y + y_0)^2,$$

$$r_2^2 = (x + x_0)^2 + (y + y_0)^2,$$

$M(x, y), M_0(x_0, y_0) \in D_+, K_0(|\lambda|r)$  — функция Макдональда или модифицированная функция Бесселя третьего рода [4, с. 13].

В работе [5] автором в характеристическом треугольнике  $D_l$ , ограниченном прямыми:  $AB: y = 0, 0 < x < l$ ,  $AC: y + x = 0, 0 < x < l/2$ ,  $BC: -y + x = l, l/2 < x < l$ , доказано существование и единственность решения задачи Дарбу в следующей постановке:

$$u(x, y) \in C(\bar{D}_l) \cap C^2(D_l);$$

$$Lu(x, y) \equiv 0, (x, y) \in D_l;$$

$$u(x, y)|_{AB} = \tau_-(x), 0 \leq x \leq l;$$

$$u(x, y)|_{BC} = \psi(x), l/2 \leq x \leq l;$$

где  $\tau_-(x)$  и  $\psi(x)$  — заданные функции и  $\tau_-(l) = \psi(l)$ . Это решение имеет вид (7), где  $I_1(\cdot)$  — модифицированная функция Бесселя первого рода [4, с. 13].

**Определение.** Будем говорить, что решение  $u(x; y)$  уравнения (1) принадлежит классу  $B_k(D_-)$ , если 1)  $u(x; y) \in C(D_-) \cap C^2(D_-)$ ; 2)  $u(x; y) = O(e^{-k(x-y)}), k > 0$  при  $x - y \rightarrow +\infty$ .

Опираясь на решение (7) в области  $D_-$  решим следующую задачу типа Дарбу (задачу DE).

**Задача DE.** Найти функцию, удовлетворяющую условиям:

$$u \in C(\bar{D}_-) \cap C^2(D_-) \text{ и } L(u) \equiv 0 \text{ в } D_-,$$

$$u(x; y) \text{ ограничена в } D_-,$$

$$u(x, y)|_{y=0} = \tau_-(x), x \geq 0,$$

где  $\tau_-(x)$  — заданная непрерывная функция в области задания.

Для получения решения задачи DE перейдем в формуле (7) к пределу при  $l \rightarrow +\infty$ . Имеем

$$u(x, y) = \tau_-(x - y) - |\lambda|y \int_{x-y}^{+\infty} \tau_-(t) \frac{I_1(|\lambda|\sqrt{(t-x-y)(t-x+y)})}{\sqrt{(t-x-y)(t-x+y)}} dt. \quad (8)$$

**Определение.** Будем говорить, что функция  $u(x; y) \in R_k(D)$ , если  $u(x; y) = O(e^{-kx}), k > 0, x \rightarrow +\infty$  и в области  $D_-$  принадлежит классу  $B_k(D_-)$ .

**Теорема 1.** Если  $\tau_-(x) \in C[0, +\infty) \cap C^2(0, +\infty)$  и при  $x \rightarrow +\infty$  имеет представление  $\tau_-(x) = O(e^{-kx}), k \geq |\lambda|$ , то существует единственное решение задачи DE из класса  $B_k(D_-)$ .

Для доказательства единственности решения задачи TE предварительно докажем следующую лемму.

**Лемма 1 (принцип локального экстремума).** Пусть  $\tau_-(x) = e^{-|\lambda|x} \cdot \tau(x), \tau(x) \in M[0; +\infty) \cap C^1[0; +\infty)$ . Если  $\tau(x)$  достигает наибольшего (наименьшего отрицательного) значения в точке  $\xi, 0 < \xi < +\infty$ , то  $v_-(\xi) = \lim_{y \rightarrow 0-} u_y(\xi; y) > 0 (< 0)$ .

Доказательство. Учитывая из условия теоремы представление функции  $\tau_-(x)$ , из формулы (8) находим:

$$v_-(x) = -\tau'_-(x)e^{-|\lambda|x} + |\lambda|e^{-|\lambda|x}\tau_-(x) - |\lambda|\tau_-(\xi) \int_x^{+\infty} e^{-|\lambda|t} \frac{I_1(|\lambda|(t-x))}{t-x} dt + |\lambda| \int_x^{+\infty} [\tau_-(\xi) - \tau_-(t)] e^{-|\lambda|t} \frac{I_1(|\lambda|(t-x))}{t-x} dt.$$

Учитывая, что  $\tau'(\xi) = 0$ , для  $v_-(\xi)$  получим следующее выражение

$$v_-(\xi) = |\lambda| \int_{\xi}^{+\infty} [\tau_-(\xi) - \tau_-(t)] e^{-|\lambda|t} \frac{I_1(|\lambda|(t-\xi))}{t-\xi} dt + |\lambda|e^{-|\lambda|\xi}\tau_-(\xi)[1 - I_1(\xi)],$$

где

$$I_1(\xi) = e^{|\lambda|\xi} \int_{\xi}^{+\infty} e^{-|\lambda|t} \frac{I_1(|\lambda|(t-\xi))}{t-\xi} dt.$$

Из последней формулы видим, что для доказательства леммы достаточно показать, что  $I_1(\xi) \leq 1$ . С этой целью в интеграле  $I_1(\xi)$  следует выполнить замену  $t - \xi = s$ , использовать представление

$$e^{-|\lambda|s} = K_{\frac{1}{2}}(|\lambda|s) \cdot \sqrt{\frac{2|\lambda|s}{\pi}}$$

(см. формулу (42) из [4, с. 18]) и применить формулу 6.576(5) из [6].

Теперь можно перейти к доказательству единственности решения задачи TE. Пусть  $u(x; y)$  — решение задачи (2) — (5) класса  $R_k(D)$  с нулевым краевым условием. Предположим, что  $u(x; y)$  не равна тождественно нулю в  $D_+$ . В силу определения класса  $R_k(D)$  функцию  $u(x; y)$  можно представить в следующем виде

$$u(x, y) = e^{-|\lambda|x} \cdot v(x; y),$$

где  $v(x; y) \rightarrow 0$  при  $r \rightarrow +\infty, v(0; y) = 0$  при  $y \geq 0$  и в области  $D_+$  удовлетворяет уравнению

$$v_{xx} + v_{yy} - 2|\lambda|v_x = 0.$$

Для этого уравнения имеет место внутренний принцип экстремума Хопфа [7, с. 25]. Тогда в силу приведенных выше условий  $v(x; y) \neq const$  тождественно достигает своего положительного максимума в области  $\bar{D}_+$  лишь в точке  $(\xi; 0), 0 < \xi < +\infty$ . В этой точке в силу принципа Заремба — Жиро [8, с. 31] имеем, что  $v_y(\xi; 0 + 0) < 0$ . Следовательно, и

$$u_y(\xi; 0 + 0) = e^{-|\lambda|\xi} v_y(\xi; 0 + 0) = v_+(\xi) < 0.$$

Последнее, в силу доказанной выше леммы, противоречит условию сопряжения  $v_+(x) = v_-(x)$ . Следовательно,  $u(x; y) = 0$  тождественно в  $D_+$  и, стало быть, в  $D$ .

Доказательство существования решения задачи ТЕ.

Полагая в формуле решения задачи Хольмгрена (6)  $y = 0$ , находим

$$\tau_+(x) = A(x) - \int_0^{+\infty} v_+(t)H(x; t)dt, \quad (9)$$

где

$$A(x) = \frac{2|\lambda|x}{\pi} \int_0^{+\infty} \varphi(t) \frac{K_1(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{\sqrt{x^2+t^2}} dt, \quad (10)$$

$$H(x; t) = \frac{1}{\pi} [K_0(|\lambda||t-x|) - K_0(|\lambda|(t+x))].$$

Из формулы решения задачи DE (8) находим

$$v_-(x) = -\tau'_-(x) - |\lambda| \int_x^{+\infty} \tau_-(t) \frac{I_1(|\lambda|(t-x))}{t-x} dt. \quad (11)$$

Исключая из уравнений (9) и (11) функцию  $\tau_+(x)$ , получим уравнение относительно функции  $v(x)$ :

$$v(x) - \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} v(t) \left( \frac{1}{t-x} + \frac{1}{t+x} \right) dt = F(x) = f(x) + \int_0^{+\infty} v(t)K(x, t)dt, \quad (12)$$

где

$$K(x, t) = Q_1(x, t) + Q_2(x, t), \quad (13)$$

$$Q_1(x, t) = \int_x^{+\infty} q(x, z)H(z, t)dz,$$

$$q(x, t) = \frac{I_1(|\lambda|(t-x))}{t-x},$$

$$Q_2(x, t) = \frac{|\lambda|}{\pi} [\tilde{K}_1(|\lambda|(t+x)) + \tilde{K}_1(|\lambda||t-x|)sgn(t-x)],$$

$$\tilde{K}_1(z) = K_1(z) - \frac{1}{z} =$$

$$= I_1(z) \ln \frac{z}{2} - \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{\infty} \left( \frac{z}{2} \right)^{2k+1} \frac{\psi(k+1) + \psi(k+2)}{k!(k+1)!},$$

$$\psi(z) = \frac{\Gamma'(z)}{\Gamma(z)},$$

$$f(x) = -A'(x) - |\lambda| \int_x^{+\infty} A(t)q(t, x)dt.$$

Исследуем функцию  $K(x, t)$  при  $0 \leq x, t < +\infty$ . Не трудно видеть, что функция  $H(x, t)$  при  $t \rightarrow x \in [0; +\infty)$  имеет особенность логарифмического порядка, т.к. функция Макдональда  $K_0(z)$  при  $z \rightarrow 0$  имеет особенность логарифмического порядка.

Далее, в интеграле в ядре

$$Q_1(x, t) = \frac{1}{\pi} \int_x^{+\infty} \frac{I_1(|\lambda|(z-x))}{z-x} [K_0(|\lambda||t-z|) - K_0(|\lambda|(t+z))] dz$$

выполним замену переменных  $z - x = s$ . Получим

$$Q_1(x, t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} s^{-1} \cdot I_1(|\lambda|s) \cdot [K_0(|\lambda||t-x-s|) - K_0(|\lambda|(t+x+s))] dz.$$

Отсюда следует, что функция  $Q_1(x, t)$  непрерывна при  $0 \leq x, t < +\infty$ . Итак, из вышеприведённых рассуждений и формулы (13) следует справедливость следующего утверждения.

**Лемма 2.** Для функции  $K(x, t)$  при  $0 \leq x, t < +\infty$  справедлива оценка  $|K(x, t)| < c_1 \ln|t-x|$ .

Теперь рассмотрим функцию  $A(x)$  на промежутке  $[0; +\infty)$ .

**Лемма 3.** Если  $\varphi(y) \in C[0; +\infty) \cap M[0; +\infty)$ , то  $A(x) \in C[0; +\infty) \cap C^{(\infty)}(0; +\infty)$  и справедлива оценка  $|A(x)| \leq c_2 e^{-|\lambda|x}$ .

Доказательство. Оценивая функцию (10) при  $0 < x < +\infty$ , имеем

$$|A(x)| < \|\varphi\| \frac{2|\lambda|x}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{K_1(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{\sqrt{x^2+t^2}} dt.$$

Вычислив последний интеграл по формуле Сонина – Гегенбауэра 6.596(3) [6, с. 719], получим нужную оценку для  $A(x)$ . Тот факт, что  $A(x) \in C^{(\infty)}(0; +\infty)$ , очевидным образом следует из явного вида функции  $A(x)$ .

**Лемма 4.** Если  $\varphi(y)$  удовлетворяет условиям леммы 3 и  $\varphi(0) = 0, \varphi(y) \in H_{\lambda_0}[0; \delta], 0 < \lambda_0 \leq 1$ , то при  $x \rightarrow 0$

$$A'(x) = \begin{cases} c_3 x^{\lambda_0-1}, & \text{при } 0 < \lambda_0 < 1; \\ c_4 \ln x, & \text{при } \lambda_0 = 1; \end{cases}$$

$$\text{при } x \rightarrow +\infty: |A'(x)| = O(c_5 e^{-|\lambda|x}).$$

Доказательство. Вначале вычислим производную

$$A'(x) = \frac{2|\lambda|}{\pi} \int_0^{+\infty} \varphi(t) \frac{K_1(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{\sqrt{x^2+t^2}} dt - \frac{2\lambda^2 x^2}{\pi} \int_0^{+\infty} \varphi(t) \frac{K_2(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{x^2+t^2} dt. \tag{14}$$

Оценим функцию  $A'(x)$  при  $x \rightarrow +\infty$ :

$$|A'(x)| < \|\varphi\| \frac{2|\lambda|}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{K_1(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{\sqrt{x^2+t^2}} dt + \frac{2\lambda^2 x^2}{\pi} \|\varphi\| \int_0^{+\infty} \frac{K_2(|\lambda|\sqrt{x^2+t^2})}{x^2+t^2} dt.$$

Вычисляя последние интегралы вновь по формуле Сонина –Гегенбауэра 6.596(3) [2, с. 719], получаем отсюда при  $x \rightarrow +\infty$ :  $|A'(x)| = O(c_5 e^{-|\lambda|x})$ .

Теперь исследуем поведение функции  $A'(x)$  при  $x \rightarrow 0$ . По условию леммы функцию  $\varphi(y)$  можно представить в виде  $\varphi(y) = y^{\lambda_0} \bar{\varphi}(y)$ ,  $\bar{\varphi}(y) \in M[0; \delta]$ . Принимая во внимание это представление, разобьём каждый из интегралов, входящих в правую часть (14), на два: при  $0 \leq t \leq \delta$  и при  $\delta \leq t < +\infty$ . Нетрудно видеть, что при фиксированном  $\delta$  интегралы по промежутку  $[\delta; +\infty)$  сходятся при любом  $x \in [0; +\infty)$ . Далее, учитывая, что при  $z \rightarrow 0$ :  $K_\nu(z) = o(z^{-|\nu|})$ , оценим  $A'(x)$  при  $x \rightarrow 0$ :

$$|A'(x)| < c_6 + c_7 \int_0^\delta \frac{t^{\lambda_0}}{x^2+t^2} dt + c_8 \int_0^\delta \frac{t^{\lambda_0} x}{(x^2+t^2)^2} dt \leq c_9 \int_0^\delta \frac{t^{\lambda_0}}{x^2+t^2} dt.$$

После замены переменных  $t = sx$  получим требуемые оценки. Лемма доказана.

Рассмотрим функцию

$$i(x) = |\lambda| \int_0^{+\infty} A(t)q(t, x)dt = |\lambda| \int_0^{+\infty} A(x+s)I_1(|\lambda|s)s^{-1}ds.$$

Отсюда, учитывая оценку  $|A(x)| \leq c_2 e^{-|\lambda|x}$  из леммы 3, получим

$$|i(x)| \leq c_{10} e^{-|\lambda|x}. \tag{15}$$

**Лемма 5.** Если функция  $\varphi(y)$  удовлетворяет условиям леммы 4, то  $f(x) \in C^1[0; +\infty) \cap C^{(\infty)}(0; +\infty)$  и при  $x \rightarrow 0$ :

$$f(x) = \begin{cases} o(x^{\lambda_0-1}), \text{ при } 0 < \lambda_0 < 1; \\ o(\ln x), \text{ при } \lambda_0 = 1; \end{cases}$$

при  $x \rightarrow +\infty$ :  $f(x) = O(e^{-|\lambda|x})$ .

Доказательство леммы 5 непосредственно следует из лемм 3, 4 и полученной выше оценки (15).

Итак, на основании выше доказанных лемм 2–5 можно приступить к решению интегрального уравнения (12). Но прежде уравнение (12) заменой

$$x^2 = \frac{y}{1-y}, t^2 = \frac{\tau}{1-\tau},$$

$$\mu(y) = v(x)(1+x^2),$$

$$F(y) = F(x)(1+x^2)$$

сводим к сингулярному интегральному уравнению

$$\mu(y) - \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{\mu(\tau)}{\tau-y} d\tau = \tilde{F}(y), \tag{16}$$

$$\tilde{F}(y) = \tilde{f}(y) + \int_0^1 \mu(\tau) \tilde{K}(y, \tau) d\tau,$$

$$\tilde{f}(y) = (1+x^2)f(x),$$

$$\tilde{K}(y, \tau) = \frac{1}{2} (1+x^2)K(x, t)[\tau(1-\tau)]^{-\frac{1}{2}}.$$

Таким образом, задача ТЕ приведена к эквивалентному сингулярному интегральному уравнению, решение которого будем искать в классе функций, удовлетворяющих условию Гёльдера внутри интервала  $(0; 1)$ , ограниченных в точке 0 и неограниченных на другом конце этого интервала.

Для этого известным методом Карлемана — Векуа [9, с. 203] произведём регуляризацию уравнения (16) в вышеуказанном классе функций. В результате этого придём к уравнению

$$\mu(y) - \frac{1}{2} \int_0^1 K_1(y, \tau) \mu(\tau) d\tau = \tilde{f}_1(y), \tag{17}$$

$$K_1(y, \tau) = \tilde{K}(y, \tau) + \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{1-y}{y}} \int_0^1 \sqrt{\frac{\tau_1}{1-\tau_1} \frac{K(\tau_1, \tau)}{\tau_1-y}} d\tau_1, \tag{18}$$

$$\tilde{f}_1(y) = \frac{1}{2} \tilde{f}(y) + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1-y}{y}} \int_0^1 \tilde{f}(\tau) \sqrt{\frac{\tau}{1-\tau} \frac{d\tau}{\tau-y}}. \tag{19}$$

Если  $\lambda_0 > \frac{1}{2}$  (см. лемму 4),

то в силу лемм 2, 5 и [9] следует, что уравнение (17) есть уравнение Фредгольма второго рода, безусловная разрешимость которого следует из доказательства единственности решения задачи ТЕ, и его решение представимо в виде

$$\mu(y) = y^{-\frac{1}{4}} \cdot e^{-k \cdot \sqrt{\frac{y}{1-y}}} \cdot \mu_0(y), \tag{20}$$

где  $\mu_0(y) \in C[0; 1]$ . Дифференцируемость функции  $\mu(y)$  при  $0 < y < 1$  проверяется интегрированием по частям в формулах (18) и (19). Учитывая, что  $\mu(y) = v(x)(1+x^2)$ , из (20) находим

$$v(x) = x^{-\frac{1}{2}} \cdot e^{-kx} \cdot v_0(x), v_0(x) \in C[0; +\infty).$$

После нахождения функции  $v(x)$  нетрудно найти функцию  $\tau_+(x)$ , и она определяется формулой (9).

Таким образом, нами доказано следующее утверждение.

**Теорема 2.** Если  $k = |\lambda|$  и функция  $\varphi(y) \in C[0, +\infty)$ ,  $\varphi(y) = e^{-ky} \varphi_0(y)$ , где  $k \geq 0, |\varphi_0(y)| < c_1$ , удовлетворяет условиям леммы 4

$$\text{и } \lambda_0 > \frac{1}{2},$$

то существует единственное решение задачи (2) — (5) в классе  $R_{|\lambda|}(D)$ , и оно определяется в областях  $D_+$  и  $D_-$  соответственно формулами (6) и (8).

#### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Келдыш М.В. О некоторых случаях вырождения уравнений эллиптического типа на границе области. Докл. АН СССР. 1951. Т. 77, № 2. С. 181–183.
2. Кароль И.Л. К теории краевых задач для уравнения смешанного эллиптического — гиперболического типа // Матем. сб. 1956. Т. 38 (80). № 3. С. 261–283.
3. Вагапов В.З. Задача Хольмгрена для одного уравнения эллиптического типа в неограниченной области. Сборник статей X Международной научно-практической конференции «Научные исследования и инновации» (27 июля 2021 г., Саратов). — Саратов: НОО «Цифровая наука». — 2021. — С. 8–12.
4. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. Том 2. Функции Бесселя, функции параболического цилиндра, ортогональные многочлены. М.: Наука. — 1966. — 295 с.
5. Вагапов В.З. Задача Дарбу для одного уравнения гиперболического типа в характеристическом треугольнике. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности» (20 августа 2021 г., Москва). — М: ООО «Ирок» 2015. — 2021. — С. 164–168.
6. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 1232 с.
7. Бицадзе А.В. Некоторые классы уравнений в частных производных. М.: Наука, 1981. — 448 с.
8. Бицадзе А.В. Краевые задачи для эллиптических уравнений второго порядка. М.: наука, 1966. — 202 с.
9. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. Изд. 3-е. — М.: Наука, 1977. — 640 с.

© Вагапов Винер Зуфарович (vagarov\_vz@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СИНТЕЗ УГЛА ТАНГАЖА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ТЕХНОЛОГИИ ВЛОЖЕНИЯ СИСТЕМ

## SYNTHESIS OF THE PITCH ANGLE OF THE AIRCRAFT STABILIZATION SYSTEM USING THE METHOD OF SYSTEMS EMBEDDING TECHNOLOGY

**K. Goncharov  
S. Lukyanov  
D. Kulakov**

*Summary.* The increasing complexity of processes in science, technology and production leads to new approaches to the study of automatic control systems based on matrix methods. Methods of the theory of linear dynamical systems remain one of the most powerful tools of modern control theory in solving problems of analysis and synthesis of control systems of moving objects. Matrix methods for the study of linear systems are promising areas for the development of analysis and synthesis of dynamic objects, including studies of stabilization of aircraft systems.

*Keywords:* synthesis, systems, control, stabilization, embedding, matrices.

**Гончаров Кирилл Николаевич**  
Инженер-конструктор 3 категории  
АО «ВПК «НПО машиностроения»  
K.n.goncharov@vpk.npomash.ru

**Лукьянов Сергей Львович**  
Начальник отдела  
АО «ВПК «НПО машиностроения»  
nio406@vpk.npomash.ru

**Кулаков Дмитрий Николаевич**  
Заместитель начальника отдела  
АО «ВПК «НПО машиностроения»  
nio406@vpk.npomash.ru

**Туманян Оганес Каренович**  
Начальник сектора  
АО «ВПК «НПО машиностроения»  
nio406@vpk.npomash.ru

*Аннотация.* Возрастающая сложность процессов в науке, технике и производстве приводит к новым подходам исследования систем автоматического управления на основе матричных методов. Одним из наиболее мощных инструментов современной теории управления при решении задач анализа и синтеза систем управления движущимися объектами остаются методы теории линейных динамических систем. Матричные методы исследования линейных систем являются перспективными направлениями развития анализа и синтеза динамических объектов, в том числе исследований стабилизации систем летательных аппаратов.

*Ключевые слова:* синтез, системы, управление, стабилизация, вложение, матрицы.

**П**ри проектировании системы стабилизации аэродинамических летательных аппаратов (ЛА) ключевым является учет динамики собственно ЛА, как объекта управления и особенностей динамики привода его исполнительных органов, как основного элемента системы, выполняющего одновременно функции усилителя мощности и исполнительного механизма [1].

Для рассмотрения синтеза систем стабилизации по углу тангажа ЛА (ракеты) рассмотрим метод технологии вложения систем, для дальнейшего рассмотрения сложных многосвязных систем.

Технологией вложения систем названа универсальная совокупность методов и приемов решения задач

теории систем, основанная, прежде всего, на современных достижениях алгебры и сводящаяся к определению условий, при которых сложно организованная (многосвязная, многомерная, матричная, составная) система ведет себя аналогично относительно более простой (односвязной, заданной, хорошо изученной или доступной для глубокого исследования) системе. [2].

Технология вложения, по своему физическому смыслу, оперирует сложноорганизованными многосвязными системами и сопоставляет их с относительно простыми, хорошо изученными, системами, т.е. сложные (многосвязные) системы «вкладываются» в простые системы, в которых интересующие нас задачи разрешимы [3].

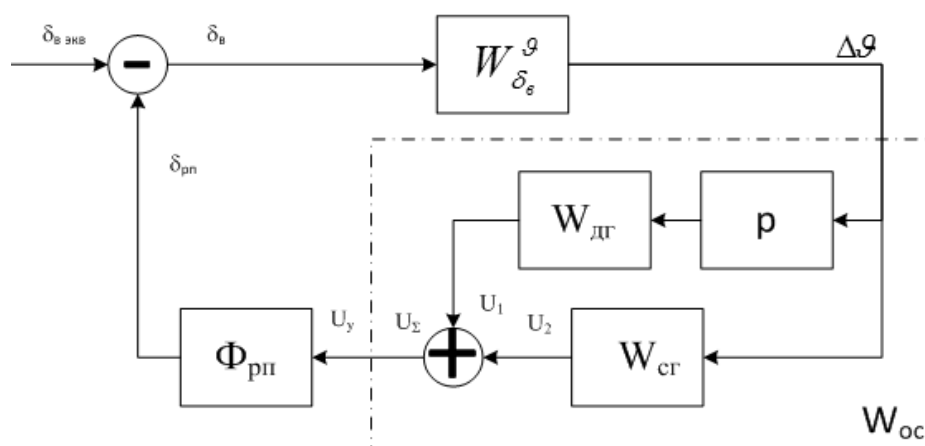


Рис. 1 Функциональная схема ССт

### Этапы технологии вложения систем

Технология вложения систем предполагает последовательное выполнение трех этапов [4].

1. На первом этапе формализуется общая структура исследуемой или синтезируемой системы. Это осуществляется приведением математических моделей всех подсистем и связей между ними к матрице специальной конструкции — проматрице  $\Omega(p)$  решаемой задачи [5]. Проматрица всегда имеет квадратный вид и является обратимой. Если вычислить обратную к проматрице матрицу, то она будет содержать все возможные передаточные функции линейной динамической системы. Проматрица обладает, во-первых, некоторыми обязательными общими свойствами, а во-вторых, характеристическими свойствами, позволяющими с нужной полнотой представлять свойства как системы в целом, так и различных ее подсистем. Поэтому проматрица является единственным объектом исследования, который исчерпывающим образом характеризует все свойства линейной динамической системы.
2. На втором этапе формируется так называемое тождество вложения, которое устанавливает выборочную эквивалентность исследуемой системы и некоторой другой системы  $\omega(p)$ , обладающей известной или желаемой совокупностью свойств [4].
3. На третьем этапе осуществляется переход от тождества вложения к расчетным формулам. По виду матриц  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\omega$  составляются матричные уравнения, решения которых либо не существует (поставленная задача неразрешима), либо требует выполнения тех соотношений (значений коэффициентов матриц), которые являются этим решением [4].

### Описание работы системы управления

Система автоматической стабилизации (ССт) является одной из основных частей системы управления полётом. ССт — это совокупность устройств, расположенных на борту ЛА, поддерживающих требуемое угловое положение или установившееся угловое движение ЛА [6]. Функциональная схема представлена на Рис. 1.

Применение на ЛА ССт позволяет улучшать устойчивость и управляемость ЛА, обеспечивать правильность выдачи команд в каналы управления ЛА при самонаведении и телеуправлении, уменьшении влияния перекрёстных связей между каналами ЛА и повышать точность наведения ЛА на цель. [7, 8]

Угловая стабилизация обычно осуществляется отдельно в каждой из трех плоскостей — тангажа, рысканья и крена [9, 10].

В качестве рулевой машинки будем использовать электрогидравлический силовой привод, для которого возьмем известную передаточную функция, составленную из математической модели усилителя-сумматора, гидроусилителя рулевого привода, исполнительного механизма и силовой проводки. [11]

Получается:

$$W_{PI}(p) = \frac{0,046}{0,00013156 \cdot p^2 + 0,01337 \cdot p + 1}$$

Переведем передаточную функцию рулевого привода в пространство состояний для синтеза угла тангажа летательного аппарата с помощью метода технологии вложения систем (первый шаг) [4]:

Представим отношение  $\frac{\delta(p)}{\sigma(p)}$  в виде:

$$\frac{\delta(p)}{\sigma(p)} = \frac{\delta(p) z(p)}{z(p) \sigma(p)} = W_1(p)W_2(p),$$

$$W_1(p) = \frac{\delta(p)}{z(p)} = \frac{0,046}{1},$$

$$W_2(p) = \frac{z(p)}{\sigma(p)} = \frac{1}{0,00013156 \cdot p^2 + 0,01337 \cdot p + 1}$$

Передаточная функция  $W_1(p)$  соответствует дифференциальному уравнению

$$\delta(t) = 0,046z(t)$$

Передаточная функция  $W_2(p)$  соответствует дифференциальному уравнению

$$\sigma(t) = 0,00013156 \cdot \frac{d^2z}{dt^2} + 0,01337 \cdot \frac{dz}{dt} + z$$

Вводя новые переменные состояния

$$x_1 = z, x_2 = \frac{dz}{dt}$$

И учитывая связь между ними  $\frac{dx_1}{dt} = x_2$

получаем систему

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -\frac{1}{0,00013156}x_1 - \frac{0,01337}{0,00013156}x_2 + \frac{1}{0,00013156}u \\ y = 0,046x_1 \end{cases}$$

Которая записывается в форме модели в пространстве состояний с матрицами:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{0,00013156} & -\frac{0,01337}{0,00013156} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{0,00013156} \end{bmatrix}, C = [0,046 \quad 0], D = 0$$

Упрощенная математическая модель летательного аппарата

В общем случае, для описания движения ЛА в атмосфере используется описание в виде дифференциальных уравнений [12, 13] которые представляют:

1. Величину и направление вектора скорости ЛА — уравнения сил
2. Величину и направление вектора угловой скорости — уравнения моментов
3. Уравнения, связывающие производные углов с проекциями угловой скорости на связанные оси
4. Уравнения, связывающие сферические координаты
5. Уравнение, описывающее изменение массы, и геометрические соотношения

Примем допущения, что ЛА симметричен относительно продольной плоскости, в невозмущенном движении боковые кинематические параметры и отклонения органов управления боковыми движениями являются малыми величинами, производные от продольных параметров также являются малыми, отклонения параметров малы относительно их невозмущенных значений.

Далее рассмотрим модель короткопериодического движения в продольном канале ЛА. Для этого примем изменение скорости близкое к нулю. Также отбросим члены, отвечающие за влияние запаздывание схода потока, считая, что это не оказывает существенного влияния на характер движения ЛА. Тогда при действии возмущающего момента получим следующую модель [14]

$$\begin{cases} \ddot{\theta} + a_{11}\dot{\theta} + a_{12}\alpha = -a_{13}\delta_e + a_{15}M_{z_{eq}}, \\ \dot{\Theta} = a_{42}\alpha, \\ \vartheta = \Theta + \alpha. \end{cases}$$

Система аэродинамических коэффициентов для модели будет иметь вид:

$$a_{11} = \frac{-m_z^{\omega} \cdot q \cdot S \cdot b}{J_z} \cdot \frac{b}{V} = \frac{1,205 \cdot 116437,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{25} \cdot \frac{0,8}{750} = 2,4 \frac{1}{c}$$

$$a_{12} = \frac{-m_z^{\alpha} \cdot q \cdot S \cdot b}{J_z} \cdot \frac{b}{V} = \frac{0,305 \cdot 116437,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{25} = 568,215 \frac{1}{c^2}$$

$$a_{13} = \frac{-m_z^{\delta} \cdot q \cdot S \cdot b}{J_z} \cdot \frac{b}{V} = \frac{0,225 \cdot 116437,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{25} = 419,175 \frac{1}{c^2}$$

$$a_{42} = \frac{C_y^{\alpha} \cdot q \cdot S \cdot P}{m \cdot V} = \frac{1,63 \cdot 116437,5 \cdot 0,5 + 3300}{150 \cdot 750} = 0,873 \frac{1}{c}$$

$$a_{15} = \frac{1}{J_z} = \frac{1}{25} = 0,04 \frac{1}{кг \cdot м^2}$$



Коэффициенты для передаточной функции жесткого ЛА будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{aligned} K &= \frac{a_{13} \cdot a_{42}}{a_{11} \cdot a_{42} + a_{12}} = \frac{419.175 \cdot 0.873}{2.4 \cdot 0.873 + 568.215} = 0.642 \\ T_1 &= \frac{1}{a_{42}} = \frac{1}{0.873} = 1.145, c \\ T &= \frac{1}{\sqrt{a_{12} + a_{11} \cdot a_{42}}} = \frac{1}{\sqrt{568.215 + 2.4 \cdot 0.873}} = 0.042, c \\ \xi &= \frac{a_{11} + a_{42}}{2\sqrt{a_{12} + a_{11} \cdot a_{42}}} = \frac{2.4 + 0.873}{2\sqrt{568.215 + 2.4 \cdot 0.873}} = 0.069 \end{aligned} \right.$$

Таким образом, передаточные функции жесткого ЛА представляется в следующем виде:

$$W_{\delta_a}^{\dot{\delta}}(p) = \frac{0,642(1.145p + 1)}{0,001764p^2 + 0,005796p + 1};$$

Так же, как и для передаточной функции рулевого привода найдем её отображение в пространстве состояний для синтеза угла тангажа летательного аппарата с помощью метода технологии вложения систем (первый шаг) [4]:

Представим отношение  $\frac{\dot{\delta}}{\delta_e}$

$$\text{в виде: } \frac{\dot{\delta}}{\delta_e} = \frac{\dot{\delta}}{z} \frac{z}{\delta_e} = W_1(p)W_2(p),$$

$$W_1(p) = \frac{\dot{\delta}}{z} = \frac{0,73509p + 0,642}{1},$$

$$W_2(p) = \frac{z}{\delta_a} = \frac{1}{0,001764p^2 + 0,005796p + 1}$$

Передаточная функция  $W_1(p)$  соответствует дифференциальному уравнению

$$\dot{\delta}(t) = 0,73509 \frac{dz}{dt} + 0,642z$$

Передаточная функция  $W_2(p)$  соответствует дифференциальному уравнению

$$\delta_e(t) = 0,001764 \cdot \frac{d^2z}{dt^2} + 0,005796 \cdot \frac{dz}{dt} + z$$

Вводя новые переменные состояния

$$x_1 = z, x_2 = \frac{dz}{dt}$$

И учитывая связь между ними  $\frac{dx_1}{dt} = x_2$

получаем систему

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= -\frac{1}{0,001764}x_1 - \frac{0,005796}{0,001764}x_2 + \frac{1}{0,001764}u \\ y &= 0,642x_1 + 0,73509x_2 \end{aligned} \right.$$

Которая записывается в форме модели в пространстве состояний с матрицами:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{0,001764} & -\frac{0,005796}{0,001764} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0,001764 \end{bmatrix}, C = [0,642 \quad 0,73509], D = 0$$

Далее рассмотрим цепь обратной связи структурной схемы системы стабилизации канала тангажа. Запись в пространстве состояний имеет вид:

$$X = \begin{bmatrix} U \\ x_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{0,00013156} & -\frac{0,01337}{0,00013156} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} K_{cz} \\ K_{dz} \\ 0,00013156 \end{bmatrix}, C = [0,046 \quad 0], D = 0$$

На рис. 2 и рис. 3 представлены структурная схема и схема контура демпфирования для системы стабилизации угла тангажа соответственно.

Примем допущение что Кдг нам известен и равен 1,76, и нужно произвести синтез системы стабилизации для Ксг при помощи метода технологии вложения систем (шаг 2 и 3) [4, 5]

Вторым и центральным этапом технологии вложения систем является построение и последующее использование так называемого тождества вложения,

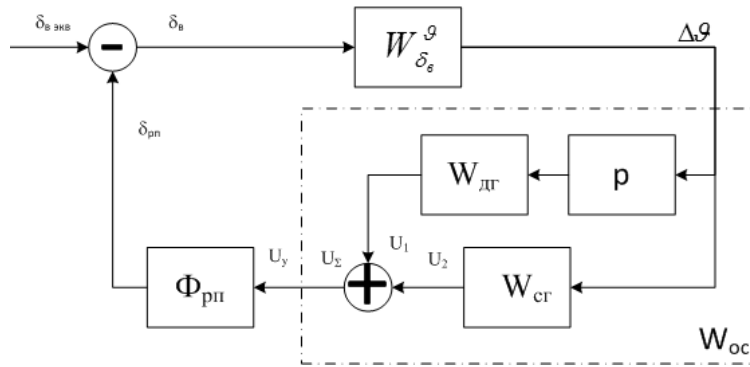


Рис. 2 Структурная схема ССт угла тангажа

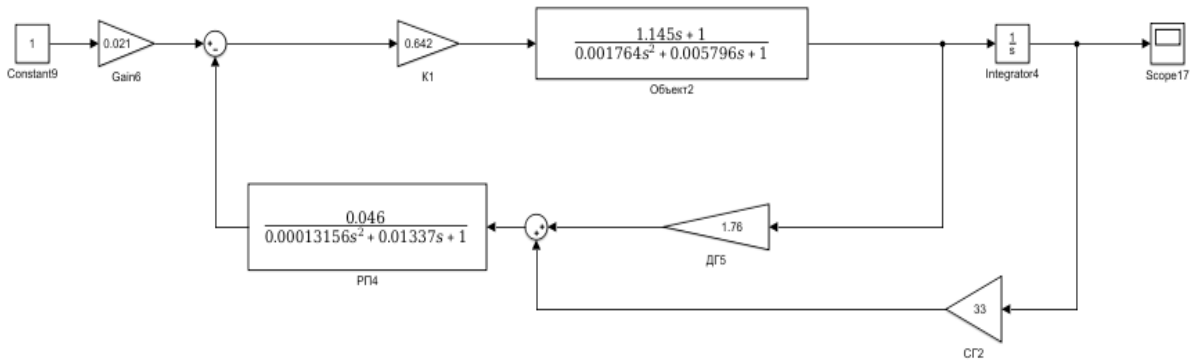


Рис. 3 Схема контура демфирования для ССт угла тангажа

которое формально связывает проматрицу  $\Omega(p)$  исследуемой или синтезируемой системы, две матрицы вложения  $\alpha(p)$  и  $\beta(p)$ , а также образ  $\omega(p)$  этой системы.

Репроматрица  $\Omega^{-1}(p)$  по определению представляет собой конструкцию, содержащую все возможные передаточные функции (скалярные и матричные) системы от начальных условий  $x_0$  всех ее динамических подсистем и воздействий на динамические  $u(p)$  и статические  $y(p)$  подсистемы к выходам всех ее динамических  $x(p)$  и статических  $y(p)$  подсистем [15].

Введем две в общем случае полиномиальные матрицы:

$$\alpha(p) = [\alpha_{ij}(p)]_{(n+m+s) \times k}, \beta(p) = [\beta_{ij}(p)]_{q \times (n+m+s)}$$

у которых число строк первой и число столбцов второй соответствуют размеру репроматрицы. Число столбцов  $k$  матрицы  $\alpha(p)$  и число строк  $q$  матрицы  $\beta(p)$  могут принимать различные значения в зависимости от содержания решаемой задачи.

Композиция матриц  $\beta(p)\Omega^{-1}(p)\alpha(p)$  имеет размер  $q \times k$  и в зависимости от конкретного содержания решаемой задачи используется либо в скалярном ( $q=k=1$ ).

На третьем этапе осуществляется переход от тождества вложения к расчетным формулам [15]. «Вычленение» блочного элемента размера  $g \times s$ , занимающего в репроматрице позицию, начиная с элемента строки  $(l+1)$  и столбца  $(g+1)$ , можно осуществить следующим образом:

$$\begin{bmatrix} 0_{r,e} & I_r & 0_{r,(n+m+s-r-e)} \end{bmatrix} \Omega^{-1}(p) \begin{bmatrix} 0_{g,s} \\ I_s \\ 0_{(n+m+l-g-s) \times s} \end{bmatrix} = \omega_{r,s}(p)$$

Итак, образ  $\omega(p)$  некоторой системы формализует ту часть свойств (характеризаций) прототипа этой системы, которая по замыслу разработчика должна быть непременно перенесена на систему в целом.

Таким образом для нахождения коэффициента  $K_{сг}$  выберем образ  $\omega(p)$ , а именно выхода желаемого сиг-

$$[0,046 \ 0] \begin{bmatrix} \frac{0,00013156p+0,01337}{0,00013156p^2+0,01337p+1} & \frac{0,00013156}{0,00013156p^2+0,01337p+1} \\ 1 & 0,00013156p \\ -\frac{0,00013156p^2+0,01337p+1}{0,00013156p^2+0,01337p+1} & \frac{0,00013156p}{0,00013156p^2+0,01337p+1} \end{bmatrix} \cdot$$

$$\begin{bmatrix} K_{сг} \\ 1,76 \\ 0,00013156 \end{bmatrix} + [0] = F_y^u(p)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{0,00000605176p+0,00061502}{0,00013156p^2+0,01337p+1} & \frac{0,00000605176}{0,00013156p^2+0,01337p+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{сг} \\ 1,76 \\ 0,00013156 \end{bmatrix} = F_y^u(p)$$

$$\frac{0,00013156K_{сг}(0,00000605176p+0,00061502)+0,00001065}{0,00013156(0,00013156p^2+0,01337p+1)} = F$$

Формула 1

$$\begin{aligned} & \frac{0,00013156K_{сг}(0,00000605176p+0,00061502)+0,00001065}{0,00013156(0,00013156p^2+0,01337p+1)} = \\ & = 0,10125 \frac{(0,0019723p+1)}{(0,00013156p^2+0,01337p+1)} \end{aligned}$$

Формула 2

$$X = \begin{bmatrix} \varepsilon \\ \dot{v} \\ U \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{0,001764} & -\frac{0,005796}{0,001764} & 1 \\ 0 & -\frac{1}{0,00013156} & -\frac{0,01337}{0,00013156} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ 33 \\ \frac{1,76}{0,00013156} \end{bmatrix},$$

$$C = [0,642 \ 0,73509 \ 0,046], D = [0]$$

Формула 3

нала с блока Ксг на вход рулевой машинки и с помощью метода определить подходящий коэффициент Ксг.

$$X = \begin{bmatrix} U \\ x_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{0,00013156} & -\frac{0,01337}{0,00013156} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} K_{сг} \\ 1,76 \\ 0,00013156 \end{bmatrix}, C = [0,046 \ 0], D = 0$$

Репроматрица рассчитываем по формуле [4]:

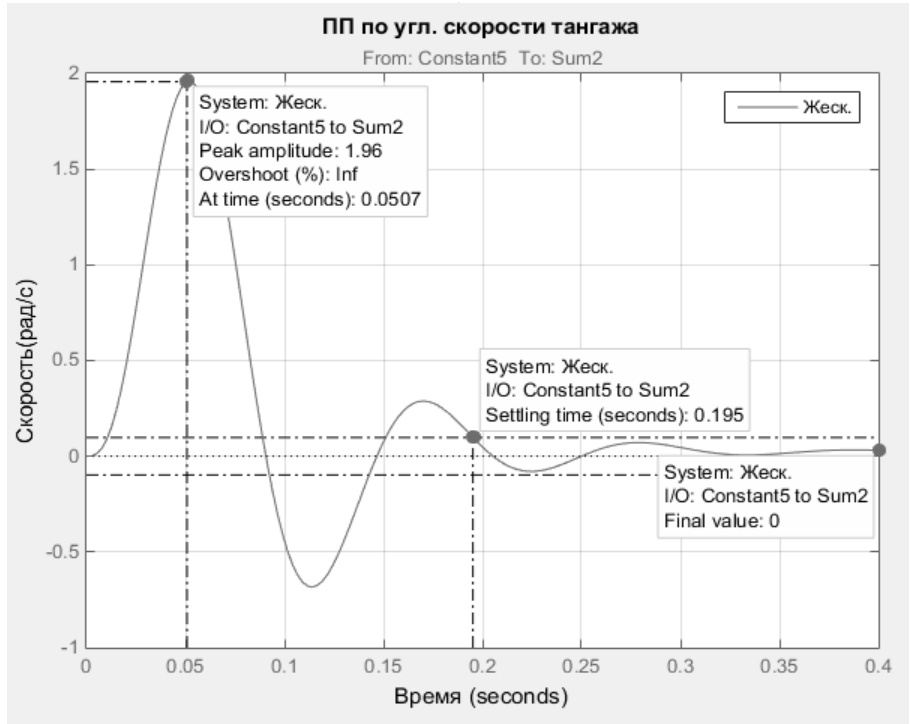


Рис. 4. ПП ССт по угловой скорости тангажа

$$\Omega^{-1}(p) = \begin{bmatrix} (pI_n - A)^{-1} & 0 & (pI_n - A)^{-1}B \\ C(pI_n - A)^{-1} & I_m & C(pI_n - A)^{-1}B + D \\ 0 & 0 & I_s \end{bmatrix}$$

Соответствующий выбор элементов  $\alpha_{ij}(p)$  и  $\beta_{ij}(p)$  матриц вложения позволяет получать различные «конструкции» из передаточных функций системы.

Соответственно матрица элементов рассчитывается из необходимого коэффициента для синтеза системы и нахождения  $K_{сг}$ . Соответственно элементы матриц имеют вид:

$$\alpha_{ij} = [0 \quad I_m \quad 0]; \beta = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_s \end{bmatrix}$$

По формуле «вычленения» блочного элемента получим коэффициент  $K_{сг}$  для желаемого образа  $\omega(p)$

$$[0 \quad I_m \quad 0] \begin{bmatrix} (pI_n - A)^{-1} & 0 & (pI_n - A)^{-1}B \\ C(pI_n - A)^{-1} & I_m & C(pI_n - A)^{-1}B + D \\ 0 & 0 & I_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_s \end{bmatrix} =$$

$$= C(pI_n - A)^{-1}B + D = F_y^u(p) \equiv \omega(p)$$

Отсюда раскроем выражение  $C(pI_n - A)^{-1}B + D = F_y^u(p)$ , подставив в него матрицы для цепи обратной связи в форме пространства состояний и получим: см. формула 1.

Желаемый образ  $\omega(p)$  выбираем из принципов эффективности и времени переходного процесса [16]. Отсюда найдем коэффициент  $K_{сг}$  (формула 2).

Приведя все подобные слагаемые получаем  $K_{сг} = 33$

Теперь проведем анализ всей системы стабилизации для угла тангажа. Для этого запишем систему стабилизации в пространстве состояний с полученным  $K_{сг}$  (формула 3).

**Переходные процессы для ЛА ССт и для выбранного  $K_{сг}$**

- Ошибка по угловой скорости тангажа 0 град/с
- Время переходного процесса 0,195с
- Ошибка по углу тангажа 0.64170

**Вывод**

Технология вложения систем в настоящее время является одним из самых молодых направлений в тео-

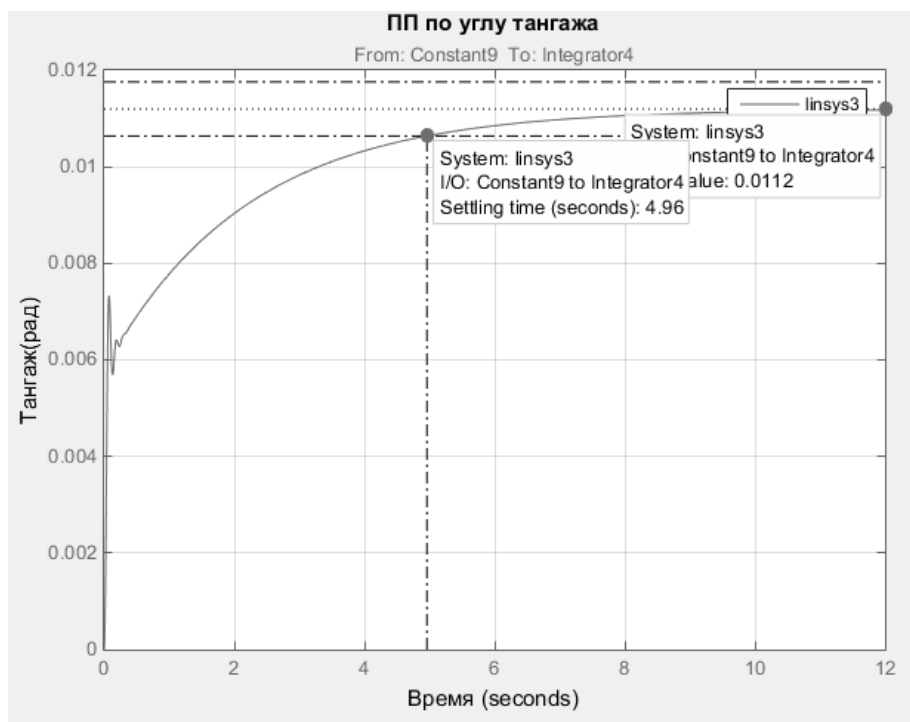


Рис. 5. ПП по углу тангажа

рии систем. Ее аппарат позволяет эффективно решать практически все классические задачи. Отличительной чертой технологии вложения систем, используемой в совокупности с методом канонизации матриц, является возможность найти строгие математические условия разрешимости исследуемых задач анализа и особенно синтеза и возможность определения не просто какого-либо аналитического решения, а всего класса эквивалентных решений задачи. Этой чертой не обладает практически ни один из ранее существовавших методов решения задач анализа и синтеза систем управления.

Произведен синтез угла тангажа при помощи технологии вложения систем. Как видно из графиков полученные результаты можно применить в дальнейших работах уже для связанных систем по трем координатам тангажа, рысканья и крена.

Предлагаемый в данной статье метод синтеза системы стабилизации летательного аппарата (ракеты) ожидаемо улучшит характеристики не только для одного канала, но также и для связанных каналов управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории автоматического управления техническими системами. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993.
2. Буков В.Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем. Калуга.: Издательство Н.Ф. Бочкаревой 2006.
3. Буков В.Н., Рябченко В.Н. Вложение систем. Синтез регуляторов // Автоматика и телемеханика. 2000. № 7. С. 3–14.
4. Асанов А.З. Технология вложения систем и ее приложения. — Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2009.
5. [https://www.researchgate.net/publication/273044148\\_Cto\\_takoe\\_i\\_dla\\_cego\\_tehnologia\\_vlozenia\\_sistem](https://www.researchgate.net/publication/273044148_Cto_takoe_i_dla_cego_tehnologia_vlozenia_sistem) (Дата обращения: 15.09.2022)
6. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования/П.П. Афанасьев, И.С. Голубев, С.Б. Левочкин, В.Н. Новиков, С.Г. Парфесь, М.Д. Пестов, И.К. Туркин. Под ред. И.С. Голубева и И.К. Туркина. -М.: МАИ, 2010. —654 с.
7. Сунгуров А.С., Гарманов С.С. Обзор беспилотных летательных аппаратов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081>.
8. Сунгуров А.С., Гарманов С.С. Обзор беспилотных летательных аппаратов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/05/83081>.
9. Бронников А.М. Методика синтеза адаптивного закона управления системы улучшения устойчивости и управляемости самолета // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 3 (116).

10. Буков В.Н. 1-я Российская мультikonференция по проблемам управления. Мехатроника, автоматизация, управление // ЦНИИ «Электроприбор», С.-Петербург, Россия. 2006.
11. Сыров А.С., Пучков А.М., Рутковский В.Ю., Глумов В.М. Задачи управления движением многорежимных беспилотных летательных аппаратов // Проблемы управления. 2014. № 4.
12. А.А. Лебедев, В.А. Карабанов. Динамика систем управления беспилотными летательными аппаратами. — М.: Машиностроение, 1965.
13. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории автоматического управления техническими системами. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993.
14. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. Теория систем автоматического управления. — М.: Наука, 1966.
15. Гончаров К.Н. Анализ технологии вложения систем как метода исследования систем стабилизации летательного аппарата // Ракетные комплексы и ракетно-космические системы. Проектирование, экспериментальная отработка, летные испытания, эксплуатация: Труды секции 22 имени академика В.Н. Челомея XLV Академических чтений по космонавтике. Вып. 9/ Составитель: к.ф.-м.н. Л.С. Точилев. Под общей ред. Д.т.н., проф. А.Г. Леонова — Реутов, АО «ВПК «НПО машиностроения», 2021. — 492 с.: ил.
16. Сельвесюк Н.И. Численный алгоритм синтеза регуляторов заданной точности по выходу для многосвязных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 12.

---

© Гончаров Кирилл Николаевич ( K.n.goncharov@vpk.npomash.ru ), Лукьянов Сергей Львович ( pio406@vpk.npomash.ru ),  
Кулаков Дмитрий Николаевич ( pio406@vpk.npomash.ru ), Туманян Оганес Каренович ( pio406@vpk.npomash.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА ДИНАМИКИ РАЗМЫВА ОКЕАНОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

**SPECIALIZED SOFTWARE  
AND HARDWARE COMPLEX  
FOR CALCULATING THE DYNAMICS  
OF EROSION OF OCEAN STRUCTURES**

**V. Dushko  
E. Khudyakov**

*Summary.* The structure, the main algorithms for ensuring the functioning of the software and hardware complex for determining the characteristics of soil erosion near the support foundations of ocean-technical installations under the influence of wave and constant currents are considered.

*Keywords:* hardware-software complex, soil dynamics, block, module.

**Душко Вероника Ростиславовна**

К.т.н

Севастопольский государственный университет

VRDushko@sevsu.ru

**Худяков Егор Сергеевич**

Лаборант-исследователь

Севастопольский государственный университет

ESHudyakov@sevsu.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрены структура, основные алгоритмы обеспечения функционирования программно-аппаратного комплекса для определения характеристик эрозии грунтов вблизи опорных фундаментов океанотехнических сооружений под воздействием волн и постоянных течений.

*Ключевые слова:* программно-аппаратный комплекс, динамика грунта, блок, модуль.

**В**заимодействие волны и стационарных течений с различными препятствиями на морском дне рассматривается во многих публикациях. В большинстве этих работ рассматриваются дизайн простой формы, а расчеты выполнены в двумерной постановке.

Первые гидродинамические нагрузки на неподвижной цилиндрической колонне изучены Морисоном, из которых нагрузки модели волны  $f_T$  на единицу длины колонны определяется соотношением (1):

$$f_T = 0,5\rho C_{ck} V_x |V_x| + 0,25\rho\pi D_{кол}^2 C_a \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $D_{кол}$  — диаметр колонны, м;  $C_{ck}$ ,  $C_i$  — коэффициенты сопротивления и инерционный компонент нагрузки волны. Значения этих коэффициентов зависят от безразмерных чисел Кьюлегана-Карпентера ( $K = VT_w/D_{кол}$ ). Вот  $V$  — амплитуда скорости потока волны, м/с,  $T_w$  — период волны, м,  $D_{кол}$  — диаметр колонны, м),  $V_x$ ,  $a_x$  — соответственно горизонтальная скорость потока волны и ускорение волны, м/с м<sup>2</sup>/с [].

Количество экспериментальных данных, устанавливающих зависимость коэффициентов модели безразмерных чисел Кьюлегана-Карпентера, очень ограничено и, следовательно, на практике, для простоты

коэффициенты принимают как постоянную расчетом. В работе [3] приведены соотношения для расчета значений коэффициентов сопротивления, а также их размеров в соответствии с рекомендациями различных распорядительных документов. Таким образом, для элементов опорной базы ПБУ значение коэффициента скоростного сопротивления располагается в диапазоне 0,5...0,75, для призм с прямоугольным сечением-1,0...2,0. По результатам модельных испытаний, приведенным в [4], коэффициент сопротивления для прямоугольных элементов находится в диапазоне 1,1...1,44. Таким образом, существует значительная неопределенность в значениях этих коэффициентов сопротивления, которые определяются в основном в лабораторных условиях на упрощенных моделях конструктивных элементов. В этом случае условия подобия для чисел Рейнольдса, Фруда и других не выполняются. Кроме того, в лабораторных условиях, обычно, не удается учесть такие важные факторы влияния реальных течений на МБУ, как сложные формы трехмерных структур, из которых состоят платформы; различные направления волнового потока; влияние зазоров между конструктивными элементами; влияние морского дна. Также имеющиеся справочные данные по аэрогидродинамике слабо обтекаемых конструкций дают сложные корреляции коэффициентов сопротивления при учете всех этих факторов [4]

Соответственно, оценки, предоставляемые внешними силами, будут неточными и неполными, ведь они не принимают во внимание необходимые факторы:

1. Изменение значений в поле естественной волновых течений, в их взаимодействии со структурой платформы;
2. Комплекс (в общем случае нелинейный) связи между гидродинамическими силами волн и их характеристик, их направления распространения, структурные особенности.

Все это вызывает значительную неопределенность и часто неточные расчеты гидродинамических нагрузок и кренящих моментов, действующих на платформе.

В наше время известно большое количество работ, посвященных теоретическим и численным исследованиям структуры вязкой жидкости при обтекании различных препятствий. Однако, эту проблему нельзя отнести к числу решенных, поскольку в режиме турбу-

лентного потока ( $Re \gg 10^3$ ) Решение основных гидродинамических уравнений становится нестабильным даже при относительно небольшой вычислительной сетки и небольшого временного шага.

Решение зависящих от времени задач, связанных с взаимодействием различных потоков с обтекаемыми объектами путем усреднения уравнений Навье-Стокса по Рейнольдсу, в которых эффекты турбулентного потока считаются крупномасштабными параметрами или зависящими от времени эффектами. Таким образом, существует хорошо известная проблема параметризация тензора напряжения подсети. В простейшем случае при использовании гипотезы Буссинеска, согласно которой тензор градиента выражается в терминах усредненных компонент скорости потока и значении константы — коэффициент турбулентной вязкости  $\mu_t$ .

Это позволяет формально заменить кинематическую константу вязкости  $\mu_t$ , которая по существу неоднозначным и, как правило, выбирает из условий для получения стабильного решения с заданными граничными условиями и временным шагом вычислительной сетки.

Одной из современных программ для расчета гидродинамической нагрузки является пакет COSMOSFloWorks. Прежде всего, COSMOSFloWork является удобным инструментом в руках инженера для оценки аэродинамических процессов. Система полностью интегрирована в платформу SolidWork параметрического проектирования, тем самым создавая трехмерную модель 1: 1, а не пересчитать воздействие сил с учетом масштаба.

С точки зрения технологии COSMOSFloWork имеет основные технические аспекты, основой которых является использование прямоугольной сетки, которая произвольно пересекает поверхность модели, созданной в системе графического проектирования. Такой подход дает преимущество технологии EFD (Engineering Fluid Dynamics) (многогранность, достоверность, простота использования).

При решении инженерных задач с помощью COSMOSFloWorks необходимы следующие шаги:

1. Создание 3D модели необходимого вам сооружения. Трехмерная модель может быть создана на основе SolidWorks или импортированные в одном из поддерживаемых форматов файлов;
2. Создание проекта. При создании трехмерной модели проекта импортируется в вычислительное COSMOSFloWorks доменов, единицы измерения системы для дальнейших расчетов.
3. Установка граничных и начальных условий, с учетом плотности рабочей среды, начальная скорость потока, под действием силы тяжести и другие определяющие параметры.
4. Регулирование расчетной сетки. Рассчитывается сетка автоматически генерируется с небольшой тонкой настройкой в области дизайна трещины, для более правильного описания потоков, происходящих в областях вблизи стенки. Шаг расчетной сетки также может быть установлен вручную.
5. Настройка размеров расчетной области. Расчетная область представляет форму параллелепипеда, длину, ширину и регулируемую высоту.
6. Управление этапом расчета. Расчет выполняется автоматически до приобретения сходимости.
7. Просмотр результатов. Результаты могут быть отображены в табличном формате для диаграмм Excel.

Трехмерное обтекание конструкции глубоководной платформы в среде Cosmosfloworks

Необходимым условием для работы с программой COSMOSFloWorks является создание математической модели, на основе которой будут все дальнейшие расчеты. Математическая модель, системы дифференциальных и / или интегральных уравнений, не имеет аналитического решения, они приводятся к дискретному виду и вычисляются в расчетной сетке. Чтобы определить подборку пространства, расчетная сетка порывает всю область вычислений, лица клеток, параллельны координатным плоскостям, в SolidWorks используется для вычисления декартовой модели. В COSMOSFloWorks используется метод конечных объемов, в центре ячеек вычисляется значение независимых переменных,



соответственно, в вычислительных узлах сетки, расчеты не производятся, описание вычислительной сетки COSMOSFloWorks, проходит в ее ячейках, а не в узлах, как в методах конечных разностей.

В итоге, расчетные ячейки сетки имеют форму параллелепипедов. Для решения внешних проблем, когда вокруг твердого тела течет жидкость, рассчитанная площадь будет автоматически построена в виде параллелепипеда, грани параллельны, декартовы ячейки, рассчитаны для координатных плоскостей, в SolidWorks, координаты модели расположены на некотором расстоянии от твердой конструкции.

Для создания вычислительной сетки начнем с построения основания сетки — она получается путем разделения пространства слоистых плоскостей. Декартовая координатная модель использует параллельные координатные плоскости. Число плоскостей, образующих базовую сетку, т.е. число ячеек данной сетки вдоль каждой из осей координат устанавливается на основе заданных точек, и меняется в процессе вычисления схемы вручную.

Поскольку грани вычислительных ячеек не аппроксимируют контакт с поверхностью жидкости, твердых тел, к расчетной сетке разрешения относительно небольших геометрических характеристик этих поверхностей (участки с большой криволинейностью, выступы, впадины, отверстие, поверхность, тонкие тела, окружены жидкостью, и т.п.) использовал процедуру дробления соответствующей локальной ячейки сетки вокруг тех участков поверхностей перед расчетом. На границе раздела с жидкостью, каждая ячейка базовой сетки, поделена на 8 одинаковых, геометрически похожих, меньших по размеру ячеек (они называются дочерние COSMOSWorks). При получении неудовлетворительного результата дробления, эти 8 ячеек, являются частичными, и таким же образом делятся на 8 еще более мелких ячеек, и т.д., до получения нужного критерия дробления, но не более чем до достижения размера, в 27 раз меньшего базовой ячейки.

В COSMOSFloWorks движение жидкости определяется с помощью уравнений Навье — Стокса, описывающих закон сохранения массы, импульса и энергии среды. Помимо этого, используется уравнение состояния жидкости компонентов, эмпирическую зависимость вязкости, а также теплопроводность этих компонентов от температуры окружающей среды. Эти уравнения моделируют переходный, ламинарный и турбулентный поток, который определяется критическими числами Рейнольдса. Уравнение Навье — Стокса усредняются по Рейнольдсу, для определения турбулентных потоков, т.е. За малый промежуток времени используется

среднее значения, от значений потока зависит масштаб турбулентности, а также более крупные временные изменения. Динамические условия потока (давление, скорость, температура) работают после введения производных по времени. В итоге уравнение имеет дополнительный член — б напряжение по Рейнольдсу. Для замыкания этой системы уравнений в COSMOSFloWorks используется уравнение переноса кинетической энергии, турбулентности и ее диссипации в пределах к-ε модели турбулентности.

В нестационарных пространственных декартовых координатах используется система уравнений сохранения массы, импульса и потока энергии (XI, I = 1,2,3) которая принимает следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho \cdot u_k) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho \cdot u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho \cdot u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} = S_i \quad (3)$$

$$\frac{\partial (\rho \cdot E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((\rho \cdot E + P)u_k + q_k - \tau_{ik}u_i) = S_k u_k + Q_H \quad (4)$$

где  $t$  — время,  $u$  — скорость жидкости,  $\rho$  — плотность,  $P$  — давление,  $S_i$  — внешние массовые силы, действующие на единицу массы жидкости:  $S_{iporous}$  — действие сопротивления пористого тела,  $S_{igravity}$  — действие силы тяжести,  $S_{irotation}$  — операция поворота системы координат, т.  $S_i = S_{iporous} + S_{igravity} + S_{irotation}$ ;  $E$  — полная энергия на единицу массы жидкости,  $Q_H$  — тепло, генерируемое источником тепла в единице объема жидкости,  $\tau_{ик}$  — тензор напряжения сдвига,  $q_i$  — диффузионные индексы теплового потока, означающие суммирование трех координат.

Кинетическая энергия турбулентности  $k$  и диссипации энергии на единицу объема  $\epsilon$  определяются путем решения следующих уравнений:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k k) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \left( \mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) + S_k,$$

$$\frac{\partial \rho \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \left( \mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_k} \right) + S_\epsilon, \quad (5)$$

Где:

$$S_k = \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \rho \epsilon + \mu_l P_B,$$

$$S_\epsilon = C_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} \left( f_1 \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \mu_l C_B P_B \right) - C_{\epsilon 2} f_2 \frac{\rho \epsilon^2}{k}, \quad (6)$$

$$\tau_{ij}^R = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij}; P_B = - \frac{g_i}{\sigma_B} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_i},$$

$g_i$  — составляющая гравитационного ускорения в направлении координат  $x_i$ ,

$\sigma_B = 0,9, CB = 1$  при  $PB > 0$  и  $CB = 0$  при  $PB \leq 0$

$$f_1 = 1 + \left( \frac{0,05}{f_\mu} \right), f_1 = 1 - \exp(-R_T^2), C_{\text{содин}} = 1,44,$$

$C_{\varepsilon 2} = 1,92, \sigma_\varepsilon = 1,3, \sigma_K = 1.$

Ламинарные возмущения в слоевом течении на поверхности твердых тел и переходе от ламинарного к хаотическому пограничному слою, и наоборот, в хаотическом, ламинарный, смоделированный с высокой точностью, при использовании модифицированной универсальных функций стенки.

Решение уравнений (2–4) выполняется для заданных граничных условий. Общая схема дизайна решения краевой задачи показана на рисунке 1. Оси образуют декартову систему, в которой ось  $ox$  направлен вдоль диаметральной плоскости платформы, ось  $oy$  — в поперечном направлении к этой плоскости, ось  $oz$  — вертикально вверх от поверхности моря.

**Граничные условия**

1. Профиль скорости потока установившегося  $u_s(z)$  определяется в соответствии с моделью пограничного слоя Прандтля  $u_s(z)$ :

в  $z \geq \Delta$  а также  $u_s(z) = U_s [ (H - z) / \Delta ]^{1/7}$ ; в  $-H \leq z \leq -H + \Delta$  где  $\Delta$  — толщина пограничного слоя дна равна:

$$\Delta = [0.045 \frac{U_p}{f} (\frac{\nu_m}{U_p})^{0.25}]^{0.8}, \tag{4.7}$$

где  $f$  — параметр Кориолиса;  $\nu_m = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  — молекулярная вязкость.

2. От внешнего (вход) Flow  $L_{y1}$  дали профиль с током волн скорость потенциал равен

$$F(x, y, z, t) = \frac{\omega a c h [k(H + z)]}{k s h(kH)} \cos(\omega t - kx \cos \alpha - ky \sin \alpha) \tag{4.8}$$

где  $\omega = 2\pi / T$  — круговая частота волны колебаний рад/с;  $T$  — период волновых колебаний, с;  $k = 2\pi / \lambda$  — волновое число, рад/м;  $H$  — глубина моря, м;  $a$  — амплитуда волны, м;  $\alpha$  — угол между продольной осью платформы  $ox$  и направление распространения волн.

На поверхности моря определяются линеаризованным динамическим состоянием:

$$\omega^2 w + g \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{4.9}$$

где  $w$  — вертикальная скорость волны, м/с;  $\omega = 2\pi / T$  — круговая частота волны колебаний рад/с;  $g$  — ускорение силы тяжести в м/с<sup>2</sup>.

3. Находится геометрия сооружения и связанная с ней система декартовых координат.

4. Из исходящего потока задается условие Зоммерфельда или состояний непризнанных возмущений типа

$$\frac{\partial u}{\partial t} + C \frac{\partial u}{\partial x} = 0,$$

где  $C$  — средняя скорость распространения возмущений (скорости потока, фазовая скорость поверхностной волны).

Для решения этой проблемы также должны быть начальные условия. В этом случае, в начальный момент времени задается равномерный поток при постоянной скорости потока профиля волны, а также принимая во внимание турбулентный поток, интенсивность турбулентности определяется  $I_t$  и смешанный путь  $l_p$ . Эти параметры могут быть установлены «По умолчанию», затем автоматическая регулировка процесса решения задачи. В некоторых случаях они могут быть вычислены в результате пограничного слоя уравнения решения для конкретных габаритов обтекаемой конструкции.

Числовое решение задачи определяется методом конечного объема, в котором среднее значение объемов клеток и значения отнесенные к его центру определяются как цифровое решение.

Вертикальные цилиндрические опоры широко применяются при разработке шельфа, а также для исследования динамики организации дна под действием направления морских волн и течений в контролируемых лабораторных условиях. В работе представлены результаты численного трехмерного гидродинамического расчета поля скорости при обтекании вертикальной опоры (в форме кругового цилиндра) океанической установки *постоянным течением*, а также определены характеристик эрозии грунта вблизи опоры. Расчетная схема обтекания цилиндра представлена на рисунке 2.

Для решения трехмерной нестационарной задачи задаются размеры расчетной области по осям  $ox, oy, oz$ , которые в 10...15 раз превышают размеры обтекаемого цилиндра.

Граничные условия определяются по следующим пунктам:

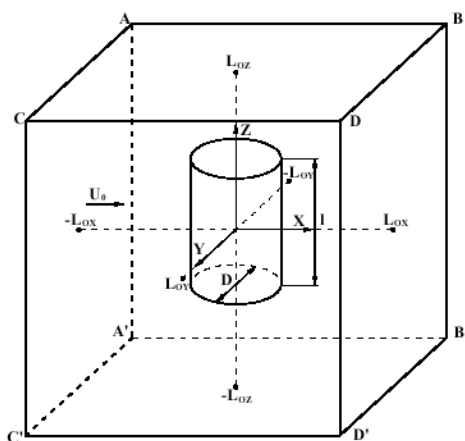


Рис. 2. Расчетная схема обтекания вертикального цилиндра

1. Определяется геометрия обтекаемого цилиндра — его координаты в системе. Условия прилипания задаются на твердой поверхности объекта.
2. На граничных плоскостях  $AA'CC'$ ,  $ABCD$  и  $A'D'C'B'$  задается непрерывная скорость течения  $ul = U_0$  (вдоль оси  $ox$ ).
3. На границе утекающего потока (плоскость  $BB'DD'$ ) задается радиационное условие Зоммерфельда для нормальных составляющих скорости.

## Выводы

Этот программный комплекс проявляет свою эффективность в предсказании эрозии почв при соответствующих гидродинамических условиях. Были

приведены параметры материалов и особенности обтекаемых объектов для избежания несчастных случаев связанными с океанотехническими сооружениями или уклонами. Также предложены принятия различных мер безопасности на суше.

Результат исследования говорит, что максимальное количество эрозии почвы при постоянном течении может достигать 1.5 метра. Так как потоки течений не идентичны, а переменчивы система учитывает такие отклонения путем приобретения текущих данных затрат из производственных зон целесообразных измерений, включая данные наземного зондирования земли. Перспективами дальнейших исследований является использование программно-аппаратного комплекса для расчета свойств устойчивости океанических структур на мелководье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кушнир, В.М. влияние морской среды на системы освоения шельфа: монография / В. М. Кушнир, В. Р. Душко. FROM.IN Федоров. — Севастополь: СевНТУ, 2009—303.
2. Рулунд А. численное и экспериментальное исследование течения и размыва вокруг круглой сваи / А. Рулунд, Б. М. Лето, Дж. Фредсо, Дж. Михельсен // флюидная механика. — 2005. — т. 534. — Р. 351—401.
3. Морские прогнозы / W.ТО Абузяров [и др.]. —Л.: Гидрометеиздат 1988. — 319 С.
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Алямовский. Н. Н. Собачкин Е. Б. Одинцов. Н. И. Харитонович, Х. Б. Пономарев. — СПб.: БХВ — Петербург 2005. — 800 С.

© Душко Вероника Ростиславовна (VRDushko@sevsu.ru), Худяков Егор Сергеевич (ESHudyakov@sevsu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В СФЕРЕ ПСИХОЛОГИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

## USING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK IN THE FIELD OF CONSUMPTION PSYCHOLOGY

**A. Kochnev**

*Summary.* The article is devoted to the actual problem of using neural networks to predict consumer behavior and verify marketing strategies based on the psychology of consumption. The article is of a review nature. The purpose of the study is to systematize the available scientific results in the field of consumer behavior studied using convolutional neural network technology. The research methodology is based on a systematic approach and includes the methods of the general scientific group (analysis, synthesis, induction, deduction), as well as a number of special methods: content analysis of scientific literature on the research topic, the method of scientific systematization and theoretical generalization. The author of the study came to the following conclusions: traditional quantitative tools, such as logistic regression, used to model consumer behavior do not allow to take into account the maximum number of psychological strategies of consumer behavior. At the same time, connectionist models, such as continuous learning neural networks, allow for more natural modeling of consumer behavior.

*Keywords:* social psychology, consumer psychology, convolutional neural network, marketing, modeling.

**Кочнев Александр Александрович**

Старший бэкэнд разработчик

Your Next Agency

[drdispool@gmail.com](mailto:drdispool@gmail.com)

*Аннотация.* Статья посвящена актуальной проблеме использования нейронных сетей для предсказания поведения потребителей и верификации маркетинговых стратегий, сформированных на основе психологии потребления. Статья носит обзорный характер. Цель исследования заключается в систематизации имеющихся научных результатов в области поведения потребителей, изучаемого с помощью технологии сверточной нейронной сети. Методология исследования основана на системном подходе и включает в себя методы общенаучной группы (анализ, синтез, индукция, дедукция), а также ряд специальных методов: контент-анализ научной литературы по теме исследования, метод научной систематизации и теоретического обобщения. Автор исследования пришел к следующим выводам: традиционные количественные инструменты, такие как логистическая регрессия, используемые для моделирования поведения потребителей, не позволяют учесть максимальное количество психологических стратегий поведения потребителей. В то же время, коннекционистские модели, такие как нейронные сети, работающие в режиме постоянного обучения, позволяют более естественно моделировать поведение потребителей.

*Ключевые слова:* социальная психология, психология потребления, сверточная нейронная сеть, маркетинг, моделирование.

## Введение

**А**ктуальность темы исследования обусловлена тем, что проблема прогнозирования поведения потребителей является одной из самых значительных дискуссий в академическом маркетинге. В условиях стремительной цифровизации экономики эффективность маркетинга зависит от тщательного мониторинга последовательного потребления. При этом традиционные количественные инструменты, такие как логистическая регрессия, используются в основном для моделирования отдельных аспектов поведения потребителей, например, лояльности, последовательности, предпочтений и т.п. Тем не менее, «реальные потребители — это адаптивные, принимающие самостоятельные решения люди, и предсказать их поведение на основе психологических схем могут только такие модели, как нейронные сети, способные к обучению, то есть максимально приближенные к че-

ловеческому мышлению» [9, с. 14]. Кроме того, модель логистической регрессии уже заложена в широко используемой нейронной сети с прямой связью, что дает возможность оценить потенциал таких сетей в сфере мониторинга и предсказания поведения потребителей.

Идея моделирования поведения потребителя на основе мониторинга его психологического профиля была предложена еще в 1990 году и получила свое воплощение в «Поведенческой перспективной модели» (BPM) А. Фоксолла [9, 14]. Данная модель опиралась на экспериментальный анализ поведения (EAB). Однако, в этой модели не удалось учесть внутренние причины когнитивных процессов, таким как отношения и намерения, которые являются предшественниками поведения.

С появлением сверточных нейронных сетей (CNN) в исследованиях, относящихся к сфере социальной психологии, все чаще отмечается потенциал данной

технологии для прогнозирования поведения потребителей с учетом индивидуальных психологических стратегий. Сверточная нейронная сеть является наиболее приближенной к человеческому формату моделью анализа данных. Сеть распознает визуальные образы (тексты, картинки, видео) почти так же, как и человеческий глаз и мозг распознают бренды продуктов и услуг.

Историография исследуемой темы довольно обширна. В частности, теоретико-методологические аспекты потенциала сверточной нейронной сети в сфере распознавания и классификации визуальных образов освещены в работах таких авторов, как Р.Л. Астапов, Р.С. Дубатов [1], А.И. Бредихин [2], А.Г. Дели [3], Г.А. Доррер, М.С. Корюкин [4], А.Ю. Краснова [5], А.В. Овруцкий [6], О.С. Посыпанова [7], Е.А. Привалова [8].

Результаты эмпирических исследований, посвященных возможностям психологического подхода и использованию сверточной нейронной сети для мониторинга поведения потребителей, представлены в работах таких авторов, как Де Цезари, С. Кавиччи, Г. Кристадоро, М. Липпи [9], М.Н. Грин, П.Х. Морган, Г.Р. Фоксалл [10], Джунсо Ку, Нинг Гао, Ши Хаонан, Чанг Су [11], Кунгванг Квин, Русен Хуанг, Кеум-Шик Хонг [12].

Тем не менее, несмотря на обширную историографию, необходима дальнейшая разработка темы с целью систематизации научных результатов в сфере изучения поведения потребителей.

Возможности использования сверточной нейронной сети (CNN) в сфере прогнозирования поведения потребителей

В сфере глубокого обучения сверточная нейронная сеть (Convolutional neural network, CNN) является разновидностью искусственных нейронных сетей (ANN), используемых для анализа визуальных образов [10, с. 394].

До появления технологий машинного обучения прогнозирование поведения потребителей строилось на основании фундаментальных теорий когнитивизма, которые предполагают, что потребители являются рациональными, принимающими решения и достигающими определенные цели субъектами рынка [11, с. 4]. Несмотря на то, что эти модели, в значительной степени полученные из когнитивной психологии, занимают ведущие позиции в области исследований потребительского поведения, в последнее время они подвергаются широкой критике «из-за недостаточного эмпирического соответствия, высокого уровня абстракции и неспособности точно описать и предсказать фактическое поведение потребителей» [12, с. 17].

Недостаток традиционного когнитивистского подхода также заключается в том, что он не позволяет учесть реальные рыночные условия, в которых многие категории продуктов включают в себя ряд брендов, практически неразличимых с близкими по визуальной атрибутике заменителями. Такое сходство оказывает влияние на выбор потребителя. Утрата потребительской лояльности бренду может происходить потому, что потребители часто заменяют один бренд другим и очень похожим в своей последовательности покупок. Было также высказано предположение, что когнитивные модели обработки информации не могут адекватно предсказать такое поведение [11, с. 6].

Для объяснения тех аспектов наблюдаемого потребительского поведения, которые когнитивные модели не всегда способны предсказать, были предложены более простые модели, основанные на бихевиористском подходе [9, с.16]. Однако и эти модели оказались несовершенными, поскольку были основаны на определенных, уже известных стратегиях потребительского поведения.

Сверточная нейронная сеть позволяет преодолеть недостатки обоих подходов — когнитивистского и бихевиористского, а также дает возможность постоянного пополнения базы данных о поведенческих стратегиях потребителей с учетом их вариативности. Исследованию визуальной категоризации способствовало внедрение глубоких сверточных нейронных сетей (CNN), которые достигают беспрецедентной точности в классификации изображений после обширного обучения. Осмысление мира и принятие соответствующих решений имеет важное значение для адаптивного поведения и выживания. Что касается зрения, это означает осмысление света и тени, которые проецируются на сетчатку. Несмотря на подавляющее визуальное разнообразие (угол зрения, освещение и т.д.), в большинстве случаев люди могут воспринимать и понимать внешний мир. Кроме того, зрение приобретает на ранней стадии филогенетического развития, а визуальное понимание приобретает на ранней стадии развития человека.

Процесс достижения визуального понимания, является объектом изучения в различных дисциплинах, таких как социальная психология, визуальная нейронаука и информатика. В последнее время эти дисциплины демонстрируют интерес к искусственному моделированию зрения, а именно к глубоким сверточным нейронным сетям (CNN), которые конкурируют с людьми в сфере способности классифицировать визуальные образы [11, с.7].

Более того, сверточная нейронная сеть, анализируя множество текстов и визуальных образов, видео

и прочего контента, который потребляет клиент той или иной компании, того или иного сегмента рынка товаров или услуг, позволяет прогнозировать поведение индивидуума в сфере потребления.

В качестве основы для такого анализа сверточной нейронной сетью используется так называемый «цифровой след», который потребитель оставляет при покупках онлайн и офлайн (история просмотров и запросов о товарах, публикации в социальных сетях и т.п.). В случае умеренной приверженности бренду потребительский опыт определяет включение продукта в потребительский рацион, и только после испытательного периода данный продукт может впоследствии рассматриваться для повторной покупки. На основе образов и текстов, просматриваемых потребителем, нейронная сеть регистрирует повторную покупку как результат пробной покупки, учитывая уровень осведомленности покупателя о бренде. В итоге получается цепь событий: осведомленность, проба и повторная покупка. Таким образом, осведомленность сама по себе может привести только к пробе, тогда как фактическое потребление может привести к тому, что продукт будет признан потребителем в качестве последующей повторной покупки.

Зарубежные эмпирические исследования с применением сверточной нейронной сети, показывают, что потребители не проявляют большой склонности к обработке информации и выполняют очень поверхностную рациональную оценку брендов на основе их визуальных атрибутов [9, с. 17].

Кроме того, как показали исследования, проведенные с помощью сверточной нейронной сети, увеличение объема имеющейся у потребителя информации ведет к повышению удовлетворенности, но в то же время — к снижению рациональности при принятии решения о покупке [9, с. 17].

Как показали зарубежные эмпирические исследования, уровни утилитарного и информационного подкрепления поведения потребителя могут быть полезны для классификации брендов по отдельным категориям при анализе репертуара потребительских брендов с помощью сверточной нейронной сети. С помощью этой технологии можно определить набор предпочтительных брендов [12, с.14]. Для изучения взаимосвязи между репертуаром брендов и уровнями подкрепления одни и те же данные могут быть использованы для разработки утилитарных и информационных рейтингов для каждого бренда [12, с.14]. С использованием такой классификации можно анализировать модель потребительских покупок и прогнозировать потребительское поведение. Результаты эмпирических исследова-

ний показывают, что большинство потребителей (более 70%) покупают бренды в пределах одного информационного уровня осведомленности и одного и того же утилитарного уровня рациональной выгоды. При этом предполагается, что ассортимент потребительских брендов связан с уровнем преимуществ, которые способен предоставить бренд [10, с. 395].

Представленные в научной литературе данные свидетельствуют о том, что потребители, как правило, резко ограничивают свой поиск информации, и во многих случаях покупкам может вообще не предшествовать какая-либо последовательность принятия решений [9, с. 17]. Даже в ситуации повторных покупок потребитель может не продемонстрировать высокой лояльности бренду. В результате сверточная нейронная сеть позволяет выявить слабо вовлеченных и незаинтересованных потребителей [9, с.17].

В отличие от когнитивных и других традиционных психологических моделей, которые пытаются объяснить поведение через некоторые внутренние процессы, прогноз поведения потребителей, созданный с помощью сверточной нейронной сети, позволяет объяснить наблюдаемое поведение с помощью условных визуально-текстовых стимулов, следуя процессу, где частота отклика контролируется предшествующими сигналами и последующими стимулами [10, с. 395].

В эмпирических исследованиях также особо подчеркивается важность ситуационных переменных в определении потребительского поведения, а также значимость фоновых событий, которые его сопровождают.

Обширные зарубежные исследования продемонстрировали, что эта концептуальная основа является точной в широком спектре ситуаций для прогнозирования поведения потребителей [10, с. 396]. В психологии потребления поведенческая установка формируется не только из физической, но и из социальной среды, которая обеспечивает сигнальные стимулы для события потребительского выбора. Такие психологические «настройки» (стратегии) предполагают различную степень предлагаемых реакций потребителей и уровни контроля над поведением. Сверточная нейронная сеть способна не только учитывать их в процессе анализа поведения потребителя, но и на основе уже имеющегося опыта (обучения) выстраивать прогноз с учетом возможных вероятных отклонений. Изучение потребительской истории, ее «цифрового следа» также способствует прогнозированию потребительской ситуации, поскольку сверточная нейронная сеть дает возможность интерпретировать стимулы, доступные в условиях потребительского поведения. Основываясь на предыдущем

опыте с аналогичными настройками поведения, потребители могут предсказать возможные последовательные результаты поведения в текущих условиях.

### Заключение

Таким образом, исследования, основанные на применении сверточной нейронной сети, показали, что вероятность покупки зависит от последовательной цепи результатов, сигнализируемых стратегиями потребительского поведения. В связи с этим атрибуты продукта и услуги могут быть поняты как усиливающие и аверсивные факторы, и поставщики (включая производителей и дистрибьюторов) стремятся изменить

эти факторы, чтобы сделать свой продукт или услугу более привлекательными для потребителей. Несмотря на то, что вычислительные модели, основанные на использовании нейронной сети, были разработаны много десятилетий назад, технологические и компьютерные достижения способствуют растущему интересу исследователей к применению нейро-сетевого анализа для изучения ряда разнообразных направлений в социальной психологии. Первоначально разработанные для репрезентативных целей в сфере моделирования функциональности человеческого мозга, нейронные сети эффективно используются в качестве метода анализа в прогностическом моделировании и прогнозировании поведения потребителей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Астапов Р.Л., Дубатов Р.С. Классификация текстов с помощью сверточных нейронных сетей / Р.Л. Астапов, Р.С. Дубатов // Вестник науки. — 2020. — № 8. — С. 53–57.
2. Бредихин А.И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей / А.И. Бредихин // Вестник Югорского государственного университета. — 2019. — № 1. — С. 2–16.
3. Дели А.Г. Классификация видео контента с помощью сверточных нейронных сетей / А.Г. Дели // E-Scio. — 2022. — № 5. — С. 3–14.
4. Доррер Г.А., Корюкин М.С. Семантическая сегментация изображений с применением сверточных нейронных сетей / Г.А. Доррер, М.С. Корюкин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2017. — № 12. — С. 1–6.
5. Краснова А.Ю. Изучение принципа работы сверточной нейронной сети / А.Ю. Краснова // E-Scio. — 2020. — № 7. — С. 3–10.
6. Овруцкий А.В. Импульсивное потребление в психологии и экономике: дифференциация подходов и их интеграция в рамках экономической психологии / А.В. Овруцкий // Психолог. — 2018. — № 6. — С. 62–79.
7. Посыпанова О.С. Мотивационно-потребностная и манипуляционно-потребностная сферы потребления / О.С. Посыпанова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. — 2017. — № 3. — С. 16–22.
8. Привалова Е.А. Современные представления о потреблении в психологии / Е.А. Привалова // Russian Journal of Education and Psychology. — 2017. — № 4. — С. 302–308.
9. De Cesare A., S. Cavicchi, G. Cristadoro, M. Lippi. Do Humans and Deep Convolutional Neural Networks Use Visual Information Similarly for the Categorization of Natural Scenes? *Cognitive Science*. 2021. Vol. 45(6). — P. 13–19.
10. Greene M.N., Morgan P.H., Foxall G.R. NEURAL Networks and Consumer Behavior: NEURAL Models, Logistic Regression, and the Behavioral Perspective Model. *Behavior Analytics*. 2017. Vol. 40(2). — P. 393–418.
11. Junsuo Qu, Ning Qiao, Shi Haonan, Chang Su. Convolutional neural network for human behavior recognition based on smart bracelet. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. 2020. Vol. 38(8). — P. 1–12.
12. Kunqiang Qing, Ruisen Huang, Keum-Shik Hong. Decoding Three Different Preference Levels of Consumers Using Convolutional Neural Network: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021. Vol. 2. — P. 12–32.

© Кочнев Александр Александрович ( drdispool@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## РАЗВИТИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ

### DEVELOPMENT OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR SOLVING CLASSIFICATION AND LOCALIZATION PROBLEMS

*A. Kochnev*

*Summary.* Over the past few years, the use of approaches to the recognition of images, objects, optoelectronic devices designed for visual control or automatic image analysis in combination with computer vision methods based on the use of neural networks have proven their effectiveness in solving various problems. Convolutional networks, being a key element of most data mining systems, are able to influence the processes occurring in various systems due to the relationship between data about a specific event and the ability to predict future events. However, the development in the field of adaptation and use of neural networks for solving localization and classification problems is very slow. And if some of the problems in this area related to object recognition have already been overcome by training neural networks based on elementary algorithms, then such problems as the performance of neural networks and the choice of optimal network training algorithms for these purposes are still not solved.

In the article, the author examines the main theoretical problems of the development of convolutional neural networks for solving classification and localization problems and comes to the conclusion that it is necessary to develop approaches to faster and more accurate training of networks. At the same time, such approaches should be comprehensive and focused not only on solving the problem of increasing the amount of processed information without losing the quality of the network, but also on increasing the number of layers of the neural network without losing the accuracy of the neural network and its performance.

*Keywords:* convolutional neural networks; classification and localization tasks, neural network training, recognition tasks, computer vision.

**Кочнев Александр Александрович**

*Старший бэкэнд разработчик*

*Your Next Agency*

*drdispool@gmail.com*

*Аннотация.* За последние несколько лет использование подходов к распознаванию образов, объектов, опико-электронных устройств, предназначенных для визуального контроля или автоматического анализа изображений в сочетании с методами компьютерного зрения, основанных на использовании нейронных сетей, доказало свою эффективность в решении различных задач. Сверточные сети, являясь ключевым элементом большинства систем интеллектуального анализа данных, способны влиять на процессы, происходящие в различных системах за счет взаимосвязи между данными о конкретном событии и возможностями прогнозирования будущих событий. Однако развитие в области адаптации и использования нейронных сетей для решения задач локализации и классификации происходит очень медленно. И если часть проблем в указанной сфере, связанных с распознаванием объектов, уже удалось преодолеть путем обучения нейронных сетей на основе элементарных алгоритмов, то такие проблемы, как производительность нейронных сетей и выбор оптимальных алгоритмов обучения сетей для указанных целей, по-прежнему не решены.

В статье автор рассматривает основные теоретические проблемы развития сверточных нейронных сетей для решения задач классификации и локализации и приходит к выводу о том, что в настоящее время назрела необходимость разработки подходов к более быстрому и точному обучению сетей. При этом такие подходы должны быть комплексными и ориентированными не только на решение проблемы увеличения количества обрабатываемой информации без потери качества работы сети, но и на увеличение количества слоев нейронной сети без потери точности ее работы и производительности.

*Ключевые слова:* сверточные нейронные сети, задачи классификации и локализации, обучение нейронных сетей, задачи распознавания, компьютерное зрение.

**Н**аправление, связанное с решением задач классификации и локализации с помощью нейронных сетей, в современном мире только начинает активно развиваться. При этом первоначально искусственные нейронные сети появились вовсе не для решения задач в различных областях, а для моделирования работы нейронов человеческого мозга [1, 4, 5]. Только спустя много лет было доказано, что искусственные нейроны точно также, как и нейроны челове-

ского мозга способны обучаться при подборе соответствующих алгоритмов обучения [8]. Вопросы подбора соответствующих алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей для решения различных задач являются одними из самых актуальных и одновременно самыми неизученными в современной науке.

Такая неизученность алгоритмов обучения обусловлена сложностью задач, которые ставятся перед



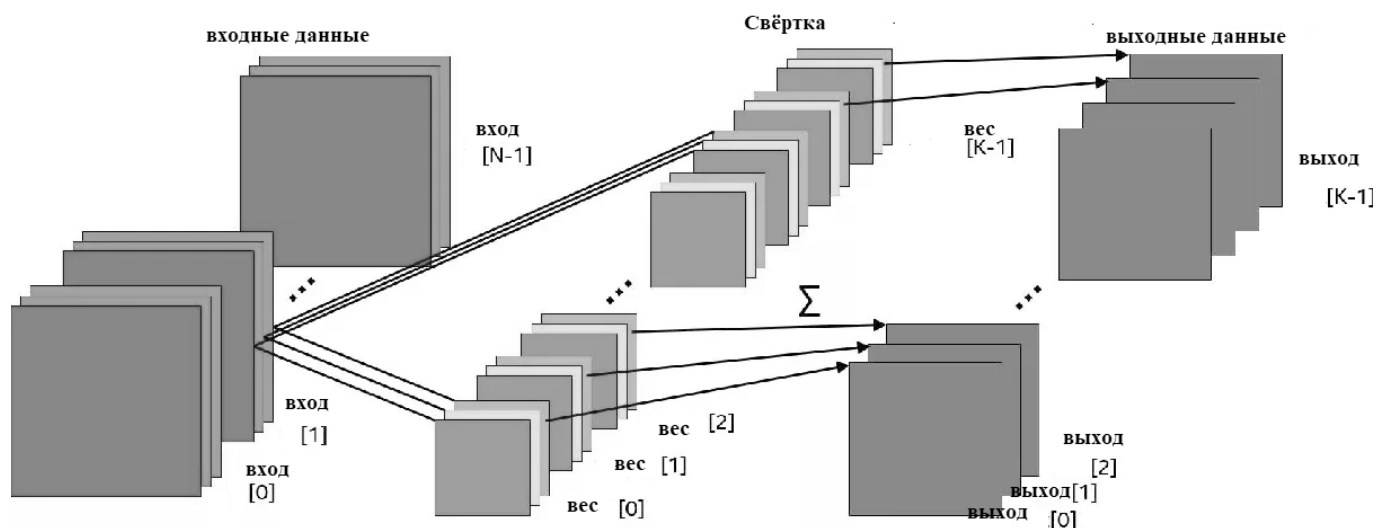


Рис. 1. Принцип работы сверточной нейронной сети

нейронными сетями по мере развития науки и техники. И если еще тридцать лет назад нейронные сети решали простые задачи классификации и локализации, к примеру, такие, как распознавание изображений и объектов, то теперь задачи, которые ставятся перед нейронными сетями, стали гораздо сложнее — полная автоматизация отдельных процессов, в том числе процессов, связанных с управлением без контроля за процессом управления со стороны человека.

Вместе с тем, для решения сложных задач необходимо повышать производительность нейронных сетей, собирать большие наборы данных, изучать более мощные модели и использовать более эффективные методы обучения нейронных сетей. Длительное время наборы данных помеченных изображений для целей обучения нейронных сетей были относительно небольшими — порядка десятков тысяч изображений, что позволяло решать простые задачи классификации и локализации. Так, например, частота ошибок в задаче распознавания цифр базы данных MNIST (объемная база данных образцов рукописного написания цифр) оставляет меньше, чем 0,3%, что очень близко к производительности человека [7, 8].

Однако, объекты в реалистичных условиях, когда нейронная сеть работает, решая конкретную задачу управления, могут проявлять изменчивость, а происходящие вокруг объекта события могут быть не прогнозируемы, поэтому чтобы научиться распознавать такие объекты, необходимы гораздо более объемные наборы данных и более сложные алгоритмы обучения.

В настоящее время опубликовано достаточно количество работ, посвященных проблематике обучения

нейронных сетей и подбору нужного количества обучающих данных (в том числе изображений) [2, 6]. При этом акцентируется внимание на том, что эффективное решение задач классификации возможно исключительно при правильном подходе к глубокому обучению нейронной сети с учетом правильного выбора структуры сети, позволяющей решать сложные задачи.

Эффект глубокого обучения заключается в том, что нейронные сети работают аналогично 3D моделям и на основе обработки огромных объемов данных (как структурированных, так и неструктурированных), способны делать точные прогнозы. При этом чем больше объем информации, который предоставляется нейронной сети, тем точнее прогноз. Вместе с тем, несмотря на наличие возможностей глубокого обучения нейронных сетей с использованием большого массива разрозненных данных, до настоящего момента универсального механизма обучения нейронной сети, позволяющего полностью сделать процессы в области классификации и локализации автономными, не разработано. Основная причина существующих проблем заключается в невозможности одномоментного учета всех возможных факторов риска, с которыми может столкнуться нейронная сеть при решении соответствующих задач.

Из всех известных структур нейронных сетей решение задач классификации и локализации наиболее эффективно осуществляется с помощью сверточной нейронной сети. Основной особенностью сверточной нейронной сети является то, что она содержит трехмерное расположение нейронов вместо стандартного двумерного массива. Первый слой называется сверточным. Каждый нейрон в сверточном слое обрабатывает информацию только из небольшой части поля зрения.

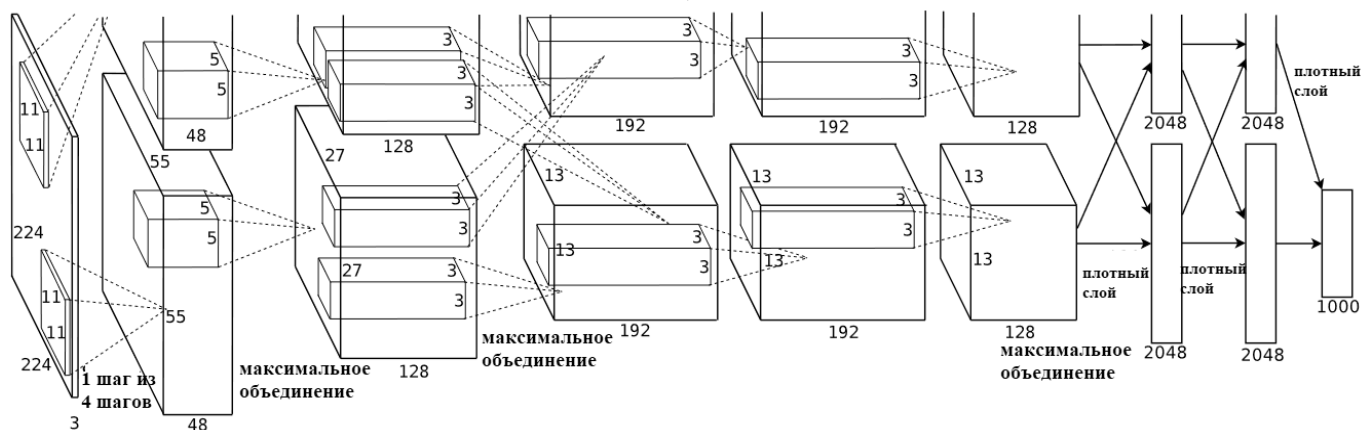


Рис. 2. Работа сверточной нейронной сети, состоящей из восьми слоев

Входные характеристики берутся пакетно, как фильтр [10]. Сеть понимает изображения по частям и может вычислять эти операции несколько раз, чтобы завершить полную обработку изображений. Обработка включает в себя преобразование изображения из RGB (Red, Green, Blue) или HSI (Horizontal Situation Indicator) масштаба в серый масштаб. Дальнейшее изменение значения пикселя поможет обнаружить края и изображения могут быть классифицированы по разным категориям (рис. 1).

В свете приведенной выше информации целью данной работы является критическая оценка различных подходов с использованием сверточной нейронной сети для выполнения задач классификации и локализации.

Распространение является однонаправленным, когда сверточная сеть содержит один или несколько сверточных слоев, за которыми следует объединение, и двунаправленным, когда выходной сигнал сверточного слоя поступает в полностью связанную нейронную сеть для классификации изображений. Фильтры используются для извлечения определенных частей изображения. Именно поэтому сверточные нейронные сети показывают очень эффективные результаты в распознавании изображений и видео, семантическом анализе и обнаружении парфраз в текстовых документах. Их емкость можно регулировать, изменяя их глубину и ширину. Сверточные нейронные сети также после обучения делают правильные предположения о природе изображений (а именно стационарность статистики и локальность зависимостей пикселей), их легче обучать по сравнению со всеми остальными видами нейронных сетей.

Теперь представим, как работает сверточная нейронная сеть, описав ее общую архитектуру.

Как показано на рис. 2, сеть имеет восемь слоев с весами. Первые пять слоев — это сверточные слои, а остальные три слоя полностью связаны. Выходные данные последнего полностью подключенного слоя подаются на 1000-полосный Softmax (Функция Softmax применяется в машинном обучении для задач классификации, когда количество возможных классов больше двух), который производит распределение по 1000 меткам классов. Сверточная сеть при этом максимизирует цель мультиномиальной логистической регрессии, что будет равняться максимизации среднего значения по обучающим случаям логарифмической вероятности правильной метки при распределении прогноза.

Ядра второго, четвертого и пятого сверточных слоев подключены только к тем картам ядра в предыдущем слое, которые находятся на том же графическом процессоре (рис. 2). Ядра третьего сверточного слоя связаны со всеми картами ядра во втором слое. Нейроны в полностью связанных слоях соединены со всеми нейронами в предыдущем слое.

Исходя из данных, представленных на рисунке 2, получается следующая схема работы нейронной сети. Первый сверточный слой фильтрует входное изображение размером 224 × 224 × 3 с 96 ядрами размером 11 × 11 × 3 с шагом 4 пикселя (это расстояние между центрами рецептивного поля соседних нейронов на карте ядра). Далее второй сверточный слой принимает в качестве входных данных выходной сигнал первого сверточного слоя и фильтрует его с помощью уже 256 ядер размером 5 × 5 × 48. Третий, четвертый и пятый сверточные слои соединены друг с другом без каких-либо промежуточных слоев. Третий сверточный уровень имеет 384 ядра размером 3 × 3 × 256, подключенных к выходам второго сверточного уровня. Четвертый сверточный слой имеет 384 ядра размером 3 × 3 × 192, а пятый сверточный слой имеет 256 ядер

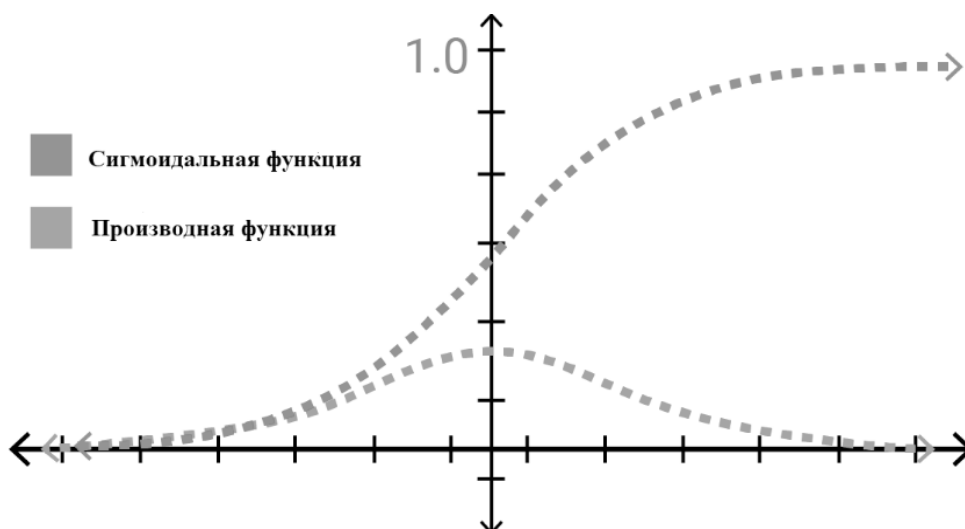


Рис. 3. График сигмоидальной и производной функций



Рис. 4. График функции активации и производной функций

размером  $3 \times 3 \times 192$ . Полностью соединенные слои содержат 4096 нейронов в каждом.

Представленная на рисунке 2 модель обучения сверточных нейронных сетей, как уже было отмечено ранее, имеет только 8 сверточных слоев и является элементарной. Учитывая общую теорию развития сверточных нейронных сетей для решения задач локализации и классификации, можно предположить, что увеличение количества слоев нейронной сети увеличивает качество обучения нейронной сети [3, 9]. Однако, чем больше слоев нейронной сети (глубже сеть), тем больше проблем возникает с ее обучением из-за проблемы исчезновения градиентов.

Таким образом, получается, что развитие сверточных нейронных сетей в части увеличения количества слоев сети для решения задач классификации и локали-

зации с одной стороны является необходимым элементом, направленным на более эффективную работу сети, а с другой стороны увеличение глубины сети порождает проблемы усложнения технологии обучения по причине исчезающего градиента. Для наиболее лучшего представления проблемы исчезающего градиента необходимо рассмотреть график сигмоидальной функции (функция активации) и ее производной функции (рис. 3).

Как можно увидеть из данных, представленных на рис. 3, при увеличении количества скрытых слоев градиенты в более ранних слоях сети будут очень низкими из-за умножения производных каждого слоя. По указанной причине обучение сверточной нейронной сети на начальных уровнях будет осуществляться гораздо медленнее, чем обучение на более высоких уровнях. Вышеобозначенная проблема порождает проблему снижения производительности нейронной сети.

В то же время проблему исчезающего градиента можно решить за счет обнуления градиента для положительных чисел. В специализированной литературе предлагается для решения обозначенной проблемы использовать функцию активации Rectified Linear Unit (ReLU) [6, 10]. Рассмотрим, как это работает на примере (рис. 4).

Если предположить, что производная функции активации будет равна либо нулю, либо равна единице, то при умножении производных для большинства слоев никакого ухудшения процесса не произойдет, и в то же время, если вес сети будет постоянно ниже нуля, то градиент будет исчезать, но гораздо медленнее по сравнению с процессом, показанным на рис. 3.

Такой подход позволит частично решить проблему исчезающих градиентов, тормозящую работу сверточной нейронной сети с большим количеством слоев, и, соответственно, увеличить точность работы нейронной сети.

Необходимо отметить, что обучение сверточных нейронных сетей с большим количеством слоев на ос-

новании данных с миллионами изображений с высоким разрешением стало возможным всего несколько лет назад и по указанной причине исследований в данной области недостаточно.

Сверточные сети, являясь ключевым элементом большинства систем интеллектуального анализа данных, способны влиять на процессы, происходящие в различных системах за счет взаимосвязи между данными о конкретном событии и возможностями прогнозирования будущих событий, и именно поэтому анализ специфики развития сверточных нейронных сетей для решения задач классификации и локализации является важным направлением научных исследований. В связи со сказанным, необходима разработка подходов к более быстрому и точному обучению сетей. При этом такие подходы должны быть комплексными и ориентированными не только на решение проблемы увеличения количества обрабатываемой информации без потери качества работы сети, но и на увеличение количества слоев нейронной сети без потери точности работы нейронной сети и ее производительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 280 с.
2. Качагина К.С., Сафарова А.Д. Нейронные сети — перспективы развития // E-Scio. — 2021. — № 2 (53). — С. 34–39.
3. Ковалиева Е.Р., Алексеева В.П. Причины стремительного развития нейронных сетей // E-Scio. — 2021. — № 5 (56). — С. 122–129.
4. Мак-Каллок У.С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности. В сб.: «Автоматы» под ред. К.Э. Шеннона и Дж. Маккарти, 1943. — С. 115–133.
5. Усков А.А. Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004. — 143 с.
6. Cebollada, S., Payá, L., Jiang, X. et al. Development and use of a convolutional neural network for hierarchical appearance-based localization. *Artif Intell Rev* 55, 2847–2874 (2022).
7. Cebollada S, Payá L, Flores M, Román V, Peidró A, Reinoso O. A deep learning tool to solve localization in mobile autonomous robotics. In: ICINCO 2020, 17th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (Liesaint-Paris, France, 7–9 July, 2020), Ed. INSTICC.
8. Lin T.Y., Goyal P., Girshick R., He K., and Dollar P. //Focal loss for dense object detection. — Feb. 2018. — P. 1–10.
9. Mikolov T., Karafiat M., Burget L., Cernocky J., Khudanpur S. Recurrent neural network-based language model // 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association. Japan, 2010. — P. 1045–1048.
10. Turaga S.C., Murray J.F., Jain V., Roth F., Helmstaedter M., Briggman K., Denk W., and Seung H.S. Convolutional networks can learn to generate affinity graphs for image segmentation. *Neural Computation*, 22(2):511–538, 2010.

© Кочнев Александр Александрович ( drdispool@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АРХИТЕКТУРА ИТ-ЛАНДШАФТА ЦИФРОВОГО БАНКА

DIGITAL LANDSCAPE  
ARCHITECTURE FOR BANK

D. Litvinov

*Summary.* Recent studies of financial services market indicate that heavily investing in process digitalization banks show better financial performance than rivals [1]. The majority of banks undergoing digital transformation are attracted by reduction in costs of operations and maintenance of physical branches in various regions. Nevertheless, the transformation of business processes and IT platforms is a more expensive endeavor rather than establishing a new digital bank «from a scratch» [2]. This paper addresses conceptual architecture of banking IT landscape, based on the principles of application of state of the art digital technologies and approaches to interaction with customers via digital channels.

*Keywords:* architecture, bank, digital technologies.

Литвинов Дмитрий Михайлович

Аспирант

Российский Экономический Университет

им. Г.В. Плеханова

litvinovdmm@yandex.ru

*Аннотация.* Недавние исследования рынка финансовых услуг указывают на то, что активно инвестирующие в цифровизацию процессов банки демонстрируют лучшие финансовые показатели, чем другие участники рынка [1]. В первую очередь большинство банков в переходе к цифровой бизнес-модели привлекает возможность сокращения расходов на операции и поддержание физического присутствия в различных регионах. Однако трансформация имеющихся бизнес-процессов и ИТ-платформ является более дорогостоящей активностью чем построение нового цифрового банка «с нуля» [2]. В данной работе будет рассматриваться концептуальная архитектура ИТ-ландшафта банка, в основе которой лежат принципы использования современных цифровых технологий и подходы к организации взаимодействия с клиентами через цифровые каналы.

*Ключевые слова:* архитектура, банк, цифровые технологии.

**Б**ольшинство крупных банковских организаций уже запустили программы цифровой трансформации и активно ищут ниши для применения цифровых технологий в своих бизнес-процессах [3]. Банки выбирают разные модели трансформации в зависимости от организационного и рыночного контекста. На практике можно встретить как организации, которые инвестируют в трансформацию и развитие текущих ИТ-платформ, так и организации, которые ищут партнерства с представителями финтех-отрасли. Ряд банков так же инвестировал в создание дочерних организаций, на базе которых создает новую ИТ-платформу, отвечающую требованиям поддержки цифровых процессов. Данные подходы к инвестициям близки к модели развития цифрового банкинга, предложенной IBM [4].

IBM описал четыре типа цифровых банков: цифровой банковский бренд, банк с цифровым каналом, дочернюю банковскую организацию и цифровой банк. Отнесения банка к той или иной категории определяется наличием собственной внутренней компетенции в части разработки и позиционирования на рынке продуктов, каналов предоставления продуктов и услуг, сопровождения продуктов и процессов в рамках собственного бэк-офиса и наличием собственной банковской лицензии. На российском рынке представлены все варианты моделей развития цифрового банкинга, что указывает на жизнеспособность каждой из моделей.

## ИТ-архитектура классического банка

Архитектура классического банка предполагает наличие доменов систем в зависимости от их назначения и функций. Общепринятым разделением являются домены, в которые объединяются системы, автоматизирующие работу фронт-офисных, мидл-офисных и бэк-офисных функций, дополняемые каналами предоставления продуктов и услуг и аналитическими и учетными системами. Схематическое отображения типичного набора доменов систем, необходимых для обеспечения работы современного банка представлено на рисунке 1.

Классическая банковская организация предоставляет набор финансовых услуг и продуктов через ряд каналов, в виде отделений, мобильного и интернет-банка, колл-центра, банкоматов и терминалов и выездных менеджеров. Процесс принятия решения о необходимости оказывать определенную услугу или продавать продукт в канале определяется экономической эффективностью — затраты на канал должны быть меньше дохода от оказания услуги или продажи продукта. Далее ИТ-ландшафт обеспечивает функции по сопровождению услуги и продукта после продажи. По мере прохождения по этапам жизненного цикла данные об услуге и продукте обогащаются дополнительной информацией, которая используется для принятия управленческих решений и формирования регуляторной отчетности. Таким образом обеспечивается сквоз-

Таблица. 1. Структура и классификация цифровых банков [4]

Модель	Цифровой банковский бренд	Банк с цифровым каналом	Дочерняя банковская организация	Цифровой банк
Продукты, маркетинг и продажи	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция
Каналы	Используются ребрендинговые каналы банка партнера	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция
Бэк-офис	Используется бэк-офис банка-партнера	Используется бэк-офис банка-партнера	Внутренняя компетенция	Внутренняя компетенция
Банковская лицензия	Используется лицензия банка-партнера	Используется лицензия банка-партнера	Используется лицензия банка-партнера	Внутренняя компетенция
Представители	Точка банк Рокетбанк (Прекратил работу в 2021-м году)	Talkbank	Touchbank	Тинькофф Банк Модульбанк

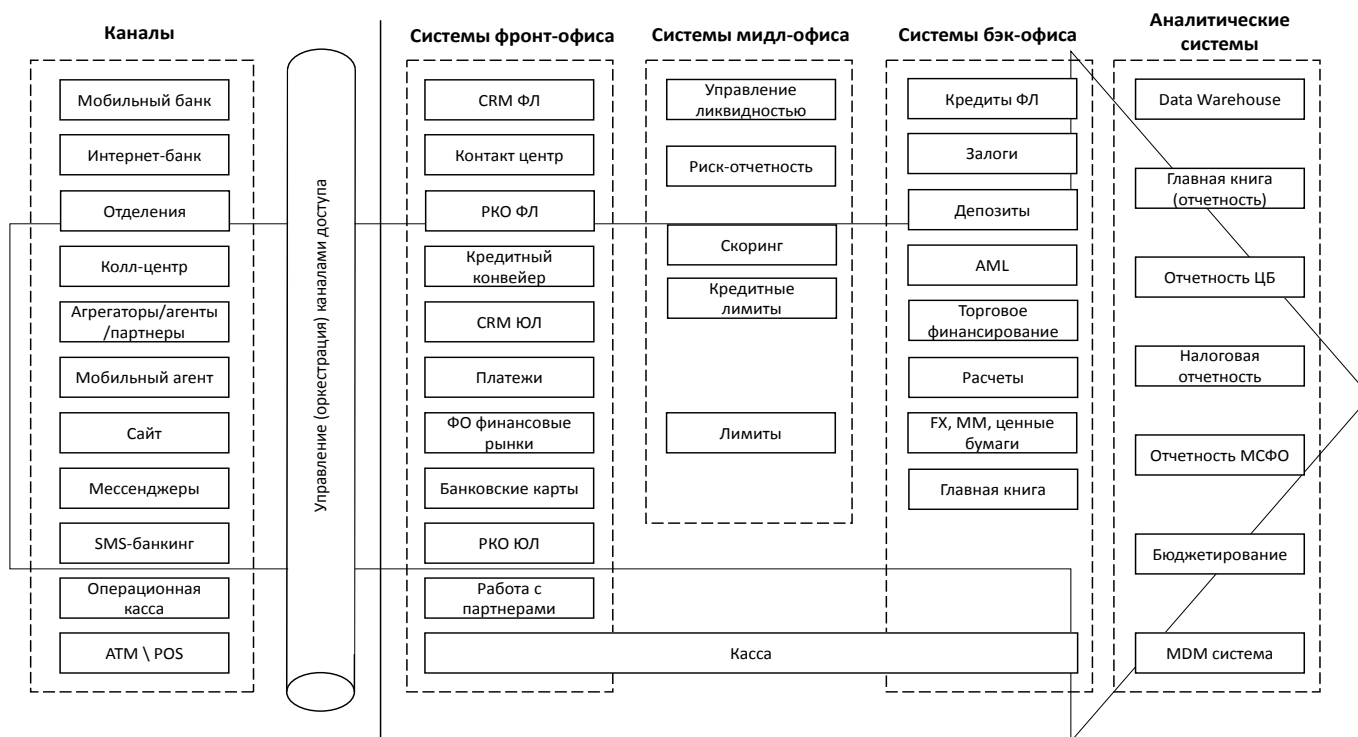


Рис. 1. Схема типового ИТ-ландшафта классического банка

ное поддержание процесса продажи финансовых услуг и продуктов в условиях финансовых и регуляторных ограничений.

### ИТ-архитектура цифрового банка

Цифровая трансформация банков включает в себя внедрение технологий для решения новых задач, связанных с внедрением клиентоцентричных подходов к обслуживанию и разработкой новых продуктов и услуг [5]. Цифровые технологии, которые внедряются

в банках, активно используют накопленные данные о поведении клиентов и служат предметом исследования в процедурах анализа для подбора оптимальных продуктовых предложений и кастомизации продуктов и услуг. Для повышения точности получаемых результатов, помимо данных собираемых в рамках клиентского пути внутри финансовой организации, требуется активное подключение дополнительных источников информации, которые позволяют уточнить клиентский профиль, его привычки и предпочтения. Таким образом в отличие от классического банка, цифровой банк

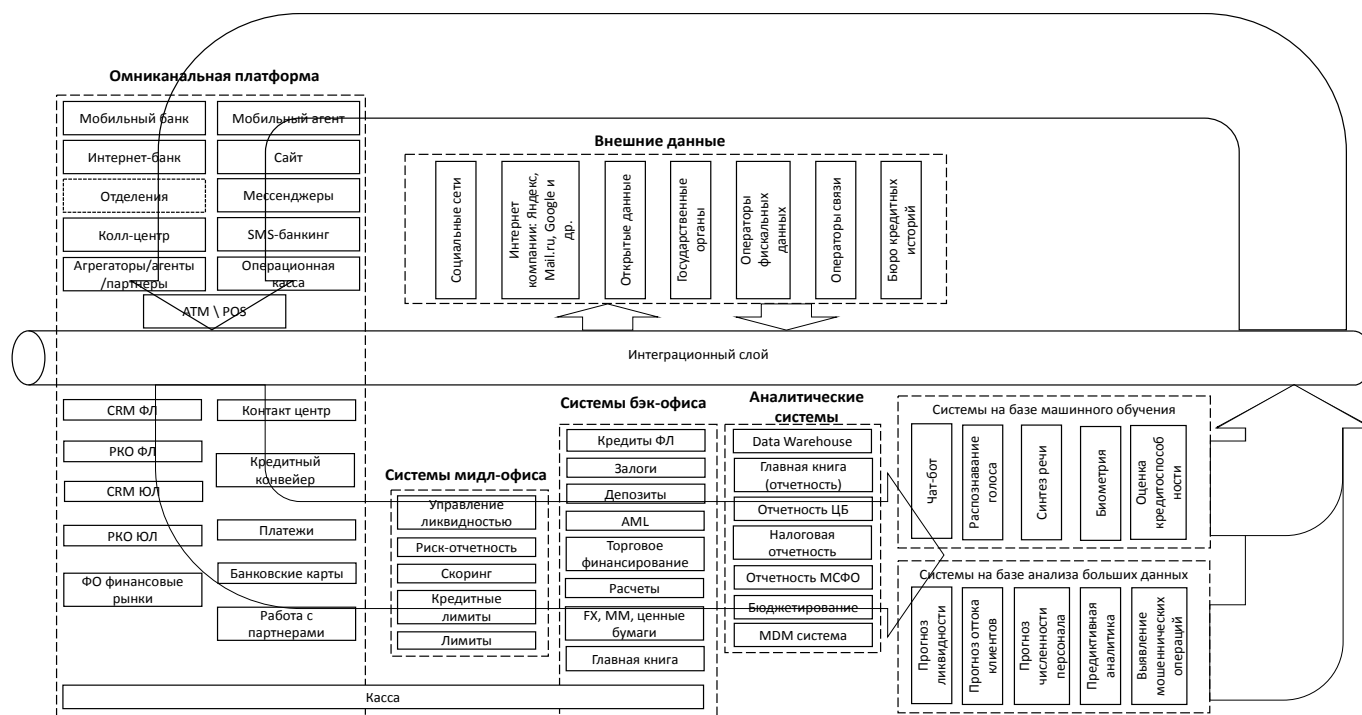


Рис. 2. Схема ИТ-ландшафта цифрового банка

использует данные не только для управленческой и регуляторной отчетности, но также для повышения качества услуг и продуктов и более точного определения потребностей клиентов.

Внедрение омниканальных платформ взаимодействия с клиентами позволяет быстро и эффективно предоставлять кастомизированные под потребности клиента продукты и услуги и упрощает процессы обслуживания и продаж. Интеграция платформ по анализу данных и формированию предложений с платформами взаимодействия с клиентами замыкает цикл жизни данных и открывает возможности для итерационного взаимодействия с клиентами и подбора продуктов через проверку гипотез и анализ результатов взаимодействия.

Описанный подход предъявляет принципиально новые требования к ИТ-ландшафту цифрового банка. Цифровые технологии по работе с большими данными приносят в номенклатуру систем новый домен аналитических платформ на базе машинного обучения и прикладных решений на базе инструментов анализа больших данных. Необходимость быстрой доставки и облегченного клиентского пути в цифровых каналах расширяет требования к цифровым каналам и их интеграции друг с другом. Омниканальная платформа должна обеспечивать для клиента в рамках получения одного продукта или услуги возможность прохождения

клиентского пути в любом из доступных каналов, а также предусматривать бесшовное переключение между ними.

Перспективная схема архитектуры цифрового банка представлена на рисунке 2. Отличительными особенностями по сравнению со схемой ИТ-ландшафта классического банка являются объединение двух доменов: систем каналов и систем фронт-офиса, — в единую омниканальную платформу, выделение отдельных доменов систем на базе машинного обучения и прикладных систем на основе инструментов анализа больших данных, а также появление цикла аккумуляции и обработки данных с их нарастающей ценностью по мере обогащения.

Появление в ИТ-ландшафте систем по анализу больших данных позволяет эффективно собирать, хранить и использовать информацию, как порождаемую в рамках работы с клиентом внутри банка, так и информацию из внешних источников. Значительная активность государства по развитию систем предоставления данных из государственных информационных систем в рамках проектов системы межведомственного электронного взаимодействия, цифрового профиля и площадок по дистрибуции открытых данных, а также проекты крупных телекоммуникационных компаний и частных агрегаторов данных позволяют собирать значительные объемы как структурированных, так и не структури-

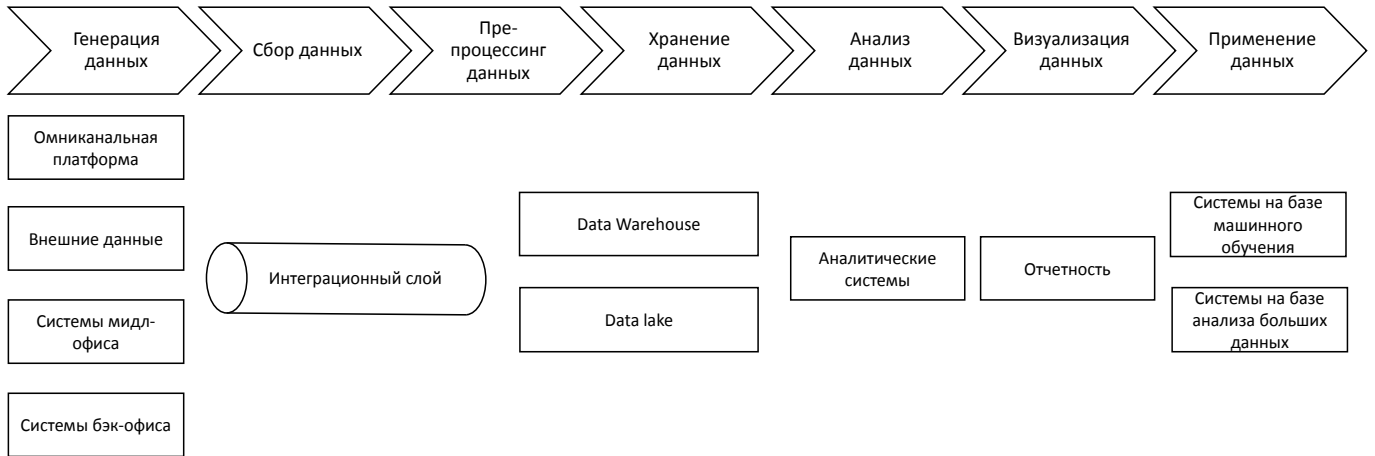


Рис. 3. Схема обеспечения цепочки создания ценности больших данных классами систем ИТ-ландшафта цифрового банка.

рованных данных. Классические подходы и технологии для хранения и обработки таких объемов данных не позволяют обеспечить необходимую скорость анализа и это побуждает банки внедрять новые решения на базе технологий работы с большими данными [6].

Применение технологий для анализа больших данных позволяет банкам разрабатывать и внедрять системы для прогнозирования поведения клиентов, которые, например, позволяют предсказывать отказ клиента от услуг [7] или потенциально мошеннические действия [8]. Массивы данных о состоянии счетов и операциях комбинируются с макроэкономическими данными из открытых источников и могут использоваться в системах для прогнозирования притока и оттока средств клиентов, что позволяет эффективнее управлять ликвидностью [9, с. 8]. Так же активно используется сбор и анализ данных о пользовательской активности и стилю коммуникации для целей выявления выгорания сотрудников и прогнозирования оттока персонала [10, 11], что позволяет формировать рекомендательную аналитику для руководителей избежать потери внутренних компетенций и точнее прогнозировать бюджет на персонал.

Предлагаемый подход к формированию ИТ-архитектуры цифрового банка согласуется с моделью цепочки ценности больших данных и позволяет обеспечивать монетизацию агрегируемой информации [12, с. 14]. Авторы модели выделили 7 основных этапов формирования ценности при работе с большими данными: генерация, сбор, препроцессинг, хранение, анализ, визуализация и применение данных.

В сформированной схеме ИТ-ландшафта каждый из этапов цепочки поддерживается отдельными

классами ИТ-систем, которые обеспечивают полный цикл работы с информацией. Системы, обеспечивающие клиентское взаимодействие с банком и сопровождение предоставляемых продуктов и услуг, обеспечивают процесс генерации данных. Интеграционный слой производит сбор, предварительную обработку данных и перенос данных в области хранилища данных или озера данных. Анализ и визуализация данных производятся с помощью систем соответствующих доменов и позволяют сформировать отвечающие требованиям по качеству и объему массивы данных, которые в дальнейшем могут быть использованы в прогнозных моделях или для машинного обучения.

#### Обсуждение и дальнейшие направления исследования

В работе рассмотрены отличительные признаки ИТ-архитектуры классического и цифрового банков. Внедрение цифровых технологий и трансформация бизнес-процессов требуют фундаментального пересмотра к организации ИТ-ландшафта. На основе современных подходов к работе с данными предложена концептуальная ИТ-архитектура банка, которая включает в себя все необходимые классы систем как для обеспечения операционной функции, так и для перехода к цифровой модели развития организации.

В дальнейших работах планируется провести более детальное исследование практического применения цифровых технологии для отдельно взятых классов бизнес-задач в финансовых организациях: прогнозирование оттока клиентов, прогнозирование численности персонала и применение предиктивной аналитики для формирования продуктовых предложений.



ЛИТЕРАТУРА

1. Wodzicki, M., D.A. Majewski and M. MacRae, Digital banking maturity 2020. 2020
2. Борисяк, Д. Как финтех меняет банковский бизнес. <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2019/04/18/799617-finteh-bankovskii-biznes>. — дата обращения.
3. KPMG, Цифровые технологии в российских компаниях. <https://ru.investinrussia.com/data/files/sectors/ru-ru-digital-technologies-in-russian.pdf>. — дата обращения 17.07.2022.
4. IBM, Designing a sustainable digital bank. <https://www.ibm.com/downloads/cas/XGJGOJWA>. — дата обращения 15.07.2022.
5. Литвинов, Д.М., Задачи и технологии цифровой трансформации финансовых организаций. // В сборнике: Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ-2019). — 2020. — Москва. — ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»
6. Литвинов, Д.М., Применение инструментов анализа в финансовой отрасли в среде открытых интерфейсов и цифровых сервисов. // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. — 2021. — Москва
7. Ivanchenko, O.V., O.N. Mirgorodskaya, E. Baraulya, and T. Putilina, Marketing relations and communication infrastructure development in the banking sector based on big data mining // 2019
8. Cloudera, MasterCard: Creating New Revenue Streams with an Advanced Anti-fraud Solution. <https://www.cloudera.com/content/dam/www/marketing/resources/case-studies/mastercard-creating-new-revenue-streams-with-an-advanced-anti-fraud-solution.pdf.landing.html>. — дата обращения 06.08.2022.
9. Запечников, С.В., и др., Подход к оценке и прогнозированию динамики оттока банковских вкладов с использованием технологий больших данных // 2016. — 2016. № 23(1). — с. 8
10. Oracle, HR Analytics in Financial Services: Improving collaboration and proving ROI. <https://tinyurl.com/mrx6nadk>. — дата обращения 14.08.2022.
11. Wall Street Journal, The Algorithm That Tells the Boss Who Might Quit. <https://tinyurl.com/5s9y3z8x>. — дата обращения 14.08.2022.
12. Faroukhi, A.Z., I. El Alaoui, Y. Gahi, and A. Amine, Big data monetization throughout Big Data Value Chain: a comprehensive review // Journal of Big Data. — 2020. № 7(1). — с. 1–22

© Литвинов Дмитрий Михайлович (litvinovdmm@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РЭА им. Г.В. Плеханова

# ЗАЩИТА ПЕРЕДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОТОКОЛОВ НА ГРУППАХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛЕТЕНИЙ ГРУПП

**PROTECTION OF THE TRANSMISSION OF SPATIO-TIME DATA WITH THE USE OF CRYPTOGRAPHIC PROTOCOLS ON GROUPS IN MODELING WAVE PROPAGATION USING REGULAR WREATH PRODUCT OF GROUPS.**

**K. Lossov**

*Summary.* The article proposes a new approach to protecting the transmission of spatio-temporal data during wave propagation. This approach is based on the modeling of wave phenomena, using the theoretical — group construction of the regular wreath product of groups. This makes it possible to encrypt the information transmitted by the wave using the methods of algebraic cryptography.

*Keywords:* spatiotemporal data, encryption, wave propagation, group, conjugate element, Cartesian product of groups, direct product of groups, regular wreath product of groups, digital signal, analog signal.

**Лоссов Константин Иванович**  
 Московский государственный университет  
 геодезии и картографии  
 konsiv@gmail.com

*Аннотация.* В статье предложен новый подход к защите передачи пространственно –временных данных при распространении волн. В основе этого подхода лежит моделирование волновых явлений, использующее теоретико — групповую конструкцию сплетения групп. Это позволяет для шифрования информации, передаваемой волной, использовать методы алгебраической криптографии.

*Ключевые слова:* пространственно–временные данные, шифрование, распространение волн, группа, сопряженный элемент, декартово произведение групп, прямое произведение групп, декартово сплетение групп, прямое сплетение групп, цифровой сигнал, аналоговый сигнал.

«**Н**еобходимость защиты информации, передаваемой по современным сетям, а также огромные возможности ее взлома и искажения, обусловленные развитием компьютерной техники, требуют совершенно нового подхода к защите информации, новых методов шифрования. Замечательно, что при этом используется современная математика» [1].

Оказывается, что для описания волновых явлений можно использовать аппарат теории групп, а именно, конструкцию сплетения, введенную В.А. Калужниным [2], после чего для шифрования информации передаваемой волной, можно, в частности, использовать некоторые криптографические протоколы на группах, основы которых изложены в монографии [3].

Пусть  $X$  и  $Y$  — некоторые множества, тогда их прямым произведением называется множество  $X \times Y$  элементами которого являются упорядоченные пары  $(x, y)$  для всевозможных  $x \in X$  и  $y \in Y$ , т.е.

$$X \times Y = \{(x, y) | x \in X, y \in Y\}.$$

Бинарной операцией на множестве  $X$  называют отображение

$$P: X \times X \rightarrow X.$$

Множество  $G$  называется группой, если выполнены следующие аксиомы

1. на множестве определена бинарная операция:  
 $(x, y) \mapsto xy$ ;
2. операция ассоциативна:  
 $(xy)z = x(yz)$  для всех  $x, y, z \in G$ ;
3.  $G$  обладает единичным элементом  $e$ :  
 $xe = ex = x$  для всех  $x \in G$ ;
4. для каждого элемента  $x \in G$  существует обратный  $x^{-1}$ :

$$x x^{-1} = x^{-1} x = e.$$

Пусть  $\{G_i, i \in I\}$  — некоторое бесконечное семейство групп, тогда их декартовым произведением  $\prod_{i \in I} G_i$  называется группа, состоящая из всевозможных функций:

$f: I \rightarrow \bigcup_{i \in I} G_i$ , где  $f(i) \in G_i$ ;

с операцией умножения  $(f_1 * f_2)(i) = f_1(i) * f_2(i)$ , где  $f_1(i), f_2(i)$  — элементы группы  $G_i$ ,  $f_1: I \rightarrow \bigcup_{i \in I} G_i$ ,  $f_2: I \rightarrow \bigcup_{i \in I} G_i$

Единицей группы  $\prod_{i \in I} G_i$  будет функция  $f_e: I \rightarrow \bigcup_{i \in I} G_i$  такая, что  $f(i) = e_i$ , где  $e_i$  — единица группы  $G_i$ ,  $i \in I$ .

Носителем функции  $f$  называется множество  $supp(f)$  тех индексов  $i$ , для которых  $f(i) \neq e_i$ :

$$supp(f) = \{i \in I \mid f(i) \neq e_i\}$$

Подгруппа  $\prod_{i \in I} G_i$  группы  $\prod_{i \in I} G_i$ , состоящая из всех элементов  $f \in \prod_{i \in I} G_i$  с конечным носителем, называется прямым произведением групп  $G_i$ ,  $i \in I$ .

Дадим теперь определение теоретико-групповой конструкции сплетения в редакции, изложенной в [4].

Пусть существуют  $A$  и  $B$  группы. Обозначим  $Fun(B, A)$ ,  $fun(B, A)$ , декартово произведение и прямое произведение изоморфных копий группы  $A$  из определений данных выше, где  $I = B$ .

Таким образом,  $Fun(B, A)$ ,  $fun(B, A)$  — декартово произведение и прямое произведение изоморфных копий группы  $A$ , индексированных элементами группы  $B$ . Символически это можно изобразить следующим образом:

$A, \dots * A * \dots$  — произведение изоморфных копий группы  $A$ ,

$b_1, \dots, b_i, \dots$  — индексы.

$f \in Fun(B, A)$  выглядит как

$a_1, \dots, a_i, \dots$  — значения функции,

$b_1, \dots, b_i, \dots$  — значения аргумента.

Для функции  $f \in fun(B, A)$  лишь конечное число  $a_i$  отлично от  $e_A$  (единицы группы  $A$ ).

Декартовым сплетением  $AWrB$  группы  $A$  и  $B$  называется множество  $B * Fun(B, A)$  с умножением

$$bf * b'f' = bb' * f^{b'}f', \text{ где } f^b(x) = f(bx). \quad (1)$$

Нетрудно проверить, что  $AWrB$  с введенной в (1) операций умножения является группой с единицей  $e_B e_F$ , где  $e_B$  — единица группы  $B$ , а  $e_F: B \rightarrow \bigcup_{b \in B} A_b$ ,  $e_F(b) = e_A, \forall b \in B$ .

Прямым сплетением  $AwrB$  группы  $A$  и  $B$  называется подгруппа  $B * fun(B, A)$  группы  $AWrB$ .

Элементы  $a$  и  $b$  группы  $G$  называются сопряженными в этой группе, если существует хотя бы один элемент  $h \in G$ , что

$$b = h^{-1}ah.$$

Утверждение. Пусть  $e_F$  — единица группы  $Fun(B, A)$ ,  $e_B$  — единица группы  $B$ , тогда

$$b^{-1}e_F * e_B f * be_F = e_B * f^b(x) \quad (2)$$

Если  $be_F$  отождествлять с  $b$ , а  $e_B f$  с  $f$ , то (2) можно переписать в виде

$$b^{-1}fb = f^b, \text{ где } f^b(x) = f(bx). \quad (3)$$

Таким образом,  $f$  и  $f^b$  сопряжены при помощи элемента  $b$ .

Если  $C$  и  $D$  — два подмножества группы  $G$ , то  $C^D$  обозначает множество элементов  $a^{-1}ca$ , где  $c \in C, a \in D$ :

$$C^D = \{a^{-1}ca \mid c \in C, a \in D\} \quad (4)$$

Будем говорить, что группа  $G$  циклическая, если существует такой элемент  $a$  в  $G$ , что всякий элемент  $x$  из  $G$  может быть представлен в виде  $a^n$ , где  $n \in \mathbb{Z}$ .

Пусть  $G$  и  $G'$  — группы. Гомоморфизм групп  $G$  в  $G'$  — это отображение  $f: G \rightarrow G'$ , удовлетворяющее условию  $f(xy) = f(x)f(y)$  для всех  $x, y \in G$  и единицу группы  $G$  в единицу группы  $G'$ . Если  $f$  при этом является взаимно однозначным отображением (биекцией), то  $f$  называют изоморфизмом.

Если  $G = G'$ , то мы говорим, что изоморфизм есть автоморфизм.

Гомоморфизм  $f: G \rightarrow G'$ , устанавливающий изоморфизм между группой  $G$  и ее образом в  $G'$ , мы будем называть вложением.

Вообще говоря, не существует общего определения волн. Д. Уизем в [5] предлагает руководствоваться следующим «интуитивным представлением о волне как о любом различимом сигнале, передающимся от одной части среды к другой с некоторой определенной скоростью. Такой сигнал может быть возмущением любого вида, например максимумом какой — либо величины или резким ее изменением при условии, что в любой заданный момент времени можно определить его местонахождение. Этот сигнал может искажаться, изменять свою величину и скорость, но при этом должен оставаться различимым».

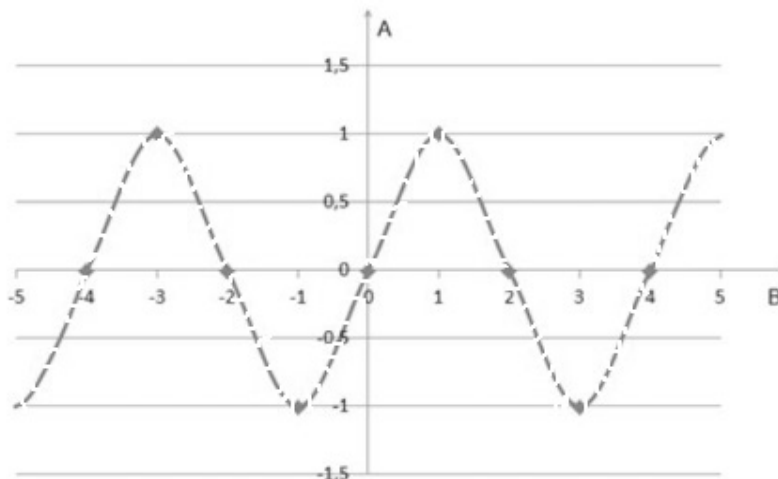


Рис. 1. Профиль волны в начальный момент времени

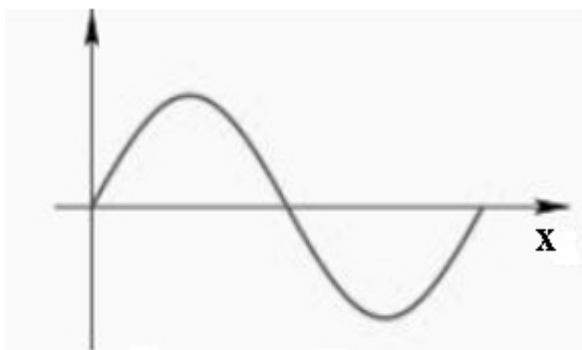


Рис. 2. Непрерывный сигнал

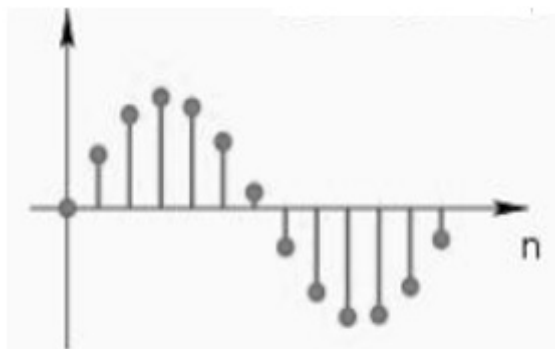


Рис. 3. Сигнал после дискретизации

Пусть  $A$  и  $B$  группы и  $A \times B$  их декартово сплетение,  $b$  — некоторый элемент группы  $B$ , а  $f$  произвольный элемент  $Fun(B, A)$ .

Множество  $\{f\}^{(b)}$  в смысле определения (4), где  $(b)$  — циклическая группа, порожденная элементом

$b$ , принадлежащее  $A \times B$ , можно рассматривать как волну с формой, описываемой функцией  $f$ , движущуюся со скоростью  $b$ . Действительно, если в качестве оси  $Ox$  взять группу  $B$ , а группу  $A$  рассматривать как ось  $Oy$ , при этом вместо шкалы времени использовать  $\mathbb{N} \cup \{0\}$  (discrete time). Тогда, считая что в начальный

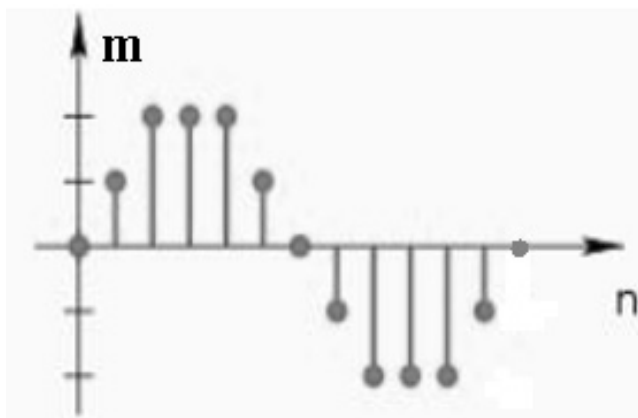


Рис. 4. Сигнал после дискретизации и квантования

момент времени ( $t=0$ ) профиль волны задан элементом  $f \in \text{Fun}(B, A)$ , полагаем что через  $k$  единиц времени профиль описывается элементом  $b^{-k} f b^k \in \{f\}^{(b)}$ , сопряженным  $f$  при помощи элемента  $b^k$ , который согласно (3) равен  $f^{b^k}$ , где  $f^{b^k}(x) = f(b^k x)$ .

Пример. Пусть  $A = B = (\mathbb{Z}, +, 0)$ , где  $(\mathbb{Z}, +, 0)$  — группа целых чисел по сложению, таким образом,  $A \text{Wr} B = \mathbb{Z} \text{Wr} \mathbb{Z}$ , и пусть  $f \in \text{Fun}(B, A)$ :

$$f(n) = \sin \frac{n\pi}{2}, n \in \mathbb{Z}$$

задает профиль волны в начальный момент времени ( $t=0$ ), который символически можно изобразить следующим рисунком.

При  $b = m \in \mathbb{Z}, m > 0 (m < 0)$  через  $k$  единиц времени график функции изображенный на рисунке 1 сдвинется на  $km$  единиц влево (вправо), поскольку

$$f^{kb}(n) = \sin \frac{(n+km)\pi}{2}.$$

Более общо, группа  $\mathbb{Z} \text{Wr} \mathbb{Z}$ , в рамках вышеизложенной модели, может использоваться для описания цифрового сигнала произвольного профиля, движущегося с постоянной скоростью, получающегося из непрерывного после дискретизации и квантования.

Кроме того, известно [4], что сплетение  $\mathbb{Z} \text{Wr} \mathbb{Z}$  изоморфно подгруппе, порожденной в  $GL_2(\mathbb{R})$  матрицами

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \zeta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где  $\zeta$  — трансцендентное действительное число. Таким образом, в этом случае можно использовать, например, протокол разделения ключа Романчука-Устименко [6].

В общем случае для шифрования волны  $\{f\}^{(b)}$  удобно использовать криптографический протокол Nabeeb — Kahrobaei — Koupparis — Shpilrain [6], который использует понятие голоморфа группы.

Пусть  $G$  — группа, а  $\text{Aut}(G)$  — группа ее автоморфизмов. Тогда голоморфом  $\text{Hol}(G)$  называется множество  $\text{Aut}(G) \wr G$  на котором операция умножения задается следующим равенством:

$$\varphi g * \varphi' g' = \varphi \varphi' * \varphi'(g) g' \quad (5)$$

Так как имеется естественное вложение  $B \rightarrow \text{Aut}(\text{Fun}(B, A)) (B \ni b \rightarrow \hat{b}, \text{ где } \hat{b} \in \text{Aut}(\text{Fun}(B, A)))$  действует по правилу:  $f \rightarrow f^{\hat{b}}, f \in \text{Fun}(B, A)$ , см. (3)), то сравнивая (1) и (5), легко заметить, что  $A \text{Wr} B$  является подгруппой  $\text{Hol}(\text{Fun}(B, A))$ .

Корреспонденты  $X$  и  $Y$  выбирают открыто группу  $G$  — платформу протокола, автоморфизм  $\varphi \in \text{Aut}(G)$  и элемент  $f \in G$ . Группа  $G$ , автоморфизм  $\varphi$  и элемент  $g$  — открытый ключ.

$X$  "случайным образом" выбирает секретное (private) натуральное число  $m \in \mathbb{N}$ , вычисляет элемент голоморфа  $\text{Hol}(G)$

$$(\varphi, g)^m = (\varphi^m, \varphi^{m-1}(g) \cdot \varphi^{m-2}(g) \cdot \dots \cdot \varphi^2(g) \cdot \varphi(g) \cdot g)$$

и пересылает  $Y$  только вторую компоненту

$$a_m = \varphi^{m-1}(g) \cdot \varphi^{m-2}(g) \cdot \dots \cdot \varphi^2(g) \cdot \varphi(g) \cdot g.$$

$Y$  "случайным образом" выбирает секретное (private) натуральное число  $n \in \mathbb{N}$ , вычисляет элемент голоморфа  $\text{Hol}(G)$

$(\varphi, g)^n = (\varphi^n, \varphi^{n-1}(g) \cdot \varphi^{n-2}(g) \cdot \dots \cdot \varphi^2(g) \cdot \varphi(g) \cdot g)$  и пересылает  $X$  только вторую компоненту  $a_n = \varphi^{n-1}(g) \cdot \varphi^{n-2}(g) \cdot \dots \cdot \varphi^2(g) \cdot \varphi(g) \cdot g$ .

Выработка общего секретного ключа  $X$  вычисляет элемент

$$(*, a_n) \cdot (\varphi^m, a_m) = (* \cdot \varphi^m, \varphi^m(a_n) \cdot a_m) = (* \cdot \varphi^m, a_{n+m}).$$

$$KX = a_{n+m}.$$

$Y$  вычисляет элемент

$$(**, a_m) \cdot (\varphi^n, a_n) = (* * \cdot \varphi^n, \varphi^n(a_m) \cdot a_n) = (* * \cdot \varphi^n, a_{m+n}).$$

$$KY = a_{m+n}.$$

Общий секретный ключ  $K = KX = a_{n+m} = a_{m+n} = KY$ .

Для шифрования волны в качестве группы  $G$  следует выбрать  $Hol(Fun(B, A))$ .

Криптостойкость системы основана на трудноразрешимой задаче нахождения по элементу  $h^{-1}ah$  и элементу  $a$  сопрягающего элемента  $h$ . Поскольку волна задается подмножеством  $AWrB$ , а ключ шифрования является элементом  $Hol(Fun(B, A))$ , то шифрование применяется непосредственно к волне. Таким образом, например, если в качестве групп  $A$  и  $B$  взять  $R$ , то можно при помощи криптографических протоколов основанных на группах шифровать аналоговые сигналы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Романьков. Введение в криптографию. М.: ФОРУМ, 2012.
2. Л.А. Калужнин Sur les p-groupes de Sylow du groupe symetrique du degre  $p^m$ , C.R. Paris 221 (1945), 222–224.
3. Myasnikov A., Shpilrain V., Ushakov A. Group-based cryptography. Advanced courses in mathematics CRM Barselona. — Basel-Boston-Berlin: Birkhauser, 2008.
4. М.И. Каргаполов, Ю.И. Мерзляков. Основы теории групп. Москва «Наука», 1982
5. Дж. Уизем. Линейные и нелинейные волны. Москва. Мир, 1977.
6. В.А. Романьков. Алгебраическая криптография: монография. Омск. Изд-во Омского. гос. университета, 2013.
7. С. Ленг. Алгебра. М.: «Наука», 1965.

© Лоссов Константин Иванович (konsiv@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

## RESIZING IMAGES TO IMPROVE CLUSTERING

*M. Markeev*

*Summary.* The purpose of this article is to investigate the dependence of the accuracy of neural networks (image clustering) on the size and proportions of images at the input of the neural network itself. Modern neural networks are used for image recognition, and they do it with great accuracy, sometimes even more accurately than humans. The problem is that the images themselves are not perfect. To improve the quality of recognition, the same image is recognized in different scales, rotations and mirroring. The work of this technique was tested on the partitioning of images into 2 clusters "cats" and "dogs". Studies have shown that the best results are obtained by zooming in the image by 30% at a height of 286–346 pixels and a width of 272–383 pixels for the convolution neural network, which was trained on a size of 224 x 224. The results may be different on different data sets, so calibration is required in each case.

*Keywords:* neural networks, clustering, image resizing, artificial intelligence, Keras, TensorFlow.

**Маркеев Максим Валерьевич**

Независимый исследователь

Нижегородская область

Нижний Новгород

[mmarkeev@gmail.com](mailto:mmarkeev@gmail.com)

*Аннотация.* Целью данной статьи является проведение исследований зависимости точности работы нейросети (кластеризация изображений) от размеров и пропорций изображений на входе самой нейросети. Современные нейросети используются для распознавания изображений, при этом делают это с большой точностью, иногда даже более точно, чем люди. Проблема заключается в не идеальности самих изображений. Для улучшения качества распознавания производится распознавание одного и того же изображения в различных масштабах, поворотах и зеркальном отображении. Работа этой методики была апробирована на разбиения изображений на 2 кластера «кошки» и «собаки». Проведенные исследования показали, что наилучшие результаты получаются при увеличении изображения на 30% при высоте 286–346 пикселей и ширине 272–383 пикселя для сверточной нейросети, которая была обучена на размерах 224 x 224. Результаты могут быть разными на разных наборах данных, поэтому в каждом случае необходима калибровка.

*Ключевые слова:* нейронные сети, кластеризация, изменение размеров изображений, искусственный интеллект, Keras, TensorFlow.

## Введение

Современные нейросети показывают результаты распознавания изображений лучше, чем эксперты-люди. [1–2] Однако качество распознавания все равно далеко от идеала и может быть улучшено. В данной статье предлагаются методики повышения качества распознавания изображений.

Основная проблема заключается в не идеальности самих данных (изображений), а не в нейросетях [3–4]. На некоторых изображениях распознаваемый объект может быть очень маленьким (например, занимать всего 10% от изображений), на других наоборот, слишком крупный и не помещаться целиком, на третьих, объект может быть растянут по вертикали или горизонтали или сдвинут в любую сторону, на некоторых может быть несколько объектов, а на некоторых изображениях искомого объекта может и вообще не быть. Эти проблемы приводят к тому, что обученные сверточные нейронные сети не могут найти искомые признаки на изображении и, как следствие, неверное его классифицируют [5].

Обычно самым лучшим решением данной проблемы будет правильная подготовка данных. Вручную, либо специальными сетями детекторами объектов, сначала на изображении находятся объекты и координаты прямоугольников, в которые они попадают. Затем обнаруженные в прямоугольниках объекты уже подаются на распознавание обученной сверточной нейронной сети. Но если такое распознавание объектов недоступно, то существуют другие методы повышения качества распознавания изображений. Именно они рассматриваются в данной статье.

Основная идея заключается в том, что на вход сверточной нейросети мы подаем не оригинальное изображение, а модифицированное изображение, например, большего размера, чем тот на который обучена нейросеть [6–7]. Зачастую качество распознавания меняется.

Глобально все эти методы называются дословно «Увеличение времени тестирования», в русскоязычной среде скорее всего встретиться термин «аугментация» или Test Time Augmentation (TTA) [8]. Мы подаем на распознавание картинку не 1 раз, а несколько раз в разных

Таблица 1. Необходимое разрешение для изображений на вход нейросети

Модель	Разрешение изображения
EfficientNetB0	224
EfficientNetB1	240
EfficientNetB2	260
EfficientNetB3	300
EfficientNetB4	380
EfficientNetB5	456
EfficientNetB6	528
EfficientNetB7	600



Рис. 1. Пример работы нейросети EfficientNetB0

модификациях (больше размер, меньше размер, поворот, зеркальное отображение, сдвиги, фильтры и т.д.). Это и есть аугментация. Эта техника позволяет увеличивать количество изображений для обучения нейросети и очень часто применяется. А также, ее можно применять и для распознавания изображений (режим инференс). Например, распознать оригинал и зеркальное отображение, а результат распознавания усреднить. В этом случае придется дважды распознавать изображение, что увеличивает вычислительную нагрузку, но качество практически всегда будет выше. Здесь стоит оговориться, что все эти модификации не должны изменить суть объекта. Например, если распознаются рукописные цифры, то не стоит делать поворот на 180 градусов, иначе число 6 превратится в число 9 и изображение будет неверно интерпретировано нейросетью.

Задача исследования понять, как лучше изменять начальные размеры изображений и соотношение сторон для получения лучшего результата кластеризации.

В исследование для классической задачи классификации кошек и собак применяется датасет из 4005 изображений кошек и 4000 собак, а также, использован язык программирования Python и библиотеки ИИ TensorFlow с оболочкой Keras от компании Google.

### Общие принципы работы нейросети

Нейросеть получает на вход набор данных (вектора, матрицы (изображения) или токены (слова)), обрабатывает их и передает на выход (выходы) результат. В этом исследовании используется нейросеть EfficientNet [9], которая обучена на датасете ImageNet [10] (в котором 1000 различных классов картинок) получает на вход изображение в формате 3-й мерной матрицы: Высота x Ширина x 3 Канала (RGB), а на выходе получится вектор размером 1000, который содержит вероятности для каждой из 1000 категорий:

Среди этих категорий названия животных, а для некоторых есть породы, а также вещей, овощей и фруктов.

Чем выше модификация EfficientNet — тем выше точность предсказаний на датасете ImageNet, но и требуется больше ресурсов и большее разрешения изображения.

Модель EfficientNetB0 содержит около 5 млн. параметров и обучена на изображениях 224x224, а EfficientNetB7 около 70 млн. параметров и обучена на изображениях 600x600. см. рисунок 3.



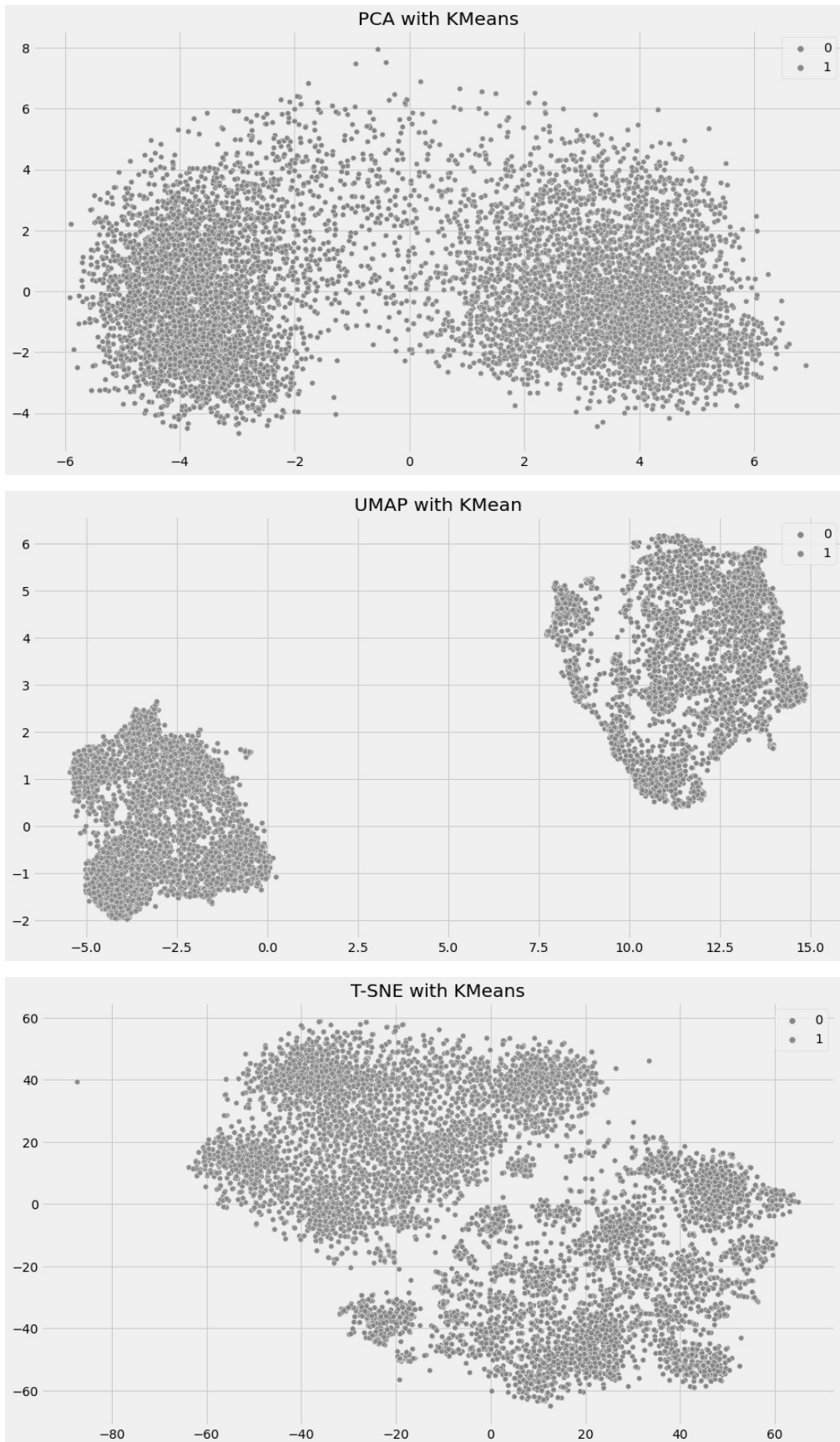


Рис. 2. Алгоритмы снижения размерности PCA, UMAP и T-SNE с разделением данных на 2 кластера

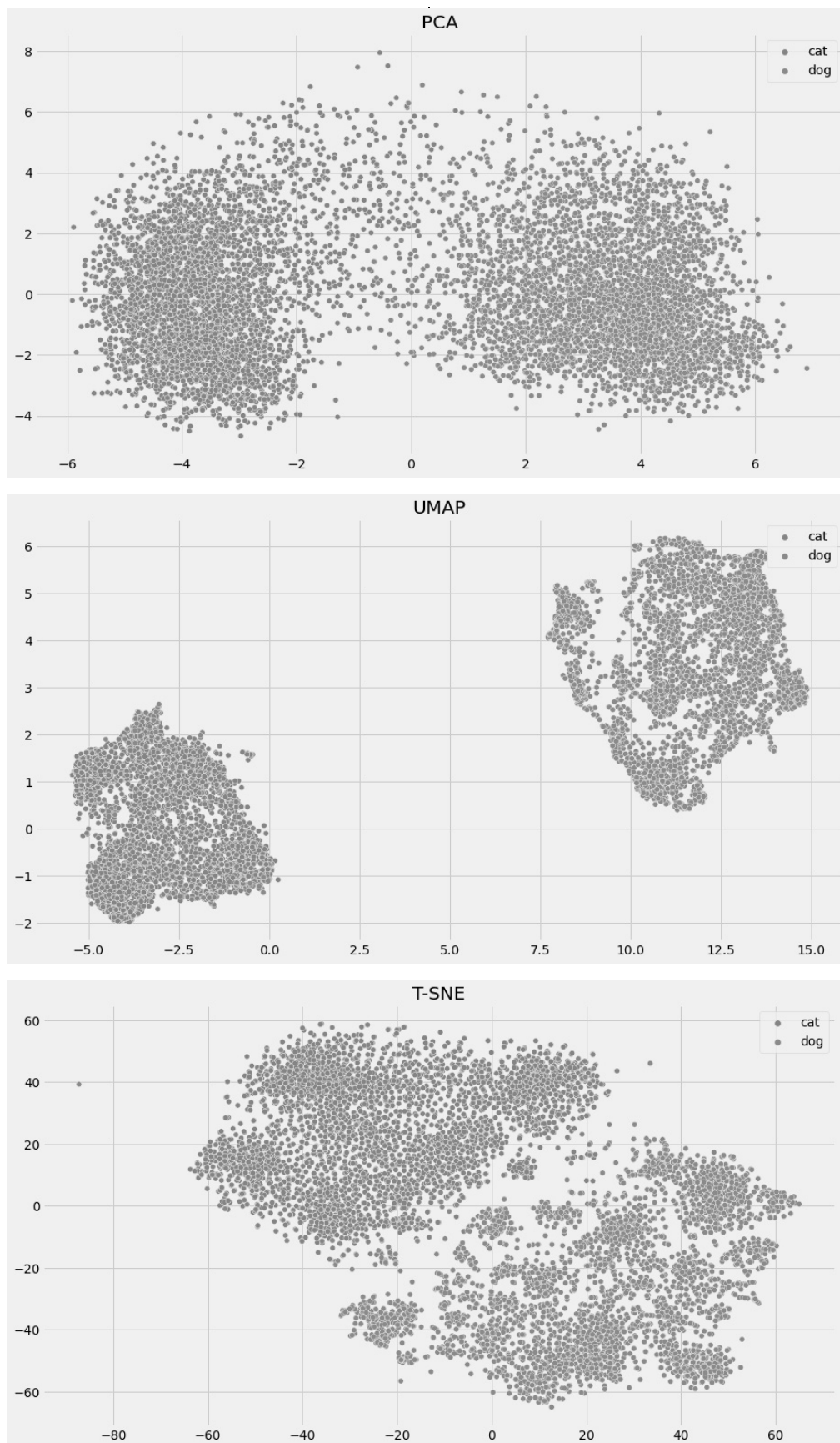


Рис. 3. Результат работы алгоритмов PCA, UMAP и T-SNE кластеризации изображений

Таблица 2. Результаты работы нейросети при разных входных значениях высоты и ширины изображений

Высота	Ширина	Размер	KMeans	PCA	UMAP	t-SNE	Среднее
202	202	90%	0.9818	0.9808	0.9885	0.9878	0.984725
213	213	95%	0.9829	0.9809	0.9893	0.9874	0.985125
224	224	100%	0.9861	0.9845	0.991	0.9886	0.98755
235	235	105%	0.988	0.987	0.9913	0.99	0.989075
247	247	110%	0.9881	0.9855	0.991	0.9883	0.988225
259	259	115%	0.9884	0.9875	0.9928	0.9904	0.989775
272	272	120%	0.9889	0.9873	0.9918	0.9909	0.989725
286	286	125%	0.9891	0.987	0.9939	0.9935	0.990875
300	300	130%	0.9896	0.9879	0.9929	0.9913	0.990425
315	315	135%	0.9898	0.9873	0.9938	0.9928	0.990925
331	331	140%	0.9891	0.988	0.9913	0.9909	0.989825
348	348	145%	0.9893	0.9866	0.9933	0.9898	0.98975
365	365	150%	0.9888	0.9874	0.9915	0.9888	0.989125
383	383	155%	0.9881	0.9864	0.991	0.982	0.986875

## Кластеризация изображений

Предлагаемая нейросеть обучена распознавать 1000 классов, но перед ней поставлена задача отделять собак от кошек (всего 2 класса). Здесь понадобятся «Эмбеддинги» (от английского слова Embedding, в русском языке иногда встречается термин «Вложения»).

В отличие от стандартной модели работы здесь нам не нужен выходной слой. Вместо него мы получили внутренний слой (Эмбеддинг) на выходе.

Эмбеддинг — это то, как модель представляет себе суть изображения (сжатое изображение), записанное в виде вектора. У разных моделей размер эмбеддинга может быть разным, а также можно брать не последний выходной слой(N), а более глубокий, например N-1, но обычно используется именно последний слой перед выходным.

Пропустив все 8005 изображений размера 224 x 244 через нейросеть EfficientNetB0 и взяв предпоследний выход (эмбеддинг), получается матрица размером: 8005 x 1280 т.е. для каждого изображения вектор длиной 1280. Далее нужно разделить вектора на 2 кластера — это и будут 2 наших класса (кошки и собаки). Для этого воспользуемся Методом Ближайшего Соседа [11] (KMeans). Он позволяет разделить данные на нужное количество кластеров (2 в нашем случае). В дополнении к этому воспользуемся алгоритмами снижения размерности векторов, такими как PCA [12], UMAP [13] и t-SNE [14] для снижения размерности вектора изображения до 2-х, а далее к полученным векторам опять применим Метод Ближайшего Соседа и сравним качество работы. Снижение размерности до 2-х позволит наглядно посмотреть на графике как тот или иной алгоритм раз-

деляет данные на кластеры. Для метрики используем простую точность (определяется как Количество правильных предсказаний поделить на общее количество предсказаний).

После применения метода кластеризации KMeans получим (см. рис. 2).

На рисунке 2 видно, что метод KMeans разметил данные на 2 кластера (0 и 1).

Также невооруженным взглядом заметно, что все используемые методы выделяют 2 выраженных кластера. В методе UMAP кластеры наиболее ярко выражены.

Следует отметить, что для алгоритма кластеризации важно разделить данные на заданное количество кластеров, при этом какой номер получит какой кластер может отличаться. Следовательно, если наша точность получится сильно меньше 0.5 (50%), то мы переворачиваем метки кластеров местами (т.к. у нас в датасете примерно равное количество собак и кошек (4005 изображений кошек и 4000 собак), то даже если модель вообще не работает, а случайно угадывает, то точность будет около 0.5).

Визуализируем правильность работы моделей (рис. 3).

Визуально заметно, что модели работают, также видно, что есть ошибки. Сравним точность:

KMeans 0.9861, PCA 0.9845, UMAP 0.9910, T-SNE 0.9886

Точность методов от 0.9845 до 0.9910. Максимальная точность у метода UMAP.

Таблица 3. 10 лучших результатов точности при разных значениях высоты и ширины

Высота	Ширина	Средняя Точность
331	383	0.990900
315	315	0.990900
300	365	0.990725
348	315	0.990725
259	315	0.990650
348	331	0.990625
300	286	0.990575
300	331	0.990525
300	315	0.990525
286	286	0.990500

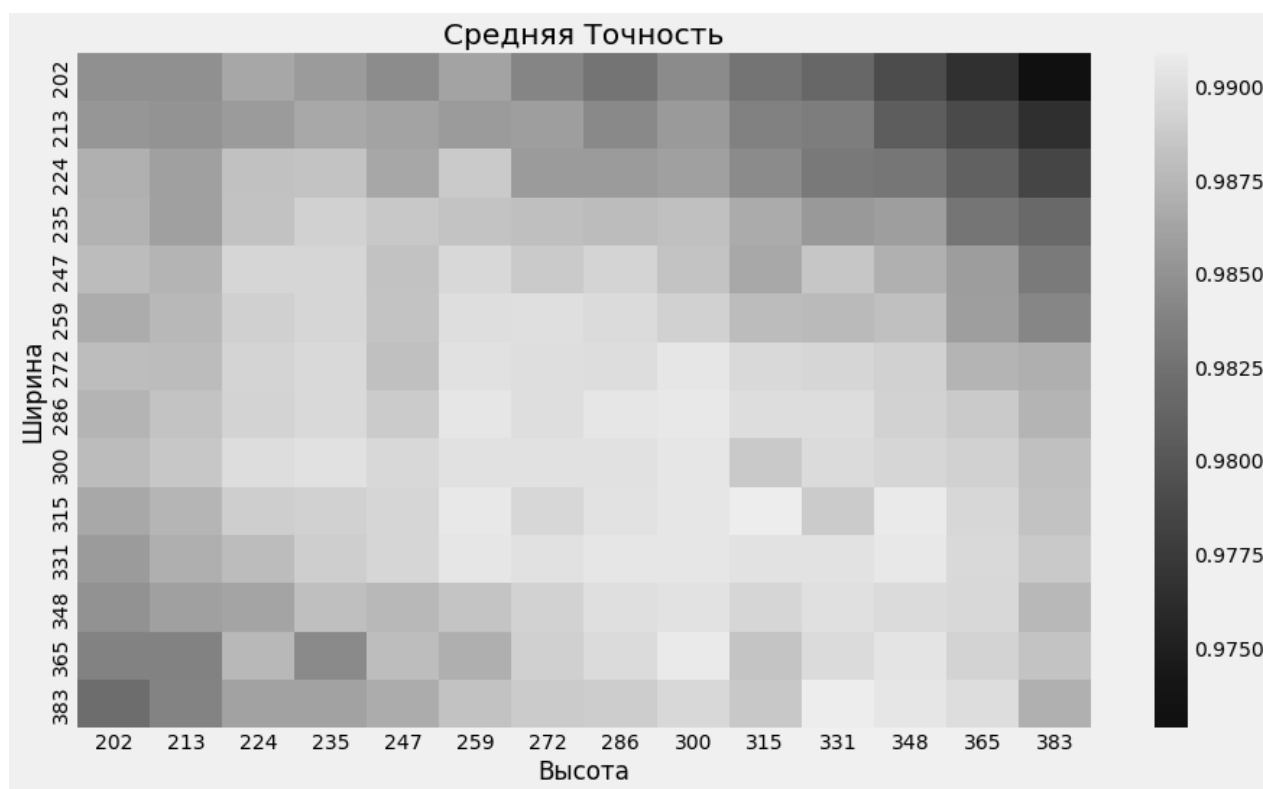


Рис. 4. Средняя точность работы моделей при разных значениях высоты и ширины изображений

Обычно при снижении размерности какая-то часть информации неизбежно теряется, поэтому точность после метода PCA всегда будет чуть хуже, чем KMeans без снижения размерности, однако благодаря этому снижению мы смогли визуализировать результат.

Изменение размеров изображений для улучшения точности работы модели

Модель EfficientNetV0 обучена на изображения 224 x 224. Этот размер мы использовали в примере выше.

Однако в сверхточных нейронных сетях мы можем подавать на вход изображения любого размера (необязательно квадратной формы), качество работы моделей при этом меняется. В данном исследовании предполагается подавать на вход нейросети изображения разных размеров и оценить итоговую точность работы.

Размеры увеличиваются и уменьшаются с шагом 5%

Как видно из таблицы лучшие результаты достигаются при увеличении изображения на 30% как по высоте, так и по ширине, т.е. при размерах 300 x 300, хотя изначально модель EfficientNetB0 обучена на изображения 224 x 224.

Проведение дальнейших экспериментов с различными значениями высоты и ширины дал результат:

Оптимальные результаты получаются при высоте 286–348 и ширине 272–383, что довольно далеко от ожидаемых.

Лучшие результаты представлены в таблице 3.

Нейронные сети могут использоваться для кластеризации изображений. Чтобы повысить качество работы нейросети зачастую следует изменять размеры изображений, подаваемых на вход. Оптимальные размеры могут существенно отличаться от тех, на которых нейросеть была обучена. В данном исследовании для получения лучшего результата размеры изображений были увеличены примерно на 30%. Результаты могут быть разными для разных датасетов, поэтому для увеличения точности следует произвести подобную калибровку на конкретном датасете.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лядова Е.Ф. Перспективные сервисы на основе технологий искусственного интеллекта и виртуальной реальности // Славянский форум. 2021. № 1 (31). С. 29–40
2. Мамадаев И.М., Минитаева А.М. Анализ способов распознавания достопримечательностей на фотографиях // Славянский форум. 2022. № 1 (35). С. 357–371.
3. Байгутлина И.А., Замятин П.А. Решение задач пространственного анализа с использованием нейропроцессоров российского производства // Славянский форум. 2022. № 1 (35). С. 301–313.
4. Барладян Б.Х., Шапиро Л.З., Маллачиев К.А., Хорошилов А.В., Солоделов Ю.А., Волобой А.Г., Галактионов В.А., Ковернинский И.В. Система визуализации для авиационной ОС реального времени JetOS. Труды ИСП РАН, том 32, вып. 1, 2020 г., стр. 57–70.
5. Сикорский О.С. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2017. — № . 20. — С. 37–42.
6. Шайтура Н.С. Визуализации трехмерных сцен // Славянский форум. — 2022. — № 3 (37) — с. 312–325.
7. Система генерации наборов изображений для задач компьютерного зрения на основе фотореалистичного рендеринга / В.В. Санжаров [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2020. № 80. 29 с.
8. Kandel I., Castelli M. Improving convolutional neural networks performance for image classification using test time augmentation: a case study using MURA dataset // Health information science and systems. — 2021. — Т. 9. — № . 1. — С. 1–22.
9. Tan M., Le Q. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks // International conference on machine learning. — PMLR, 2019. — С. 6105–6114.
10. Deng J. et al. Imagenet: A large-scale hierarchical image database // 2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — Ieee, 2009. — С. 248–255.
11. Харитонов С.П. Метод «ближайшего соседа» для математической оценки распределения биологических объектов на плоскости и на линии // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология. — 2005. — № . 1. — С. 213–221.
12. Yang J. et al. Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. — 2004. — Т. 26. — № . 1. — С. 131–137.
13. McInnes L., Healy J., Melville J. Umap: Uniform manifold approximation and projection for dimension reduction // arXiv preprint arXiv:1802.03426. — 2018.
14. Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing data using t-SNE // Journal of machine learning research. — 2008. — Т. 9. — № . 11

© Маркеев Максим Валерьевич ( mmarkeev@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ОДНОФАЗНОГО ВИЕННА-ВЫПРЯМИТЕЛЯ

## CHARGER CONTROL ALGORITHM BASED ON A SINGLE-PHASE VIENNA RECTIFIER

**D. Melnikov  
M. Petrovichev**

*Summary.* The application of a single-phase single-key PFC rectifier for use in electric vehicle chargers was studied in the article. The rectifier has a simple design and compact dimensions. It was derived from a three-phase Vienna rectifier, which has the advantages of low voltage per switch and high power factor. For the proposed rectifier, a control algorithm based on the equations of system dynamics has been developed. Computational experiments confirmed the acceptable performance of the proposed rectifier and control algorithm as an electric vehicle charger.

*Keywords:* rectifier, power factor, control algorithm, simulation, cascade controller, computational experiment, matrix operator.

**Мельников Дмитрий Владимирович**

Калужский филиал МГТУ имени Н.Э. Баумана  
Калуга

[melnikov-dv@eandex.ru](mailto:melnikov-dv@eandex.ru)

**Петровичев Максим Александрович**

Калужский филиал МГТУ имени Н.Э. Баумана  
Калуга

[tabblif@yandex.ru](mailto:tabblif@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье было изучено применение однофазного выпрямителя с корректором коэффициента мощности с одним ключом для применения в зарядных устройствах электромобилей. Выпрямитель отличается простой конструкцией и компактными размерами. Он был получен из трехфазного выпрямителя Виенна, который имеет такие преимущества, как низкое напряжение на каждом ключе и высокий коэффициент мощности. Для предлагаемого выпрямителя разработан алгоритм управления, основанный на уравнениях динамики системы. Вычислительные эксперименты подтвердили приемлемую производительность предложенного выпрямителя и алгоритма управления в качестве зарядного устройства электромобиля.

*Ключевые слова:* выпрямитель, коэффициента мощности, алгоритм управления, моделирование, каскадный регулятор, вычислительный эксперимент, матричный оператор.

**В** настоящее время электромобили производятся и разрабатываются многими компаниями по всему миру. Это позволяет сократить потребление ископаемого топлива и уменьшить загрязнение окружающей среды. В электромобилях важную роль играют преобразователи AC/DC, DC/DC, DC/AC, построенные на современной силовой электронике. Одной из основных частей электромобиля является аккумулятор, который обеспечивает энергией всю систему. Аккумуляторы электромобиля должны быть заряжены до определенного уровня. Для электромобилей были представлены различные зарядные устройства для быстрой или медленной зарядки в зависимости от номинальной мощности и места зарядки. Например, трехфазные выпрямители большой мощности могут зарядить аккумуляторную батарею электромобиля менее чем за 30 минут, но их нельзя поставить на борт. С другой стороны, однофазные выпрямители могут быть размещены в автомобиле из-за меньшего размера и более низкой номинальной мощности, однако время зарядки составляет пару часов, поэтому зарядку можно осуществлять ночью или во время парковки [1, 2].

Зарядное устройство для аккумуляторов электромобилей может быть простым диодным мостовым выпрямителем. Но известно, что для таких схем выпрямления коэффициент мощности является низким. В связи с развитием силовой электроники целесообразно использовать выпрямители с активной коррекцией коэффициента мощности. Эти активные повышающие выпрямители генерируют на выходе напряжение постоянного тока, превышающее амплитудное входное напряжение переменного тока, чтобы обеспечить работу преобразователя с коэффициентом мощности, близким к единице. Это осуществляется за счет синхронизированных форм напряжения и тока на стороне переменного тока. Известны различные топологии выпрямителей, в которых используются многочисленные активные переключатели и пассивные компоненты [3, 4] с одним или несколькими выходами в качестве двухуровневого или многоуровневого преобразователя. На таких выпрямителях используются различные контроллеры, обеспечивающие хорошую работу в различных неблагоприятных условиях [5, 6].

Таблица 1. Состояние переключений выпрямителя

Состояние переключ-я	Знак $i$	Состояние ключа $K$	Напряжение $U_{ab}$	Состояние $C_1$	Состояние $C_2$
1	$i > 0$	0	$U_{dc} / 2$	зарядка	разрядка
2	$i \geq 0$ или $i \leq 0$	1	0	разрядка	разрядка
3	$i < 0$	0	$-U_{dc} / 2$	разрядка	зарядка

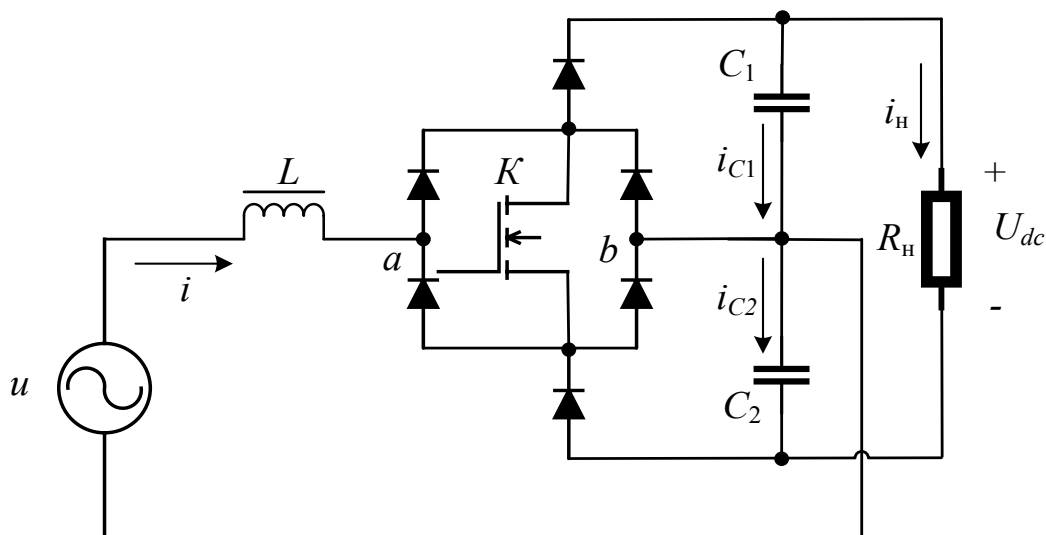


Рис. 1. Однофазный повышающий выпрямитель с ККМ

Одной из топологий с наименьшим количеством переключателей является выпрямитель Виенна — трехфазный повышающий выпрямитель, отличающийся высокой эффективностью и низким напряжением на компонентах. В работе, на базе трехфазного выпрямителя Виенна, предлагается построить однофазную структуру преобразователя (рисунок 1) с коррекцией коэффициента мощности, а также разработать алгоритм управления, поддерживающий постоянным выходное напряжение.

Благодаря использованию только одного активного переключателя и шести диодов его можно изготовить небольшого размера с малым весом, подходящим для бортовых зарядных устройств электромобилей. В качестве решения для однофазной топологии, моделирование и конструкция контроллера выполняются на основе одиночной нагрузки без использования подключения к нейтральной точке, что делает его полезным для практических зарядных устройств. Важным преимуществом этой топологии является низкое напряжение на каждом компоненте, которое будет испытывать половину общего напряжения шины постоянного тока на каждом интервале. В результате в этом выпрямителе могут быть использованы элементы с одинаковым номинальным

напряжением, а потери мощности будут практически одинаковыми на каждой части. Рассматривая последовательности переключений, приведенные в таблице 1, можно отметить, что основной проблемой этого преобразователя являются высокие пульсации напряжения на выходе постоянного тока из-за отсутствия состояний резервирования для постоянной балансировки напряжений конденсаторов.

Из таблицы 1 следует, что конденсаторы заряжаются только в одном коммутационном состоянии, что является причиной высоких пульсаций напряжения. Кроме того, благодаря трехуровневой форме сигнала  $U_{ab}$ , это зарядное устройство может иметь более низкие гармонические эффекты, чем другие двухуровневые зарядные устройства. Следует отметить, что в каждом полупериоде максимальное напряжение  $U_{ab}$  равно  $U_{dc} / 2$ , поэтому амплитудное значение напряжения переменного тока должно быть меньше  $U_{dc} / 2$ . Поскольку зарядным устройствам для аккумуляторов электромобилей требуется 400 В постоянного тока, то напряжение каждого конденсатора будет составлять 200 В, что подходит для этой топологии для работы в качестве повышающего выпрямителя с наименьшим количеством компонентов. Следует отметить, что

каждый компонент должен выдерживать напряжение  $U_{dc} / 2$ , что составляет 200 В в зарядном устройстве электромобиля. Чем ниже номинальное напряжение устройств, тем ниже потери мощности, ниже себестоимость изготовления.

Для моделирования выпрямителя Виенна опишем динамику его функционирования математической моделью. Введем следующую функцию переключения:

$$K = \begin{cases} 0, & \text{если транзистор закрыт,} \\ 1, & \text{если транзистор открыт.} \end{cases}$$

Математическая модель выпрямителя является существенно нелинейной и можно описать в зависимости от направления того и функции переключения следующим образом:

I.  $K = 1$ , положительное или отрицательное направление тока  $i$  (все параметры представлены на рисунке 1),

$$\begin{aligned} u &= L \frac{di}{dt}, \\ C_1 \frac{du_{c_1}}{dt} + \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} &= 0, \\ C_2 \frac{du_{c_2}}{dt} + \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} &= 0. \end{aligned} \tag{1}$$

II.  $K = 0, \text{sign}(i) > 0$  (транзистор закрыт и положительный полупериод входного тока). В этом случае верхний конденсатор заряжается, а нижний разряжается:

$$\begin{aligned} u &= L \frac{di}{dt} + u_{c_1}, \\ i &= C_1 \frac{du_{c_1}}{dt} + \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R}, \\ C_2 \frac{du_{c_2}}{dt} + \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} &= 0. \end{aligned} \tag{2}$$

III.  $K = 0, \text{sign}(i) < 0$  (транзистор закрыт и отрицательный полупериод входного тока). Верхний конденсатор разряжается заряжается, а нижний заряжается:

$$\begin{aligned} u &= L \frac{di}{dt} - u_{c_2}, \\ i &= -C_2 \frac{du_{c_2}}{dt} - \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R}, \\ C_1 \frac{du_{c_1}}{dt} + \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} &= 0. \end{aligned} \tag{3}$$

Используя функцию переключения и знак входного тока, уравнения (1–3) можно преобразовать в следующие уравнения:

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left[ u + (K-1) \begin{pmatrix} \frac{1+\text{sign}(i)}{2} u_{c_1} \\ -\frac{1-\text{sign}(i)}{2} u_{c_2} \end{pmatrix} \right] \\ \frac{du_{c_1}}{dt} = \frac{1}{C_1} \left[ \frac{1+\text{sign}(i)}{2} (1-K)i - \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} \right] \\ \frac{du_{c_2}}{dt} = \frac{1}{C_2} \left[ \frac{1-\text{sign}(i)}{2} (1-K)i - \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{R} \right] \end{cases} \tag{4}$$

В силу того, что интерес представляет выходное напряжение, которое определяется как сумма напряжений конденсаторов и предположив, что  $C_1 = C_2$ , можно уменьшить порядок системы (4). Тогда нелинейную модель однофазного Виенна-выпрямителя можно представить следующим образом:

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}(\mathbf{X}, t) \mathbf{X} + \mathbf{B}(\mathbf{X}, t) u + \mathbf{D}, \tag{5}$$

где

$$\dot{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} \frac{di}{dt} \\ \frac{du_{c_1} + du_{c_2}}{dt} \end{bmatrix}, \mathbf{X} = \begin{bmatrix} i \\ u_{c_1} + u_{c_2} \end{bmatrix}, u = [K],$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{-1 - \text{sign}(i)}{2} \\ \frac{\text{sign}(i)}{\tilde{N}} & -\frac{2}{RC} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} (1 + \text{sign}(i)) \left( \frac{u_{c_1} + u_{c_2}}{2} \right) - u_{c_2} \\ -\frac{\text{sign}(i)}{C} i \end{bmatrix}, \mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{u - u_{c_2}}{L} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Схема управления выпрямителя представлена на рисунке 2. Здесь реализован каскадный ПИ регулятор для управления напряжением постоянного тока на уровне  $U_3$  и подавления гармоник тока на входе в режиме работы с коэффициентом мощности равным единице. Блок фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) используется для вычисления угла входного напряжения и генерирования синхронизированного



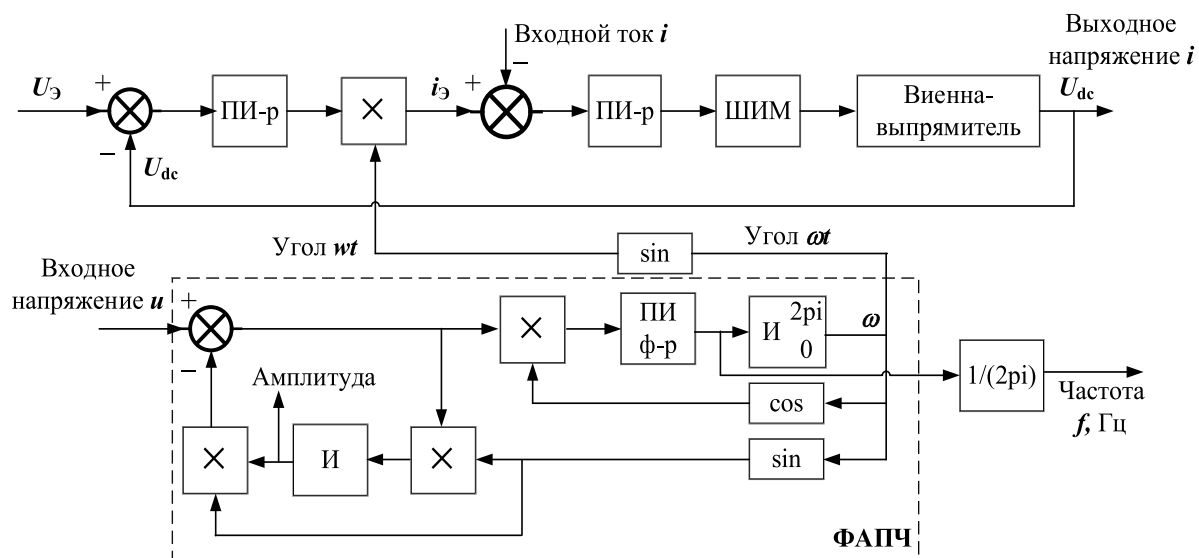


Рис. 2. Структурная схема управления

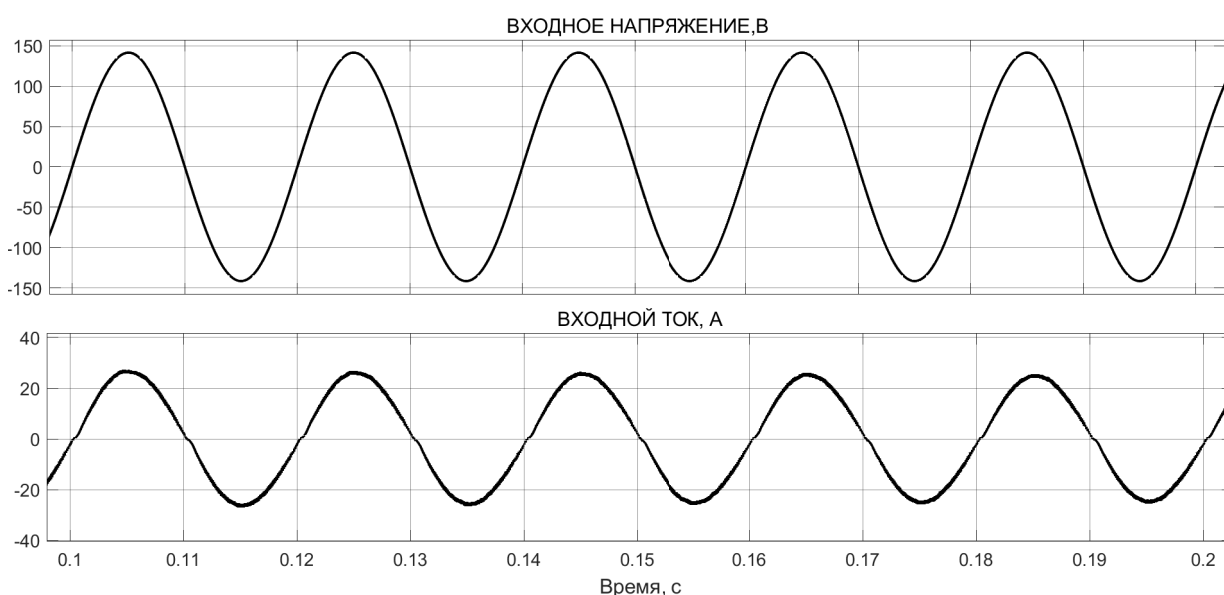


Рис. 3. Входное напряжение и входной ток

опорного (эталонного) тока  $i_{э}$ , который должен потребляться выпрямителем, чтобы обеспечить коррекцию коэффициента мощности.

Внешний контур каскадного регулятора содержит регулятор напряжения, выход которого поступает на регулятор тока (внутренний контур) в качестве амплитуды опорного сигнала. ШИМ с несколькими несущими используется для генерации необходимых импульсов, которые отправляются на соответствующие коммутаторы. ПИ-регуляторы имеют хорошие характеристики при низкой частоте входного сигнала (напри-

мер, внешний контур), но при этом имеет некоторую установившуюся ошибку, когда на вход подается изменяющийся во времени сигнал, например синусоидальный ток, что приводит к ошибке слежения за линейным током. Чтобы уменьшить указанный эффект, для регулятора внутреннего контура следует выбрать небольшой интегральный коэффициент усиления, обеспечивающий его более высокую скорость по сравнению с внешним контуром.

В работе проведен вычислительный эксперимент в среде Matlab, подтверждающий принципиальную

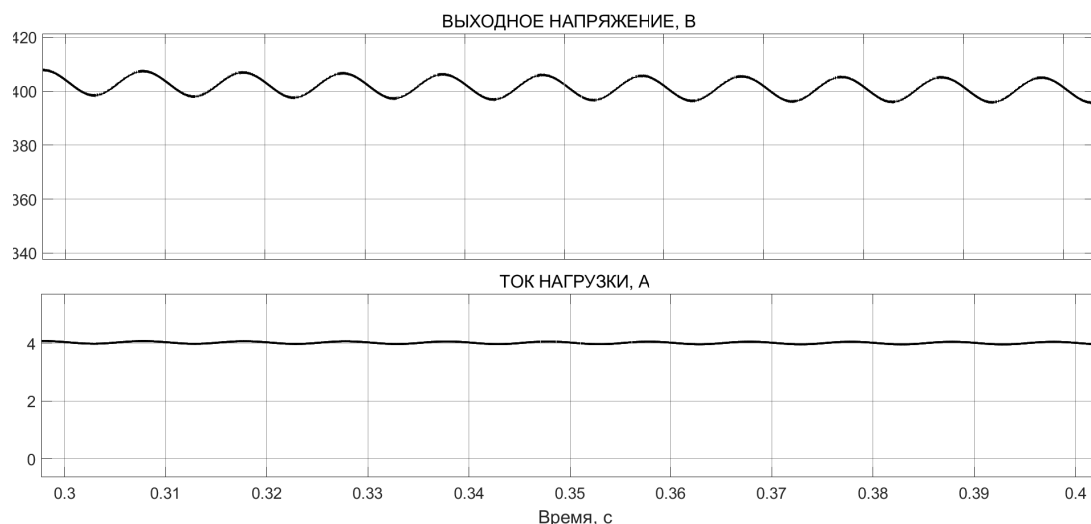


Рис. 4. Выходное напряжение и выходной ток

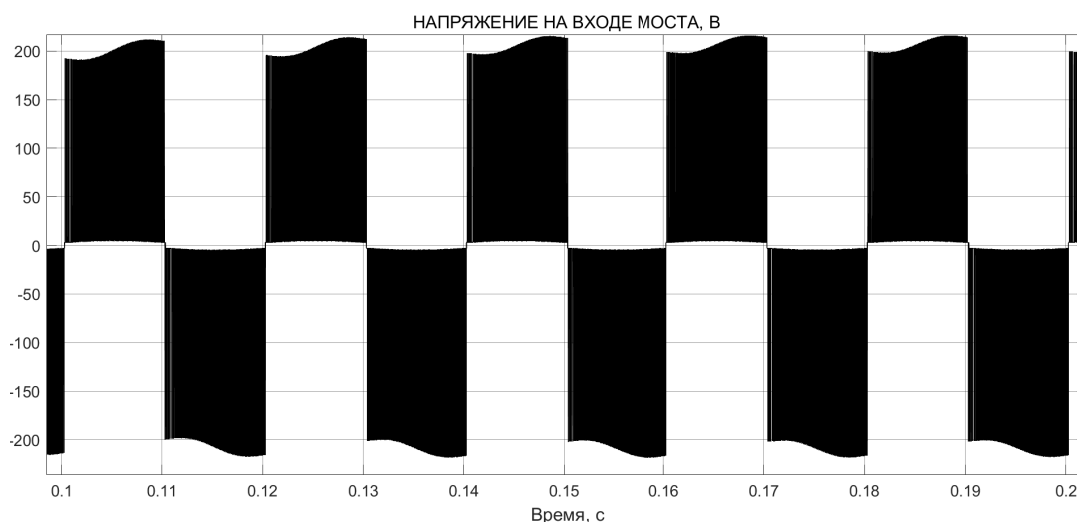


Рис. 5. Трехуровневая форма напряжения выпрямителя

возможность создания однофазного зарядного устройства и системы управления на базе микроконтроллера. При моделировании параметры выпрямителя принимали следующие значения: входное напряжение — 100 В, 50 Гц, индуктивность  $L = 3$  мГн, выходные емкости  $C_1 = C_2 = 2500$  мкФ, нагрузка  $R = 100$  Ом, частота ШИМ — 10 кГц. Коэффициенты ПИ-регуляторов были рассчитаны проекционно-матричными методами [7–9]. Для контура напряжения коэффициенты принимали следующие значения —  $KП = 1$ ,  $KИ = 30$ , для контура тока  $KП = 1,2$ ,  $KИ = 0,1$ .

На рисунках 3, 4 показаны результаты, когда выпрямитель генерирует на выходе 400 В и 4 А постоянного тока. Пульсации выходного напряжения менее

3% от номинального значения. Входное напряжение и входной ток являются синфазными. Результаты подтверждают хорошие динамические характеристики предложенного однофазного выпрямителя Виенна и реализованного контроллера при регулировании выходного постоянного напряжения, которое используется для зарядки аккумуляторов электромобиля.

Трехуровневая форма напряжения выпрямителя показана на рисунке 5, которая формируется правильным переключением и сбалансированными напряжениями конденсаторов постоянного тока. На рисунке 6 представлен частотный спектр входного тока. Очевидно, что коэффициент нелинейных искажений тока ниже стандартных

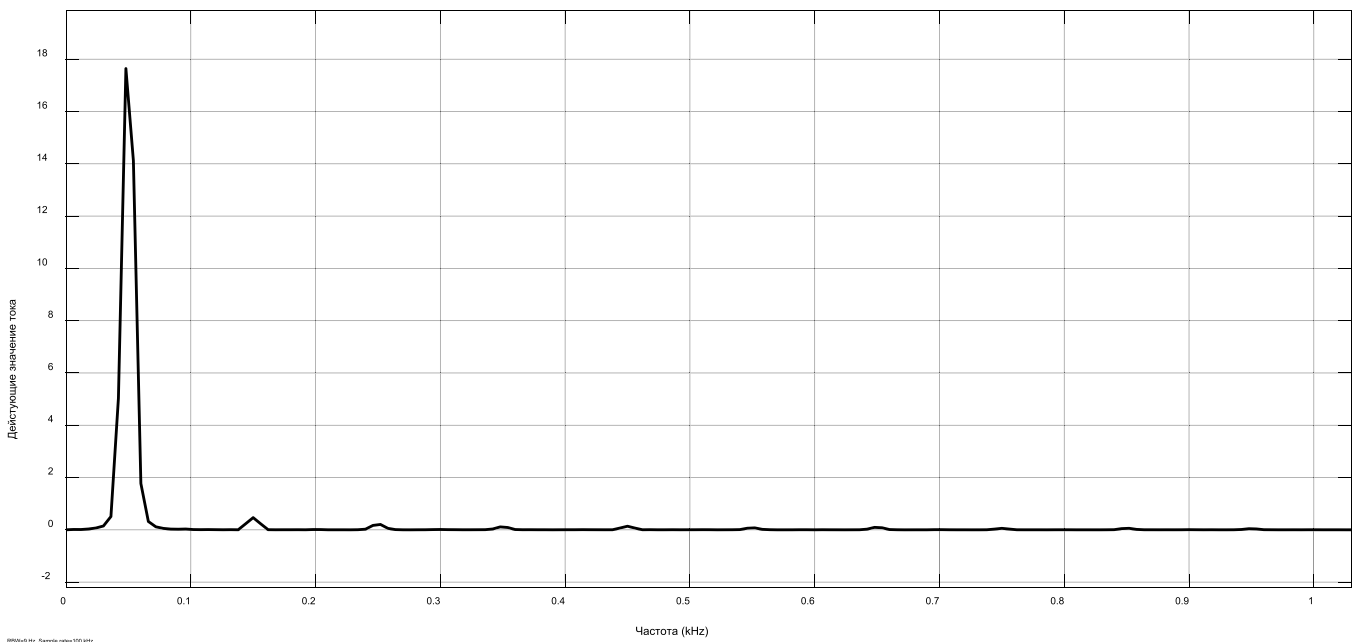


Рис. 6. Частотный спектр входного тока

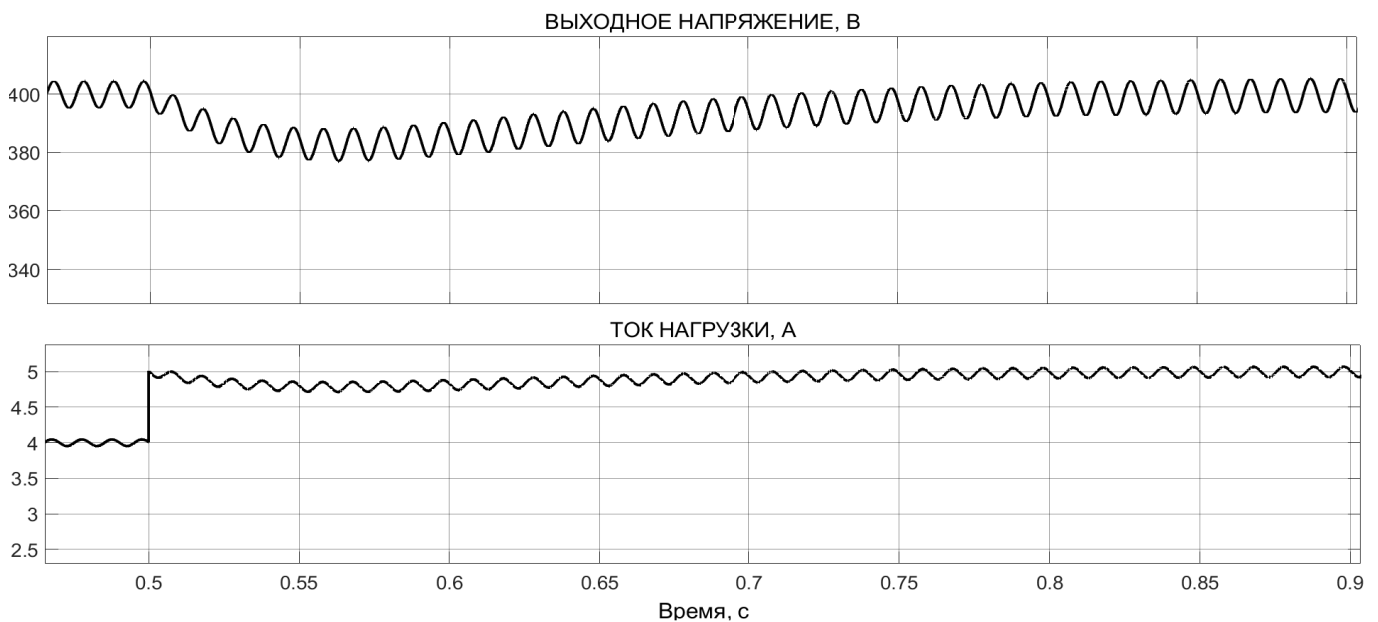


Рис. 7. Выходное напряжение и выходной ток при увеличении нагрузки на 20%

уровней из-за формирования 3-уровневого квазисинусоидального напряжения, генерируемого выпрямителем, что естественным образом снижает гармоники без использования дополнительных громоздких фильтров.

В следующем вычислительном эксперименте нагрузка резко увеличивается на 20%. Как показано на рисунке 7, выходное постоянное напряжение по-прежнему

успешно регулируется на уровне 400 В, в то время как ток нагрузки увеличивается.

Результаты вычислительных экспериментов подтверждают приемлемую работу и хорошие динамические характеристики однофазного выпрямителя Виенна при питании нагрузки постоянного тока в качестве зарядного устройства электромобиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Yilmaz and P.T. Krein, "Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plugin plugin in electric and hybrid vehicles," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, pp. 2151–2169, 2013.
2. J. Metri, C.T. Saadeh, and H. Kanaan, "Design, control and simulation of a fuel-cell-fed power conversion system for electric vehicles," in *Renewable Energies for Developing Countries (REDEC), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 199–204.
3. J. W. Kolar, T. Friedli *The Essence of Three-Phase PFC Rectifier Systems — Part I.* *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 28, No. 1, pp. 176–198, January 2013.
4. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: Учебник. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч. 1. — 199 с.
5. V. Kedjar, H.Y. Kanaan, and K. Al-Haddad, "Vienna rectifier with power quality added function," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, pp. 3847–3856, 2014.
6. H.Y. Kanaan, C. Somers, and K. Al-Haddad, "Power Factor Correction with a Modified Sheppard-Taylor Topology Operating in Discontinuous Capacitor Voltage Mode and Low Output Voltage," *IEEE Journal Emerg. and Select. Topics in Power Electron.*, vol. 3, pp. 430–439, 2014.
7. Окар М., Мельников Д.В. Алгоритм расчета нелинейных систем управления проекционно-матричным методом. *Инженерный журнал: наука и инновации.* 2014. № 12 (36). С. 17.
8. Мельников Д.В., Корнюшин П.Ю., Мин Ч. Ту., Чжо Ту.А., Окар М. Проекционно-матричный подход к анализу и синтезу систем управления электроэнергетических систем. *Научное обозрение.* 2015. № 2. С. 88–97.
9. Пупков К.А., Егупов Н.Д., Лукашенко Ю.Л., Мельников Д.В., Рыбин В.М., Трофимов А.И. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 664 с.

© Мельников Дмитрий Владимирович ( melnikov-dv@eandex.ru), Петровичев Максим Александрович ( tabblif@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

**Москвина Надежда Андреевна**

Аспирант

Российский экономический университет имени

Г.В. Плеханова, Москва

cheshirewhitecat@yandex.ru

## STUDY OF THE PECULIARITIES OF ENSURING INFORMATION PROTECTION IN THE PROCESS OF AUTOMATION OF MODERN MEDICAL INSTITUTIONS

**N. Moskvina**

*Summary.* The main direction in the development of information technology is to ensure the information security of computer systems and software and hardware. In modern conditions, information is the basic basis in the process of activity of both an individual and society as a whole. Along with the development of science, there is an inevitable complication of the information model of the world. The quality of life of mankind directly depends on the degree of understanding of the flow of information processes.

This article is devoted to the study of the features of ensuring the protection of information in the process of automation of modern medical institutions. The article analyzes the features of automating the activities of modern medical institutions, the features of ensuring the protection of information in the process of automation, and explores typical information resources that participate in the information exchange of medical institutions.

*Keywords:* automation, medical institutions, information security, information resources, medical data, information protection, automated information systems.

*Аннотация.* Основное направление развития информационных технологий — обеспечение информационной безопасности компьютерных систем и программно-аппаратных средств. В современных условиях информация является базовой основой в процессе деятельности как отдельного человека, так и общества в целом. Вместе с развитием науки происходит неизбежное усложнение информационной модели мира. Качество жизни человечества напрямую зависит от степени понимания протекания информационных процессов.

Настоящая статья посвящена исследованию особенностей обеспечения защиты информации в процессе автоматизации современных медицинских учреждений. В статье произведен анализ особенностей автоматизации деятельности современных медицинских учреждений, особенностей обеспечения защиты информации в процессе автоматизации, исследованы типовые информационные ресурсы, которые участвуют в информационном обмене медицинских учреждений.

*Ключевые слова:* автоматизация, медицинские учреждения, информационная безопасность, информационные ресурсы, медицинские данные, защита информации, автоматизированные информационные системы.

## Введение

**Т**ема настоящей статьи — «Исследование особенностей обеспечения защиты информации в процессе автоматизации современных медицинских учреждений».

Актуальность выбранной темы можно объяснить тем, что в настоящее время наметилась тенденция по-

стоянного роста числа потенциальных угроз конфиденциальности информации при обработке в автоматизированных системах в том числе и в медицинской сфере. Этот рост объясняется совершенствованием технических средств, компьютеризацией страны, возможностью всестороннего доступа к базам данных [1].

Цель статьи — исследование уязвимостей информационных ресурсов медицинских организаций при

их обработке в автоматизированных информационных системах и разработка модели угроз и модели нарушителя при автоматизированной обработке.

Объект исследования — система защиты информации в автоматизированных информационных системах медицинских учреждениях.

Предмет исследования — обеспечение информационной безопасности автоматизированных информационных системах медицинских учреждениях.

В процессе выполнения статьи использованы следующие общенаучные методы познания: анализ, синтез, дедукция, индукция.

## Основная часть

Нынешние масштабы использования программно-аппаратных средств в медицинской сфере предполагают к появлению угроз, связанных с возможностью потери, искажения, данных, которые адресованы или принадлежат владельцам информации. В процессе анализа уязвимостей объекта защиты используется ряд критериев оценки. Наиболее распространенными и применяемыми критериями являются: степень защищенности информационных ресурсов, количество используемых процедур в процессе защиты информации, степень совместимости применяемых процедур, объем капитальных вложений на организацию системы защиты информации [2]. Для проверки достоверности и эффективности системы защиты информационных ресурсов медицинских учреждений применяются различные виды данных, отражающих работу защитной системы. Также для этих целей применяются различные отчетные документы и данные о результатах проводимой работы. Основные задачи проведения оценки степени защиты информационных ресурсов рассматриваются в контексте конкретного медицинского объекта, а также его роли в системе. Область проведенной оценки определяется применяемой моделью. В этой модели отражены основные параметры проводимого анализа безопасности баз данных. Основными критериями эффективности аудита информационной безопасности являются [3]:

- ◆ оценка рисков на организационном уровне;
- ◆ снижения рисков;
- ◆ повторные оценки рисков;
- ◆ оценка рисков на техническом уровне;
- ◆ учет рисков, связанных с использованием технологий.

Неотъемлемой частью упреждающей методики является анализ информации центров изучения проблем информационной безопасности. Работы по исследованию уровня безопасности информационных ресурсов прово-

дятся в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 17799. В состав этого стандарта входят основные требования к процедуре проверки эффективности информационной безопасности организаций. Также этот документ предусматривает определенную форму. В соответствии с этой формой осуществляется оформление результатов проверок. Отчет должен содержать информацию о всех выявленных потенциальных опасностях для баз данных медицинских организаций [4].

В большинстве случаев, медицинские организации нуждаются в систематическом проведении оценки уязвимости информационной безопасности при обработке данных в автоматизированных информационных системах. Это необходимо для обеспечения эффективной работы средств защиты информационных ресурсов. Проведение таких мероприятий сопряжено с большими финансовыми затратами, так как процесс проверки эффективности информационной безопасности является трудоемким и долгим. Эти расходы являются вполне оправданными, ведь в случае взлома информационной сети или утечки баз данных организация несет несравнимо большие убытки [5].

Произведем анализ уязвимостей объекта защиты информации при использовании информационных систем автоматизации — типового учреждения здравоохранения.

Для типового учреждения здравоохранения выявлены ниже представленные информационные активы [6].

1. Информационный актив № 1: документы, имеющие отношение к планам развития медицинского учреждения и содержащие следующую информацию:
  - ◆ информация о планах развития медицинского учреждения;
  - ◆ документация о сделках с подрядчиками;
  - ◆ медицинские программы.
2. Информационный актив № 2: документы, имеющие отношение к непосредственной деятельности медицинского учреждения:
  - ◆ персональные данные пациентов и сотрудников;
  - ◆ бюджеты, финансовая информация;
  - ◆ отчеты о работе структурных подразделений.
3. Физический актив № 1: резервные копии информационной системы медицинского учреждения.

Оценка уязвимости активов медицинского учреждения проводится в соответствии с внутренним приказом руководителя один раз в год.

Оценку проводит специальная комиссия, в состав которой входят сотрудники отдела системного админи-

Таблица 1. Результаты оценки уязвимости активов медицинского учреждения

Группа уязвимостей Содержание уязвимости	Информационный актив № 1	Информационный актив № 2	Физический актив № 1
Среда и инфраструктура			
1.1. Незащищенное хранение.			низкая
1.2. Отсутствие или некорректная политика контроля доступа.			средняя
Аппаратное обеспечение			
2.1. Подверженность влажности, пыли и загрязнению.			низкая
2.2. Подверженность перепадам температур.			низкая
2.3. Подверженность колебаниям напряжения.			низкая
Контроль доступа			
3.1. Неправильное разграничение доступа в сетях.	средняя	средняя	
3.2. Отсутствие защиты мобильного компьютерного оборудования.	низкая	низкая	
3.3. Плохое управление паролями (хранение пароля, легко угадываемые пароли и т.д.).	средняя	средняя	
Коммуникации			
4.1. Незащищенное соединение с сетями общего пользования.	средняя	средняя	
4.2. Отсутствие обновления операционных систем и программного обеспечения.	низкая	низкая	
4.3. Неконтролируемое копирование.	высокая	высокая	
4.4. Отсутствие процедур резервного копирования.	высокая	высокая	
Персонал			
5.1. Неосведомленность в вопросах безопасности	низкая	низкая	низкая
5.2. Не отменяются права доступа после увольнения	средняя	средняя	
Общие уязвимые места			
6.1. Неконтролируемая загрузки и использование программного обеспечения.	средняя	средняя	

стрирования и бухгалтерии. Данная комиссия должна своевременно идентифицировать возможные проблемы и расставить должным образом приоритеты по их предупреждению [7].

Результаты оценки уязвимости активов медицинского учреждения приведены в таблице 1.

В последние годы наметилась четкая тенденция перехода работы медицинских учреждений на цифровые технологии. Эта тенденция характерна для всех организаций вне зависимости от места их расположения.

В процессе своей деятельности такие организации пользуются информационными сетями, которые харак-

теризуются низкой степенью защиты базы данных. Сетевая структура государственных поликлиник и больниц представлена в основном различными административными и организационными связями [8].

Для обеспечения высокой степени эффективности информационного взаимодействия необходимо организовать единую корпоративную сеть учреждений. Основная задача управления сетью состоит в управлении потоками данных. Таким образом, структура сети представляет собой объект управления.

В состав информационных баз данных объектов входят различные документы. Данная информация хранится в специальных структурированных базах данных и других информационных ресурсах. Информация, хранящаяся в базах данных учреждений, характеризуется рядом особенностей. Информация о деятельности больниц и поликлиник, а также личные данные пациентов могут использоваться и участвовать в обмене между базами данных с определенными ограничениями [9].

Базы данных медицинских учреждений характеризуются следующими признаками [10]:

- ◆ относительно большой размер информационных ресурсов;
- ◆ постоянное обращение к информационным ресурсам со стороны большого количества пользователей;
- ◆ большое количество источников новой информации, которая стекается на единый сервер;
- ◆ необходимость осуществления множества различных операций в процессе работы с базами данных.

Базы данных, формируемые медицинскими учреждениями, как и все прочие информационные ресурсы, имеют свою классификацию [11]:

- ◆ в зависимости от источника информации;
- ◆ в зависимости от правообладателя информационных ресурсов;
- ◆ в зависимости от степени защиты и количества лиц, имеющих прямой доступ к базам данных;
- ◆ в зависимости от способа вывода информации пользователю;
- ◆ в зависимости от вида данных, хранящихся в информационной базе;
- ◆ в зависимости от формы собственности;
- ◆ в зависимости от структурных особенностей.

Всего десять лет назад медицинская система РФ характеризовалась полным отсутствием средств автоматизации обмена информацией. Все документы, с которыми приходилось ежедневно работать персоналу, имели бумажный вид. Это накладывало определенные

ограничения на удобство работы с документами. Также отсутствие автоматизации документооборота сдерживало развитие и совершенствования качества обслуживания клиентов [12].

Современные информационные технологии являются полнофункциональными. Каждый работник имеет широкий набор возможностей в процессе работы с электронными базами данных пациентов. Современные масштабные многопрофильные структуры в наибольшей степени способны реализовать весь потенциал информационных технологий. К таким структурам относится многопрофильный центр здоровья.

Такие многопрофильные структуры позволяют [13]:

- ◆ осуществлять автоматизированный контроль и управление данными о всех этапах лабораторных исследований.
- ◆ осуществлять обработку данных, представленных в графическом виде.
- ◆ работа с базами данных о донорах и других пациентах, которым когда-либо проводились процедуры по переливанию крови.

Таким образом, информационные технологии позволяют врачам больше времени уделять пациентам, так как большой объем работы с документами осуществляется в автоматическом режиме с использованием ЭВМ. Постоянное совершенствование оборудования также диктует необходимость перехода на работу с информационными технологиями. Например, в настоящее время большинство оборудования выводит информацию о результатах исследования в цифровом виде.

Также очевиден прогресс в сфере научных исследований в результате повсеместного использования различных информационных технологий. С помощью ЭВМ появилась возможность создания сложных и емких моделей, с помощью которых осуществляется изучение различных дисциплин. С помощью информационных технологий осуществляется прогнозирование генетической предрасположенности человека к тем или иным заболеваниям [14].

Нейтрализация лишь наиболее опасных угроз достигается выбором оборонительной стратегии (в случае исключения вмешательства в процесс функционирования информационной системы). Этого можно достигнуть с помощью построения «защитной оболочки», которая подразумевает разработку неких дополнительных организационных мер, создание программных средств допуска к ресурсам ИС и использованию технических средств контроля помещений, в которых расположено критически важное оборудование.



Стратегия защиты информации от взломов подразумевает проведение комплекса следующих мероприятий: анализ контрагентов, изучение условий договоров, защита компьютерных систем и т.д. Она обеспечивает защиту информационной системы на основе постоянно действующей системы инженерно-технических мероприятий. Данная методика обеспечивает наиболее низкий уровень информационной защищенности относительно двух других методик [15].

Наступательная стратегия предусматривает активное вмешательство в деятельность известных угроз, которые могут влиять на безопасность системы. Данная методика включает в себя установку дополнительных программно-аппаратных средств аутентификации пользователей, использование более производительных технологий восстановления данных и разгрузки, а также повышение доступности системы с помощью использования резервирования.

Процессы разработки программного обеспечения для медицинских учреждений, а также его эксплуатация сопряжены с постоянными угрозами безопасности программно-аппаратного обеспечения, информационных ресурсов и персональных данных сотрудников и пациентов. Данная особенность является характерной в сфере создания программно-аппаратных продуктов, баз данных, а также других компонентов ИСПДн. Компьютерные вирусы представляют собой самые опасные средства для негативного воздействия на комплекс программно-аппаратных компонентов. Под компьютерным вирусом подразумевается ПО, предназначенное для нанесения урона базам данных. Компьютерные вирусы характеризуются возможностью распространения на другие программные продукты, и телекоммуникационные каналы.

Еще одним распространенным способом деструктивного воздействия программное обеспечение является применение алгоритмических и программных закладок. Под алгоритмической закладкой подразумевается умышленное нарушение целостности определенной части алгоритма, в соответствии с которым происходит решение задач. Также алгоритмическая закладка способна выстраивать алгоритм таким образом, чтобы в итоге отсутствовала возможность реализации алгоритма совместно с программными компонентами или комплексами. Под программной закладкой подразумеваются операторы или операнды, которые были преднамеренно включены в реализуемый код. Это осуществляется завуалировано и может произойти на любом из этапов [16].

Все известные на сегодняшний день деструктивные программные средства являются разрушительными и вредоносными. В результате их воздействия наносится колоссальный ущерб компьютерным системам и про-

граммно-аппаратным средствам. Для оценки актуальности угроз утечки информации по техническим каналам и угроз НСД необходимо определить вариант типовой модели угроз, которому соответствует рассматриваемая ИС, и оценить соответствующие типовой модели угрозы по методике определения актуальных угроз [17].

### 1. Угрозы утечки видовой информации.

В информационной системе больницы физическое лицо не имеет возможности неконтролируемого пребывания на территории служебных помещений, соответственно.

### 2. Угрозы утечки информации по каналу ПЭМИН.

### 3. Угрозы несанкционированного доступа к информации.

В ходе рассмотрения всех угроз, описанных в предыдущих разделах, можно сделать вывод, что главной угрозой информационной системы является угроза НСД к информации.

Актуальными угрозами исследуемого субъекта здравоохранения являются [18]:

- ◆ несанкционированный доступ к ресурсам сети с целью анализа сетевого трафика;
- ◆ несанкционированный доступ к ресурсам сети с целью сканирования параметров информационной системы;
- ◆ несанкционированный доступ к ресурсам сети с целью установки вредоносного ПО.

Потенциальных нарушителей, которые могут нанести вред информационным ресурсам и ПДн, классифицируют на нарушителей:

- ◆ внешних, которые не имеют санкционированных возможностей для объекта доступа в контролируемую зону;
- ◆ внутренних, которые имеют постоянный или разовый доступ в контролируемую зону.

Оценка рисков угроз безопасности персональных данных информационных систем медицинского учреждения проводится 1 раз в год.

Основание для проведения оценки — приказ руководителя о проведении проверки. Оценку проводят сотрудники отдела системного администрирования и бухгалтерии [19].

Результаты оценки рисков угроз безопасности персональных данных информационных систем медицинского учреждения приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оценки рисков угроз безопасности информационных систем медицинского учреждения

Группа угроз Содержание угроз	Информационный актив № 1	Информационный актив № 2	Физический актив № 1
<b>Угрозы, обусловленные преднамеренными действиями</b>			
1.1. Кража компьютерного оборудования и носителей информации.			низкая
1.2. Утечка конфиденциальной информации из сети по каналам связи	средняя	средняя	
1.3. Перехват информации на линиях связи путем использования различных видов анализаторов сетевого трафика.	низкая	низкая	
<b>Угрозы, обусловленные случайными действиями</b>			
2.1. Утечка конфиденциальной информации в следствии утери мобильных устройств	низкая	низкая	
2.2. Разрушение данных по причине системного сбоя или ошибки ПО	низкая	низкая	
<b>Угрозы, обусловленные естественными причинами (природные, техногенные факторы)</b>			
3.1. Затопление, пожар, ураган, землетрясение и т.п.	низкая	низкая	низкая

Для перечня угроз программного характера эффективным способом противодействия является использование антивирусных средств.

Наиболее продвинутое решение в данной области предлагает компания «Лаборатория Касперского».

Лаборатория Касперского предлагает решения мирового уровня для эффективной защиты рабочих станций и серверов, блокировки вредоносного ПО, безопасности конфиденциальных данных, предотвращения неавторизованного доступа в корпоративные сети и других аспектов информационной безопасности.

К основным достоинствам этого программного продукта следует отнести [20]:

1. Управление системой можно осуществлять любым устройством, для которого имеется специальное приложение.
2. Kaspersky Endpoint Security Cloud имеет все необходимые предварительные настройки, которые освобождают сотрудников организации от наладочных работ и тестирования системы перед началом ее полноценного использования в качестве основного инструмента защиты.
3. Данный программный продукт подразумевает возможность его использования в облачном режиме, что в значительной степени расширяет его возможности.

4. Возможность использования единой учетной записи при работе под разными операционными системами.
5. Высокая степень защиты ресурсов сети за счет использования комплексного подхода при решении задач безопасности.
6. Применение инструментов для защиты мобильных устройств от попыток незаконного взлома и изменения прошивки.
7. Возможность дистанционного управления системой из головного офиса всеми филиалами.

Рассмотрим некоторые особенности предлагаемых компанией продуктов. Kaspersky Security на основе патентованных технологий и уникальной архитектуры обеспечивает надежную защиту ИС. Приложение поддерживает VMware vSphere с NSX, Microsoft Hyper-V, Citrix XenServer и KVM. Независимо от конфигурации платформы и степени гибридизации, локального или облачного расположения, вы сможете управлять системой безопасности из единой консоли. Эксперты-аналитики используют самые совершенные методы отслеживания ландшафта DDoS-угроз, опережая действия злоумышленников и обнаруживая DDoS-атаки на ранних этапах [21].

Адаптивная модель безопасности — это сочетание четырех компонентов: предотвращения, обнаружения, реагирования и прогнозирования. Это позволяет за-

метно снизить риск атак и ущерб от них — большинство угроз отражаются благодаря аналитике и превентивным технологиям, а остальные обнаруживаются и обезвреживаются гораздо быстрее, чем происходит при традиционном подходе к защите. Программный продукт Kaspersky Endpoint Security Cloud ориентирован на использование в условиях малых и средних организаций [22]. Основное назначение этого ПО — комплексная защита информационных ресурсов организации. Функционал этой системы обеспечивает управление системой дистанционно через сеть Интернет. Данный программный продукт подразумевает возможность его использования в облачном режиме, что в значительной степени расширяет его возможности. При наличии доступа в Интернет, управление системой можно осуществлять любым устройством, для которого имеется специальное приложение. Компания разработчик обеспечивает пользователей системой всей необходимой инфраструктурой для работы в облачном режиме. Программный продукт Kaspersky Endpoint Security Cloud ориентирован на использование в условиях малых и средних организаций, в которых нет полноценного штата сотрудников, которые смогли бы обеспечить работоспособность других СЗИ от НСД. В процессе разработки этого программного продукта разработчиками был сделан акцент на простоту использования и высокую эффективности защиты информационных ресурсов [23]. Таким образом, это ПО осуществляет противодействие всем известным на данный момент способам хищения информации. Kaspersky Endpoint Security Cloud имеет все необходимые предварительные настройки, которые освобождают сотрудников организации от наладочных работ и тестирования системы перед началом ее полноценного использования в качестве основного инструмента защиты. При наличии доступа в Интернет, управление системой можно осуществлять

любым устройством, для которого имеется специальное приложение.

## Заключение

На сегодняшний день любое медицинское учреждение оснащено оборудованием, обеспечивающим подключение этого учреждения к единой компьютерной сети. Работа с данными и обмен информацией могут осуществлять только сотрудники медицинских учреждений. Как правило, персонал имеет ограниченный доступ к ресурсам сети. Врачи имеют право доступа только к той информации, которая необходима им в процессе выполнения своих обязанностей. Все сеансы работы в сети Интернет подлежат обязательному протоколированию. Эта информация хранится на сервере и при необходимости может быть запрошена администраторами сети. В результате оснащения медицинских учреждений информационными технологиями, персонал вышел на новый качественный уровень обслуживания пациентов.

Преимущества использования информационных технологий:

- ◆ улучшение качества работы с пациентами;
- ◆ более рациональное распределение средств финансирования;
- ◆ увеличение степени эффективности работы оборудования;
- ◆ рационализация трудоемкости проводимых мероприятий;
- ◆ возможность обмена информацией в процессе работы между персоналом в режиме реального времени.

По завершению написания статьи все поставленные задачи решены, цель работы достигнута.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Э.В., Ярошенко В.Н. Информационная безопасность. — М.: Экономика, 2019. — 478 с.
2. Алтухова, С.О. Программирование в среде Delphi: разработка баз данных / С.О. Алтухова, З.А. Кононова; Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского. — Липецк: Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2020. — Ч. 2. — 52 с.
3. Беленькая М.Н., Малиновский С.Т., Яковенко Н.В. Администрирование в информационных системах. Научно-популярное издание. — М.: Горячая линия — Телеком, 2020. — 300 с.
4. Бова, В.В. Основы проектирования информационных систем и технологий: учебное пособие / В.В. Бова, Ю.А. Кравченко; Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. — Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. — 106 с.
5. Буза, М.К. Архитектура компьютеров: учебник / М.К. Буза. — Минск: Вышэйшая школа, 2019. — 416 с.
6. Вейцман В.М. Проектирование информационных систем: Учебное пособие. — М.: МУБИИТ, 2021. — 214 с.
7. Гвоздева В.А. Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы: учебник / В.А. Гвоздева. Москва: Форум: Инфра-М, 2020. — 541 с.
8. Гохберг Г.С. Информационные технологии: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Г.С. Гохберг, А.В. Зафиевский, А.А. Короткин. — М.: ИЦ Академия, 2019. — 208 с.
9. Есаулова С.П. Информационные технологии в туристической индустрии: Учебное пособие / С.П. Есаулова. — М.: Дашков и К, 2021. — 152 с.

10. Ибрагимов И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.М. Ибрагимов; Под ред. А.Н. Ковшов. — М.: ИЦ Академия, 2020. — 336 с.
11. Илюшечкин В.М. Основы тестирования информационных систем. — М.: Юрайт, 2020. — 224 с.
12. Ипатова, Э.Р. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем: учебник / Э.Р. Ипатова, Ю.В. Ипатов. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2019. — 257 с.
13. Ищейнов, В.Я. Информационная безопасность и защита информации: теория и практика: учебное пособие / В.Я. Ищейнов. — Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. — 271 с.
14. Ковган, Н.М. Компьютерные сети: учебное пособие / Н.М. Ковган. — Минск: РИПО, 2021. — 180 с.
15. Криницкий Н.А., Миронов Г.Д., Фролов Г.Д. Расчет экономической эффективности информационных систем — М.: Наука, 2020. — 384 с.
16. Кугаевских, А.В. Проектирование информационных систем. Системная и бизнес-аналитика: учебное пособие / А.В. Кугаевских; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 256 с.
17. Маглинец Ю.А., Анализ требований к автоматизированным информационным системам. — 2019.
18. Малявко, А.А. Суперкомпьютеры и системы. Построение вычислительных кластеров: учебное пособие / А.А. Малявко, С.А. Менжулин; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 96 с.
19. Маслов, А.В. Проектирование информационных систем в экономике: Учебное пособие / А.В. Маслов. — Т.: Томский политехнический университет, 2018. — 216 с.
20. Моргулец, О.Б. Менеджмент в сфере услуг: Учебное пособие / О.Б. Моргулец. — К.: Центр учебной литературы, 2020. — 384 с.
21. Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам: Учебник / А. Коберн. — М.: Лори, 2019. — 263 с.
22. Корячко В.П., Таганов А.И. Процессы и задачи управления проектами информационных систем. / М.: Горячая линия-Телеком, 2021. 376 с.
23. Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам: Учебник / А. Коберн. — М.: Лори, 2020. — 263 с.
24. Кугаевских, А.В. Проектирование информационных систем. Системная и бизнес-аналитика: учебное пособие / А.В. Кугаевских; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 256 с.
25. Основы информационной безопасности учебник / В.Ю. Рогозин, И.Б. Галушкин, В. Новиков, С.Б. Вепрев; Академия Следственного комитета Российской Федерации. — Москва: Юнити-Дана: Закон и право, 2020. — 287 с.
26. Программная инженерия: учебное пособие / сост. Т.В. Киселева; Северо-Кавказский федеральный университет. — Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2020. — Ч. 1. — 137 с.

© Москвина Надежда Андреевна (cheshirewhitecat@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВА, НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

## METHODS FOR EVALUATING EFFECTIVENESS, THE QUALITY AND RELIABILITY OF THE FUNCTIONING OF THE AIRCRAFT SAFETY SYSTEM DURING MAINTENANCE

**P. Ovcharov  
S. Korobkin**

*Summary.* Ensuring the high-quality and reliable functioning of aircraft safety systems during maintenance is a key task of the aviation industry, since it directly affects the provision of such characteristics of the aircraft as airworthiness, characterized by the aircraft being in a state of safe operation.

Nevertheless, there is no standard model that would show which method is most acceptable for evaluating the effectiveness, quality, reliability of the functioning of the aircraft safety system during maintenance. Based on the above, in the context of this article, an analysis method has been developed that can be used to assess the effectiveness, quality, reliability of the functioning of the aircraft safety system during maintenance, taking into account a whole system of factors.

Thus, ensuring the reliability of the aircraft safety system is an important task in the aviation industry, since it directly affects the provision of such characteristics of the aircraft as airworthiness. At the same time, during maintenance, timely monitoring of how effective the security system is even before the aircraft operation begins is important. Since non-compliance with the requirements for ensuring the reliability of the safety system leads not only to a violation of flight safety, but also is an indicator of the inefficiency of all processes underlying the reliability of the safety system.

*Keywords:* airworthiness assurance, aircraft, flight safety, safety level, aircraft maintenance.

**Овчаров Петр Николаевич**

Кандидат технических наук, доцент  
Ростовский филиал Московского государственного  
технического  
Университета гражданской авиации (Ростовский  
филиал МГТУ ГА)

**Коробкин Сергей Витальевич**

Старший преподаватель  
Ростовский филиал Московского государственного  
технического  
Университета гражданской авиации (Ростовский  
филиал МГТУ ГА)  
petrov55harov@mail.ru

*Аннотация.* Обеспечение качественного и надежного функционирования систем безопасности воздушных судов при техническом обслуживании является ключевой задачей авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность, характеризующейся его нахождением в состоянии безопасной эксплуатации.

Тем не менее, не существует какой-либо стандартной модели, показывающей, какой метод наиболее приемлем для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании. Исходя из вышесказанного, в контексте настоящей статьи разработан метод анализа, который может быть использован для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при их техническом обслуживании с учетом целой системы факторов.

Так, обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение их летной годности. Вместе с тем, при техническом обслуживании важен своевременный контроль за тем, насколько эффективна система безопасности еще до начала эксплуатации воздушного судна, поскольку невыполнение требований к обеспечению надежности функционирования системы безопасности ведет не только к нарушению безопасности полетов, но и является показателем неэффективности всех процессов, лежащих в основе обеспечения надежности функционирования системы безопасности.

*Ключевые слова:* обеспечение летной годности, воздушное судно, безопасность полетов, уровень безопасности, техническое обслуживание воздушного судна.

**Д**ля того, чтобы оценить эффективность функционирования той или иной системы, необходимо ориентироваться на определенную систему факторов. На необходимость использования методов системного анализа в авиационной отрасли указывается и в специализированной литературе, поскольку именно системный анализ позволяет обеспечивать не только изучение объекта по частям, но и выявлять ключевые позиции процесса взаимодействия элементов системы [1]. При этом полученная с помощью системного анализа система знаний определяет наработки для новой сферы деятельности, в чем, таким образом, и заключается ее системный эффект [3, 4]. В отдельных источниках и вовсе указывается на то, что структура системы технического обслуживания подлежит пересмотру и дополнительной структуризации с учетом современного системного подхода [7].

Прежде чем акцентировать внимание на оптимальном подходе к методам оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании, необходимо рассмотреть специфику технического обслуживания воздушных судов.

Техническое обслуживание воздушных судов является ключевым мероприятием авиационной отрасли, поскольку от качества технического обслуживания зависит дальнейшая возможность его эксплуатации. Воздушное судно, состоящее из различных систем и конструкций, имеет конкретные задачи по техническому обслуживанию, которые необходимо выполнять для поддержки его в состоянии безопасной эксплуатации. Как справедливо отмечается по этому поводу в специализированной литературе, основной целью программы технического обслуживания воздушных судов является обеспечение их безопасности и пригодности для эксплуатации [9], а также обеспечение всех необходимых характеристик максимальной эксплуатационной готовности [10].

Вышеприведенные позиции исследователей по вопросу целесообразности и значения технического обслуживания для воздушных судов позволяют сделать однозначный вывод о том, что техническое обслуживание играет очень важную роль в авиационной промышленности. Программы технического обслуживания помогают достигать важных целей, таких, как безопасность воздушных судов, летная годность и высокая эксплуатационная готовность. На государственном уровне от эксплуатантов воздушных судов требуют наличия не только своевременного технического обслуживания своих воздушных судов, но и эффективной системы контроля за их безопасностью после технического обслуживания [5].

Кроме того, надлежащее техническое обслуживание обеспечивает высокую точность работы оборудования воздушного судна, более продолжительное время его эксплуатации в пределах общего срока и, следовательно, более высокий доход для эксплуатантов воздушных судов.

В литературе весь комплекс операций по техническому обслуживанию воздушных судов условно делят на две группы: первая группа — плановые профилактические работы по техническому обслуживанию воздушных судов, связанные в основном с необходимостью выполнения технического обслуживания; вторая группа — это внеплановые работы, выполняемые при необходимости для устранения выявленных в полете отказов и неисправностей [6].

Возможность полета воздушного судна зависит от выполнения некоторых эксплуатационных требований до и во время каждого полета. Поскольку эти требования в значительной степени зависят от компонентов системы воздушного судна, последствия отказов могут быть очень серьезными, если их не предвидеть. Следовательно, необходимо также при выборе подхода к оценке иметь возможность оценить эксплуатационную надежность воздушного судна, чтобы иметь возможность справиться с отказами оборудования [2, 8].

Исходя из специфики технического обслуживания воздушных судов, с учетом возможного возникновения внеплановых работ по техническому обслуживанию и особенностей эксплуатации воздушных судов, заключающихся в наличии повышенного риска для лиц, находящихся на борту воздушного судна во время полета, при оценке эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании большое значение будут иметь не причины технического обслуживания, а результат, выражаемый критерием качества и надежности функционирования системы безопасности. Здесь, с учетом ориентации на системный подход, в критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна будут входить разные факторы, влияющие на надежность и безопасность системы в равной степени, то есть в степени, равной нулю по отношению друг другу, в соответствии с чем критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно будет представить величиной безразмерной  $Q_0$ , соотносимой с условием о том, что совокупность всех факторов, представляющих систему, будет обеспечивать максимальную надежность. Сказанное можно представить в виде следующего выражения:

$$Q_0 = Q / q_{max} \quad (1)$$

Где:  $Q$  — критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна как размерная величина.

$q_{max}$  — совокупность всех факторов, представляющих систему и обеспечивающих максимальную надежность.

Из вышеприведенного выражения обобщенный критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно представить как вероятность получения полезного эффекта  $Q_0$  в некоторых пределах  $[q_0', q_0'']$ , т.е.

$$R = P(q_0' \leq Q_0 \leq q_0'') \quad (2)$$

Где:  $R$  — обобщенный критерий качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна.

Качество и надежность функционирования системы безопасности воздушного судна при техническом обслуживании зависит от условий технического обслуживания, а также от условий, в которых функционирует само воздушное судно. Отсюда качество и надежность системы безопасности воздушного судна при одних условиях технического обслуживания будет отличаться от системы безопасности воздушного судна при техническом обслуживании в других условиях, в связи с чем, ориентируясь на качество и надежность системы, необходимо определять возможный эффект от ее функционирования.

Поскольку эффективность для решения нашей задачи определяется главным образом качеством и надежностью функционирования системы безопасности воздушных судов при их эксплуатации, то конечную модель можно записать в следующем виде:

$$СБ_3 = СБ_3 КН_ф \quad (3)$$

Где:  $СБ_3$  — фактор, обозначающий получение какого-то конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна.

$K$  — фактор, обозначающий качество функционирования системы безопасности воздушного судна

$H_ф$  — фактор, обозначающий надежность функционирования системы безопасности воздушного судна.

Учитывая тот факт, что вероятность получения заданного результата относительна и условна, то можно записать выражение (2) в виде следующего выражения:

$$P(СБ_3) = P(СБ_3/КН_ф)P(H_ф)P(K/H_ф)P(СБ_3/H_ф) \quad (3)$$

Где:  $P(СБ_3)$  — абсолютная вероятность получения конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна.

$P(СБ_3/КН_ф)$  — условная вероятность получения конечного результата функционирования системы безопасности воздушного судна, возникающая при условии, что система безопасности воздушного судна одновременно и качественно, и надежно.

$P(H_ф)$  — вероятность функционирования системы безопасности воздушного судна с заданными показателями качества при техническом обслуживании воздушного судна.

$P(K/H_ф)$  — условная вероятность функционирования системы безопасности воздушного судна при условии, что система функционирует с заданными показателями качества, то есть она условно надежна.

$P(СБ_3/H_ф)$  — условная вероятность эффективного функционирования системы безопасности воздушного судна при условии, что такая система надежна.

Вышеприведенный анализ выражения (3) позволяет сделать вывод о том, что с учетом системного подхода надежность функционирования системы будет входить во все составляющие эффективности функционирования системы безопасности воздушного судна, и в то же время именно надежность системы — это фактор ее эффективного функционирования, при этом не качество системы определяется параметрами надежности, а наоборот, надежность функционирования системы безопасности воздушного судна определяется ее качественными параметрами, достигнутыми в том числе при проведении надлежащего технического обслуживания. Отсюда надежность функционирования представляет собой безусловный фактор эффективности работы системы безопасности воздушного судна, и если система безопасности не надежна, то все остальные составляющие этой системы не будут иметь значение. То есть:

$$\text{Если } P(H_ф) = 0, \text{ то } P(СБ_3) = 0 \quad (4)$$

Исходя из условия о том, что надежность функционирования системы безопасности воздушного судна достигается при техническом обслуживании, наступление события — получение надежной системы —  $H_ф$ , можно определить из следующего выражения:

$$H_ф = H_ф K_c C_ф \quad (5)$$

Где:  $K_c$  — фактор, означающий сохранение при техническом обслуживании качественных параметров системы безопасности, определяющих ее состояние, в конкретных пределах в течение конкретного от срока эксплуатации системы безопасности.

$C_ф$  — фактор, означающий выполнение системой безопасности воздушного судна, заданных (конкретных функций).

Исходя из уравнения (5) получаем следующую формулу надежности системы безопасности:

$$P(H_\phi) = P(H_\phi/K_c C_\phi)P(C_\phi)P(K_c/C_\phi) \quad (6)$$

Где:  $P(H_\phi/K_c C_\phi)$  — условная вероятность безотказного функционирования системы безопасности воздушного судна, которая определяется при условии сохранения заданного уровня состояния системы при техническом обслуживании и при условии выполнения системой всех необходимых функций;

$P(C_\phi)$  — вероятность сохранения заданного технического состояния системы безопасности воздушного судна в течение срока ее эксплуатации.

$P(K_c/C_\phi)$  — условная вероятность выполнения системой безопасности воздушного судна заданных функций, определяемая при условии сохранения заданного при техническом обслуживании параметров.

С учетом системного подхода к оценке качества и надежности функционирования системы безопасности воздушного судна можно сделать предварительно вывод о том, что надежность функционирования системы безопасности является одним из основополагающих объектов технического обслуживания воздушного судна в части обеспечения его летной годности.

Вместе с тем, с точки зрения процесса обслуживания и факторов, влияющих на техническое обслуживание системы, оценку эффективности качества и надежности функционирования системы безопасности можно осуществлять с учетом следующих зависимых факторов:

$$H_\phi = H_\phi H_m H_n H_o \quad (7)$$

Где:  $H_m$  — фактор, выражающий надежность техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании.

$H_n$  — фактор, выражающий надежность и качественную работу персонала, задействованного в техническом обслуживании.

$H_o$  — фактор, выражающий надежность организации работы по техническому обслуживанию.

Отсюда получим следующее обобщенное выражение:

$$P(H_\phi) = P(H_\phi/H_m H_n H_o)P(H_m/H_n H_o)P(H_n/H_o)P(H_o) \quad (8)$$

Где:  $P(H_\phi/H_m H_n H_o)$  — условная вероятность того, что система безопасности будет безотказно функционировать при условии надежности функционирования техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании, надежности и качественной работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_m/H_n H_o)$  — условная вероятность того, что обеспечение надежности функционирования техники и оборудования, используемого при техническом об-

служивании будет обеспечено, качественной работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_n/H_o)$  — условная вероятность того, что будет обеспечена, качественная работа персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежность организации работы по техническому обслуживанию.

$P(H_o)$  — вероятность того, что будет обеспечена надежность организации работы по техническому обслуживанию.

Исходя из вышеприведенного подхода к анализу можно сделать вывод о том, что надежность функционирования системы безопасности воздушного судна определяется надежностью функционирования техники и оборудования, используемого при техническом обслуживании, надежностью и качеством работы персонала, задействованного в техническом обслуживании, а также надежностью организации работ по техническому обслуживанию.

При этом надежность функционирования системы входит во все составляющие процесса технического обслуживания. Нулевое значение надежности делает бессмысленными все иные процессы, обеспечивающие надежность функционирования системы.

Подводя итог, необходимо отметить, что обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей в авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность. Исходя из вышесказанного, в контексте настоящей статьи разработан метод анализа, который может быть использован для оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при их техническом обслуживании с учетом целой системы факторов.

Так, обеспечение надежности функционирования системы безопасности воздушного судна является важной задачей в авиационной отрасли, поскольку напрямую влияет на обеспечение такой характеристики воздушного судна, как летная годность. Вместе с тем, при техническом обслуживании важен своевременный контроль за тем, насколько эффективна система безопасности еще до начала эксплуатации воздушного судна, так как невыполнение требований к обеспечению надежности функционирования системы безопасности ведет не только к нарушению безопасности полетов, но и является показателем неэффективности всех процессов, лежащих в основе обеспечения надежности функционирования системы безопасности.



ЛИТЕРАТУРА

1. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. — М: Воздушный транспорт, 2005. — С. 10.
2. Мосеев Е.О., Фимушин Е.С., Короленко В.В. Логистическая поддержка жизненного цикла авиационной техники военного назначения // Авиакосмические технологии (АКТ-2015): тр. XVI Междунар. на-уч.-теорет. конф. и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. — Воронеж: ООО «Элист», 2015. — С. 187–193.
3. Писаренко В.Н. Техническое обслуживание воздушных судов как система поддержания летной годности гражданской авиационной техники. — Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2017. — 170 с.
4. Писаренко В.Н. Оптимальные технико-экономические показатели системы поддержания летной годности воздушных судов гражданской авиации // Вестник СГЭУ. — 2015. — № 12 (134). — С. 73–80.
5. Маслаков В.П. Хозяйственный механизм авиатранспортных предприятий: Учебное пособие. — Санкт-Петербург: Питер, 2021. — 368 с.
6. Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: Учебное пособие. Часть I. — М.: МГТУ ГА, 2004. — С. 41.
7. Юрченко Т.В. Информационные системы в экономике и управлении. учебное пособие. Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. — 114 с.
8. Шаров В.Д. Об одном методе оценки эффективности мероприятий по предотвращению авиационных происшествий // Проблемы безопасности полетов. Информационный сборник. — М.: ВИНТИ, 2006. — С. 3–8.
9. D. Kim and C. Barnhart, «Flight schedule design for a charter airline», Computers and Operations Research, vol. 34, no. 6, pp. 1516–1531, 2007.
10. P. Belobaba, A.R. Odoni, and C. Barnhart, The Global Airline Industry, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2009.

---

© Овчаров Петр Николаевич, Коробкин Сергей Витальевич ( petrovcs5harov@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОСЕГМЕНТНОГО КОМПАНДИРОВАНИЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

### OPTIMIZATION OF SEGMENTAL PARAMETERS COMPANDING THE SOUND SIGNAL

**O. Popov  
V. Tatiana  
P. Kuznetsov  
D. Makarina**

*Summary.* Existing systems for companding the dynamic range of an audio signal, necessary for its transmission over transmission channels, introduce significant distortions into the signal. At the Department of Television and Sound Broadcasting of the Moscow Technical University of Communications and Informatics, an algorithm for a compander system that does not distort the signal shape has been developed. For the correct operation of the algorithm, it is necessary to determine the optimal control parameters: the duration of the segments depending on the genre of sound; gain in signal-to-noise ratio; bit depth of the expander control signal. The determination of the optimal values of these parameters is given below.

*Keywords:* segment, gain, window function, dynamic range, signal-to-noise ratio, distortion, bit depth.

**Попов Олег Борисович**

Профессор, кандидат технических наук  
Московский технический университет связи  
и информатики  
Москва  
olegr45@yandex.ru

**Чернышева Татьяна Васильевна**

Доцент, кандидат технических наук  
Московский технический университет связи  
и информатики  
Москва  
krba2012@yandex.ru

**Кузнецов Петр Геннадьевич**

Аспирант  
Московский технический университет связи  
и информатики  
Москва  
peter.kuznetsov@gmail.com

**Макарина Диана Александровна**

Аспирант  
Московский технический университет связи  
и информатики  
Москва  
makarina.diana1995@yandex.ru

*Аннотация.* Существующие системы компандирования динамического диапазона звукового сигнала, необходимые для его передачи по каналам передачи вносят существенные искажения в сигнал. На кафедре Телевидения и Звукового вещания Московского Технического Университета Связи и Информатики разработан алгоритм компандерной системы, не искажающей форму сигнала. Для корректной работы алгоритма необходимо определить оптимальные параметры регулирования: длительность сегментов в зависимости от жанра звучания; выигрыш по соотношению сигнал/шум; разрядность сигнала управления экспандером. Определение оптимальных значений данных параметров приведено ниже.

*Ключевые слова:* сегмент, коэффициент усиления, оконная функция, динамический диапазон, соотношение сигнал/шум, искажения, разрядность представления.

## Введение

Существующие системы компандирования обеспечивают увеличение соотношения сигнал/шум относительно шума в паузе, внося искажения в моменты изменения уровня сигнала. Оценка качества работы таких систем производится по результатам субъективно статистических измерений. Разработанный в МТУСИ [1] алгоритм позволяет сохранить форму сигнала, повысить отношение сигнал/шум на фоне сигнала канала передачи и может быть оценен объективно, по разнице между исходным и принятым сигналом [1]. Внешний вид сигнала ошибки приведен на рисунке 1.

Видно по характеру сигнала, что ошибки возникают в зоне малых разрядностей сигнала, практически в районе первого шага квантования. В процессе обработки используются современные высокоразрядные АЦП — ЦАП, что позволяет снизить ошибки преобразования и использовать для передачи по каналу существующие системы с ограниченным числом разрядов.

Для передачи сигналов малого уровня по зашумленному каналу без искажений, весь сигнал посегментно усиливается до номинального (максимального для канала) уровня. Координаты сегментов и коэффици-

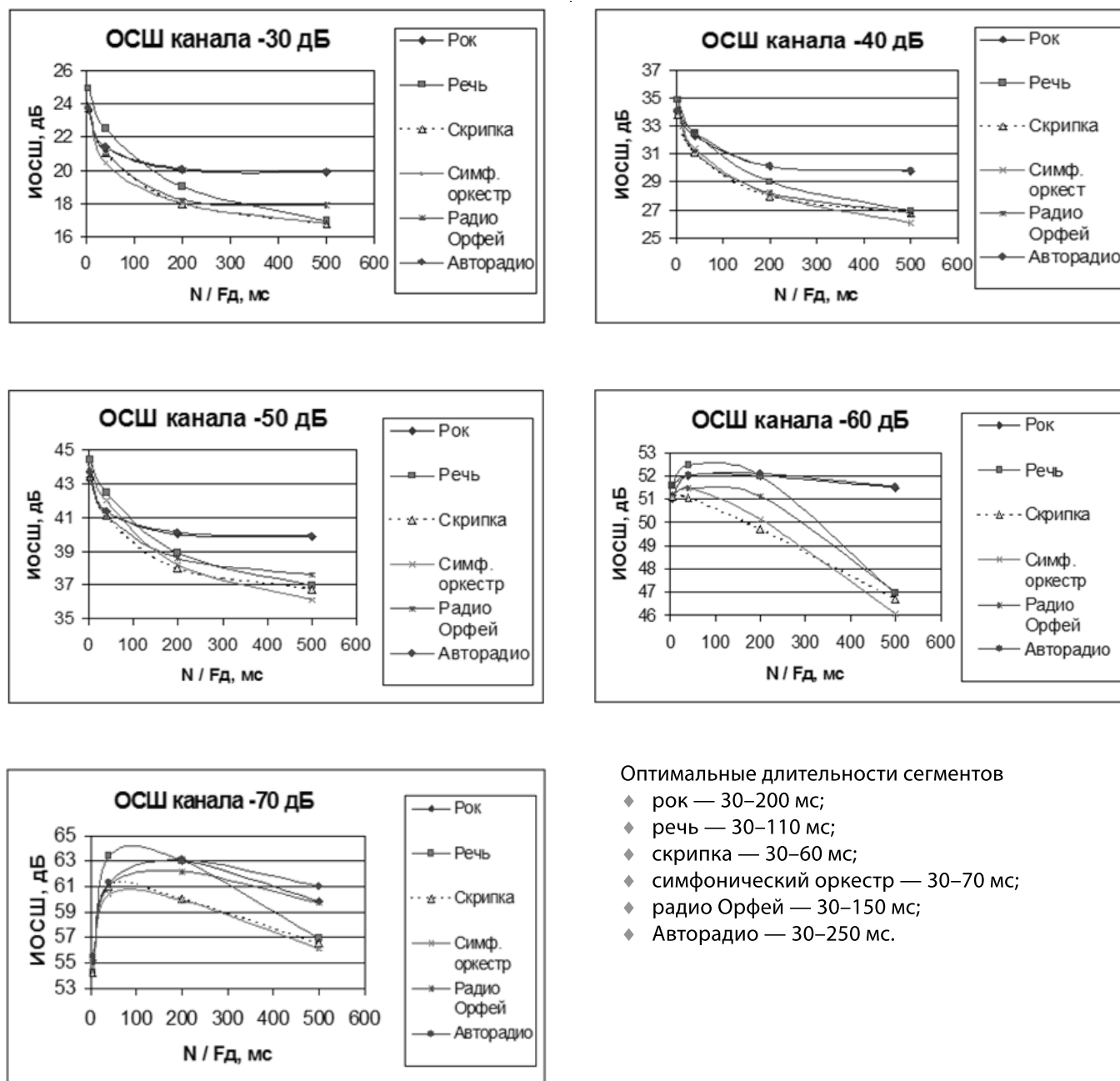
енты усиления передаются либо в структуре сигнала, либо по отдельному каналу на приемную сторону, где восстанавливается исходный уровень сегментов. Для эффективной работы алгоритма были проведены исследования оптимальной длительности сегментов, определен выигрыш в защищенности от шумов и разрядность представления сигнала управления, который передавался на приемную сторону. Все исследования проводились с использованием реальных сигналов разной жанровой направленности, а также для вещательных сигналов ряда радиостанций России. Критерии объективной оценки определялись в соответствии с допусками [2], для субъективной оценки использовались критерии предложенные в [3]. Алгоритм посегментного компандирования был разработан в ходе работ по неискажающему компандированию [4, 5].

#### Исследование эффективности алгоритма для вещательных сигналов разной жанровой направленности

Эффективность алгоритма была проверена путем обработки тестовых сигналов на программной модели для выявления зависимости интервального отношения сигнал/шум (ИОСШ) от длительности выборок. Оценка производилась при разном уровне шума в канале, для



Рис. 1. Оциллограмма сигнала ошибки.



Оптимальные длительности сегментов

- ◆ рок — 30–200 мс;
- ◆ речь — 30–110 мс;
- ◆ скрипка — 30–60 мс;
- ◆ симфонический оркестр — 30–70 мс;
- ◆ радио Орфей — 30–150 мс;
- ◆ Авторадио — 30–250 мс.

Рис. 2. Зависимость отношения сигнал/шум (ОСШ) от уровня шумов канала

сигналов разной жанровой направленности, а также для вещательных сигналов ряда радиостанций России. Измерения проводились в формате ИКМ — 16 разрядов, 44.1 кГц. Сигнал компрессировался, к нему подмешивался шум, затем экспандировался и сравнивался с исходным.

В качестве тестовых звуковых сигналов использовались:

- ◆ Скрипка — Mozart. Serenade in C major KV 551 "Eine Kleine Nachtmusik". Movement (3:22 с.).
- ◆ Речь — женская дикторская речь (3:42 с.).
- ◆ Рок — Ramstein. XXX. (3:10 с.).

- ◆ Симфонический оркестр — Vladimir Ashkenazy, piano. Concertgebouw Orchestra Bernard Haitink. Sergei Rachmaninov. Piano Concerto № 3, in D minor. 3 Finale Alla breve (4:04 с.).
- ◆ Радио Орфей. База типовых радиовещательных радиостанций кафедры РВ и ЭА. (60:00).
- ◆ Авторадио. База типовых радиовещательных радиостанций кафедры РВ и ЭА. (60:00).

Графики зависимости отношения сигнал/шум (ОСШ) от уровня шумов канала приведены на рисунке 2.

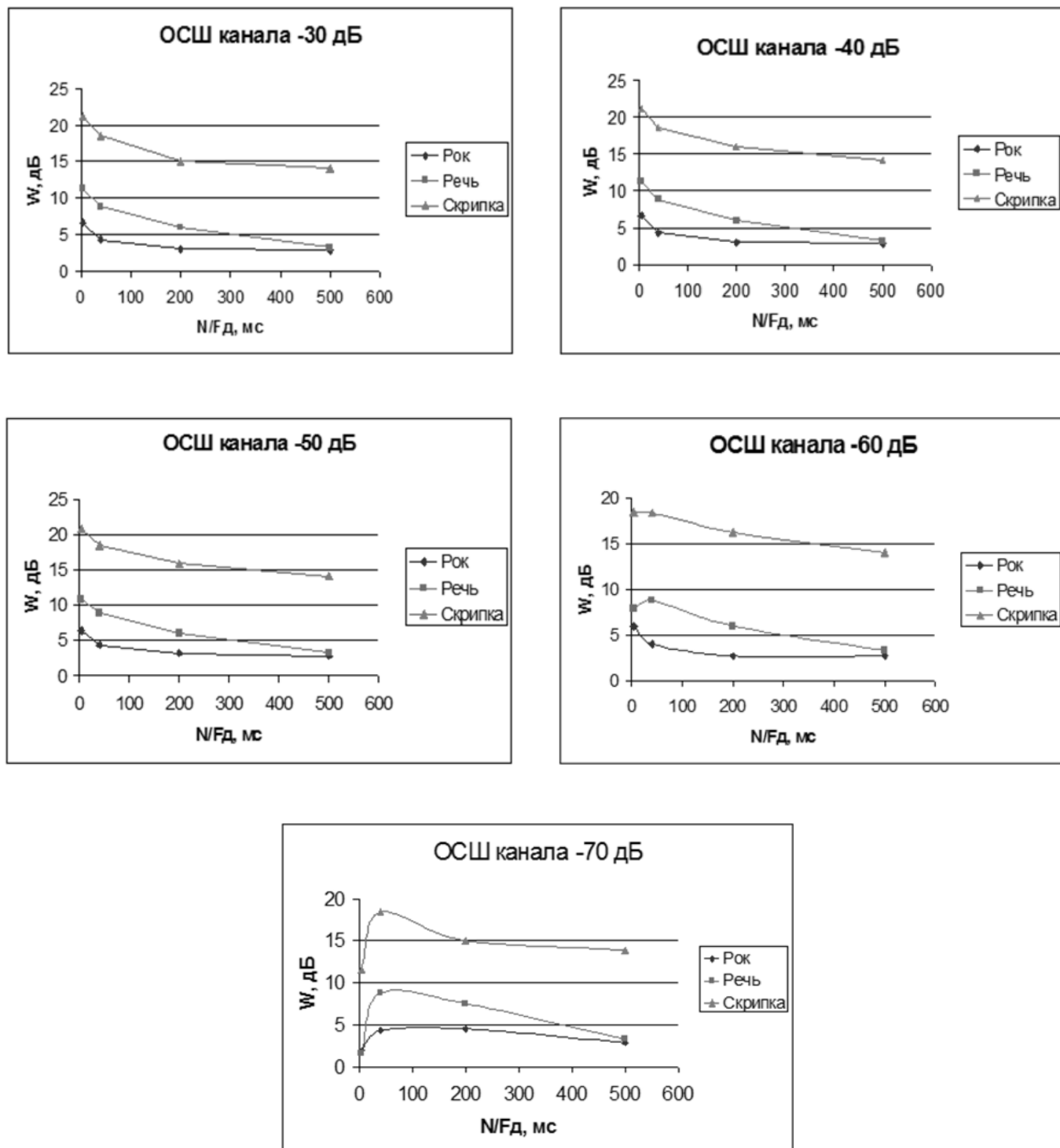


Рис. 3. Зависимость выигрыша  $W$  от величины выборки

Видно, что длительность выборки, равная 40 мс, представляет собой наиболее «универсальное» значение, подходящее для разных типов звуковых сигналов. При низких уровнях шума эффективность компрессора одинакова для разных музыкальных жанров (так при уровне шума в канале  $-70$  дБ практически полностью

исчезает зависимость ИОШ от типа входного сигнала (различие не более 3 дБ). В любом случае ИОШ не опускается ниже 15 дБ при уровне шума в канале  $-30$  дБ и длительности выборки, которая значительно превышает оптимальное значение, что свидетельствует о высокой эффективности работы компрессора-экспандера.

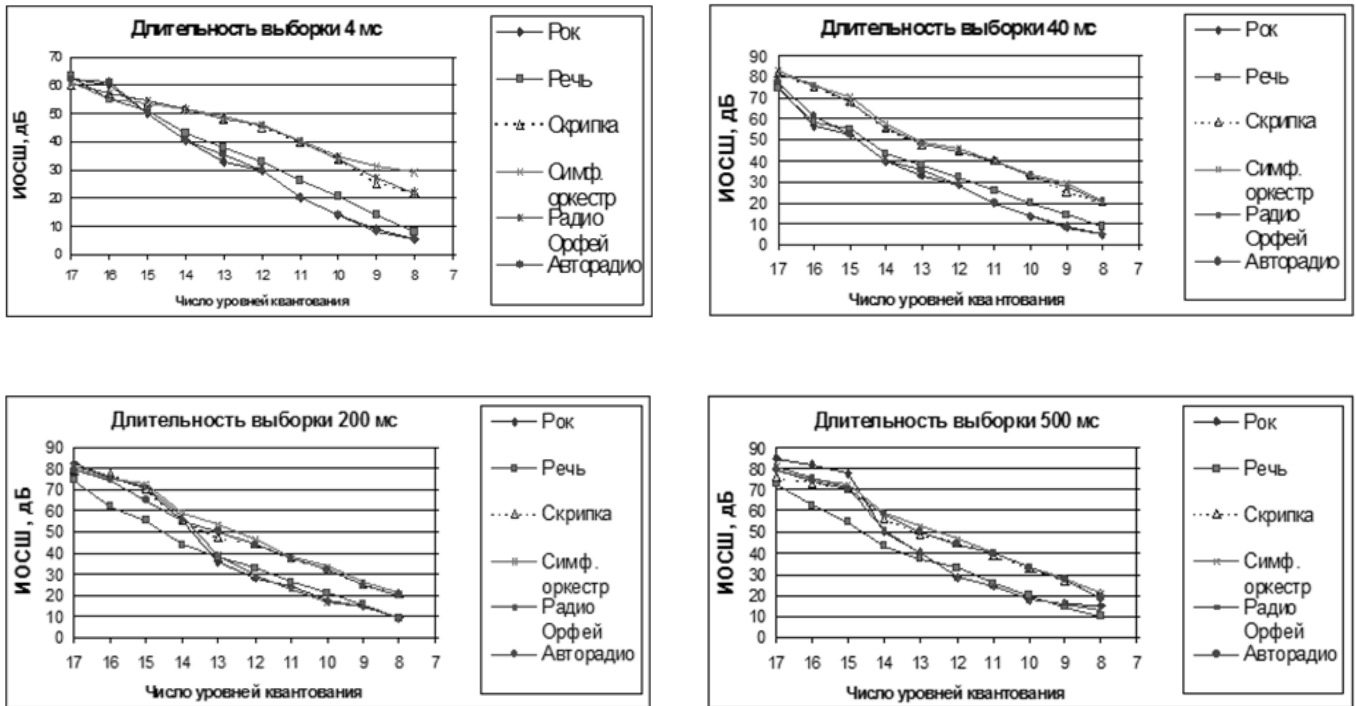


Рис. 4. Зависимость ИОСШ от длительности выборки при понижении числа уровней квантования сигнала управления

Как видно из приведенных зависимостей, имеет место снижение эффективности компандерной системы по мере увеличения длительности выборок. В свою очередь вместе со снижением уровня шумов в канале значение длительности выборки, соответствующее максимальному значению ИОСШ, смещается в сторону увеличения и лежит в пределах 30–200 мс. Для изначально достаточно компрессированных сигналов (рок, Авторадио) эффективность не снижается, по мере увеличения длины выборки. Наиболее вероятная причина этого в том, что эти сигналы содержат достаточно мало отрезков с небольшим и даже средним уровнем сигнала, поэтому при увеличении длительности выборки, потери за счет менее точного представления этих участков малы. В случае же, когда обрабатываются сигналы с большим количеством «тихих» участков, с большим динамическим диапазоном (симфоническая музыка, скрипка), предпочтительно использование коротких сегментов, благодаря чему воздействие шумов канала может быть значительно уменьшено.

В связи с тем, что сигналы сильно отличаются по величине средней относительной средней мощности (ОСМ) могут быть выработаны рекомендации по длительности сегмента в зависимости от типа сигнала. Найденные в результате проведенных исследований рекомендуемые длительности выборок составляют:

- ♦ рок — 30–200 мс;

- ♦ речь — 30–110 мс;
- ♦ скрипка — 30–60 мс;
- ♦ симфонический оркестр — 30–70 мс;
- ♦ радио Орфей — 30–150 мс;
- ♦ Авторадио — 30–250 мс.

Исследование эффективности алгоритма для вещательных сигналов разной жанровой направленности

На рисунке 3. приведены зависимости выигрыша  $W$  от величины выборки для разных соотношений С/Ш в канале.

Выигрыш  $W$  вычислялся по формуле:  $W = \text{ИОСШ}_{КС} - \text{ИОСШ}_{БКС}$ , где  $\text{ИОСШ}_{КС}$  — интервальное отношение С/Ш сигнала с компандерной системой;  $\text{ИОСШ}_{БКС}$  — интервальное отношение С/Ш сигнала без компандерной системы.

Приведенные зависимости показывают высокую эффективность компандерной системы при борьбе с шумами. Выигрыш  $W$  составляет 21 дБ. Небольшой выигрыш для рока объясняется тем, что, как было сказано выше, сигнал уже достаточно компрессирован (уровни максимально подняты), поэтому дополнительная компрессия дает относительно небольшой выигрыш.

Как показали измерения, разработанный алгоритм может использоваться при решении задачи передачи широкого класса сигналов по зашумленным каналам.

### Исследование искажений, обусловленных квантованием сигнала управления

Для передачи фазоманипулированного сигнала управления (коэффициенты усиления для каждого сегмента) может использоваться как отдельный канал связи (достаточно узкополосного), так и узкая полоса верхних частот в самом звуковом сигнале. Использование цифрового представления сигнала и быстрого преобразования Фурье (БПФ) позволяет производить фильтрацию с большой крутизной АЧХ, что позволяет решить задачу реализации расфильтрованного сигнала и сигнала управления при построении аналоговых систем.

В случае квантования сигнала управления (при цифровом способе передачи), необходимо выявить зависимость ИОСШ выходного сигнала компандера от числа уровней квантования сигнала управления.

По данным, приведенным в таблице, построены зависимости ИОСШ от длительности выборки при понижении числа уровней квантования сигнала управления (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что происходит существенное уменьшение ИОСШ при уменьшении числа уровней квантования сигнала управления. При малом количестве уровней квантования (8–9) зависимость ИОСШ от длины выборки незначительна. Для удовлетворительного качества работы компандерной системы не-

обходимо иметь 17–13 уровней квантования сигнала управления. Оптимальное значение составляет 16 уровней квантования.

### Заключение

По результатам проведенных исследований определены оптимальные длительности сегментов для сигналов разной жанровой направленности при реализации посегментного неискажающего компандирования. Показано, что сжатие динамического диапазона зависит от жанровой направленности и может составлять от 30 до 200 мс, длина сегмента общая для всех жанров составляет 40 мс.

В зависимости от шумов используемого канала передачи выигрыш может быть разным, но он неизменно присутствует и достигает 21 дБ.

Разрядность представления сигнала управления, передаваемого на приемную сторону, определяет общий объем сигнала и должна быть не менее 13–17 разрядов в зависимости от требований к сигналу.

Разработанный алгоритм позволяет увеличить отношение сигнал/шум для слабых сигналов, плохо защищенных от шумов канала и не увеличивать защищенность для сильных сигналов, обладающих большим маскирующим действием [7].

Проведенное исследование позволяет конкретизировать параметры сигнала при посегментном компандировании. Достоинством алгоритма является его совместимость с существующими способами представления звукового сигнала и возможность повышения качества уже существующих систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Попов О.Б., Рихтер С.Г. Цифровая обработка и измерения сигналов в трактах звукового вещания. — М.: Инсвязьиздат, 2010. — 292 с.
2. ГОСТ Р 52742–2007. Каналы и тракты звукового вещания. Типовые структуры. Основные параметры качества. Методы измерений.
3. Исследование заметности искажений в радиовещательных каналах / Под ред. И.Е. Горона. — М.: Связьиздат, 1959, 121 с.
4. Патент RU2691122 С1. Опубликовано 11.06.2019 БИ № 17 Способ и устройство компандирования звуковых вещательных сигналов. Авторы: Абрамов В.А., Попов О.Б., Орлов В.Г.
5. Патент RU2731602 С1. Опубликовано 04.09.2020 БИ № 25 Способ и устройство компандирования с предсказанием звуковых вещательных сигналов. Авторы: Абрамов В.А., Попов О.Б.
6. Литвин С.А., Попов О.Б., Чернышева Т.В. Аудиопроцессорная обработка сигналов звукового вещания в каналах передачи: Учебное пособие / МТУ-СИ. — М., 2016. — 68 с.
7. Цвикер Э., Фельдкеллер Р., Ухо как приемник информации. — М: Связь, 1965, 104 с.

© Попов Олег Борисович ( olegp45@yandex.ru ), Чернышева Татьяна Васильевна ( krba2012@yandex.ru ),  
Кузнецов Петр Геннадьевич ( peter.kuznetsov@gmail.com ), Макарина Диана Александровна ( makarina.diana1995@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДЫ И МОДЕЛИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## METHODS AND MODELS FOR ANALYZING THE QUALITY OF INFORMATION PROCESSES AND INFORMATION RESOURCES IN THE IMPLEMENTATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGY IN INDUSTRY

*V. Sadovnikov*

*Summary.* Modern information technologies are used in almost all areas of human professional activity. The key direction of the development of modern digital technology tools is industry, in particular, the use of 3D printing technology. Effective and high-quality operation of this technology requires the integration of appropriate information systems and software. One of the main issues in this area is the assessment of the quality of the functioning of the information system. The main purpose of this article is to study and systematize the key factors for assessing the quality of the functioning of an information system. The author applies theoretical research methods, as well as uses scientific results of domestic and foreign authorship.

*Keywords:* information system, quality assessment, information technology, model, 3D printing.

**Садовников Виктор Константинович**

Аспирант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва  
v.sadovnikov@zhevk.ru

*Аннотация.* Современные информационные технологии находят применение практически во всех областях профессиональной деятельности человека. Ключевым направлением развития современного инструментария цифровых технологий является промышленность, в частности, использование технологии 3D печати. Для эффективной и качественной работы данной технологии требуется интеграция соответствующих информационных систем и программного обеспечения. Одним из основных вопросов данной области является оценка качества функционирования информационной системы. Основной целью настоящей статьи является исследование и систематизация ключевых факторов оценки качества функционирования информационной системы. Автором применяются теоретические методы исследования, а также используются научные результаты отечественного и зарубежного авторства.

*Ключевые слова:* информационная система, оценка качества, информационные технологии, модель, 3D печать.

## Введение

Сегмент информационных технологий занимает ключевое место в рамках современного технологического прогресса, а также становлении и развитии многих бытовых и профессиональных областей жизнедеятельности человека. Посредством разработки и интеграции инновационных цифровых инструментов значительно повышается эффективность и рациональность использования ресурсов на предприятии, происходит сокращение ручного труда и, как следствие, сведение человеческого фактора к минимуму, а также ряд иных позитивно-влияющих на производство факторов. Таким образом, рассматриваемая научная область представляет колос-

сальную актуальность для современного промышленного комплекса, заключающуюся в повышении эффективности и экономического эффекта работы предприятий [1].

Информационные системы и технологии находят свое применение в абсолютно разных областях деятельности человека. Активное использование наблюдается в архитектуре и строительстве, экономике, военно-промышленной и иных актуальных на сегодняшний день профессиональных сферах. Именно поэтому в современном мире уделяется колоссальное внимание не только на повсеместную интеграцию цифровых решений, но и активное развитие самого инструментария информационных технологий. Именно инновационный





Рис. 1. Модель классификации критериев качества информационных систем

потенциал данных технологий способен привести к качественным изменениям в сферах своей интеграции.

### Постановка задачи

Одним из ключевых вопросов при разработке и интеграции информационных систем является оценка качества информационных процессов и информационных ресурсов. На сегодняшний день существует множество моделей и методов производства данной оценки, однако для каждой конкретной задачи производства используются совершенно разные подходы.

В рамках представленной статьи предпринимается попытка произвести систематизацию знаний, касающихся оценки качества информационных систем и предъявляемых к ним требованиям при интеграции технологии 3D печати в промышленности.

### Основные аспекты качества информационных систем

Вопросы качества и эффективности информационных систем являются основополагающими компонентами успешного и бесперебойного функционирования работы тех или иных систем и механизмов. С целью более качественного и успешного развития исследуемого вопроса необходима систематизация данных об основных качествах информационных систем.

Система и объект управления — это ключевые аспекты, на основе которых определяется качество информационных процессов и ресурсов. Исходя из этого, работы, связанные с анализом качества информационных систем должны включать градацию менеджмента качества относительно системы менеджмента качества. Управление качеством при разработке современного программного обеспечения для промышленных предприятий выполняет функции контроля, обслуживания, а также, непосредственно, средств обеспечения качества. Инструментами, используемыми в задачах управления качеством, являются контроль качества, процессов и средства повышения качества.

Оценка качества информационной системы включает в себя множество сложностей и специфичных задач, что делает ее сложно-выполнимым процессом. В связи с этим стоит отметить, что на сегодняшний день не существует универсальной меры качества, охватывающей полный спектр качеств, для определения качества любой разрабатываемой информационной системы [2].

Одним из инструментов оценки качества программного продукта являются различные метрики. Посредством них получается возможным создание количественной и качественной оценки качества работы информационной системы. Данные метрики градуируются на три основные шкалы, каждая из которых включает те или иные свойства и признаки исследуемого



Рис. 2. Методы реализации стратегии CALS

объекта. На рис. 1 представлена модель, классифицирующая критерии качества информационных систем:

#### Инструменты оценки качества информационных систем

На основе представленных на рис. 1 критериев определяется степень соответствия информационной системы способностью выполнять поставленные цели и задачи. Основным инструментом, активно используемым в управлении жизненным циклом изделия и системы на сегодняшний день, является CALS.

Методы CALS включают в себя положение системы качества, реализуемых в форме проекта. Необходимо отметить, что с целью более эффективной реализации каждого подхода к управлению бизнес-средой необходимо основываться на положения системы качества. Данная система представляет собой совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, а также процессов и ресурсов, обеспечивающих выполнение общего руководства качеством [3].

Одним из направлений исследований в данной области является разработка информационных систем

для поддержки работы технологии 3D печати в промышленности. Для реализации стратегии CALS в данном сегменте могут использоваться следующие методы (рис. 2):

Исходя из представленной информации, стоит отметить, что инструментарий CALS представляет высокий уровень актуальности при своем использовании для решения задач анализа качества, информационных составляющих технологии 3D печати. Немаловажным вопросом также является и процесс взаимодействия данных систем. Далее в статье будет более подробно рассмотрен вопрос, касающийся интеграции процессов оценки качества информационной системы для технологии 3D печати в промышленности [4].

#### Интеграция процессов оценки качества информационной системы для технологии 3D печати в промышленности

Активным инструментом, позволяющим произвести внедрение и учет процессов и ресурсов, является управление данными о системе. Главной задачей в этом моменте является аккумулирование полной информа-

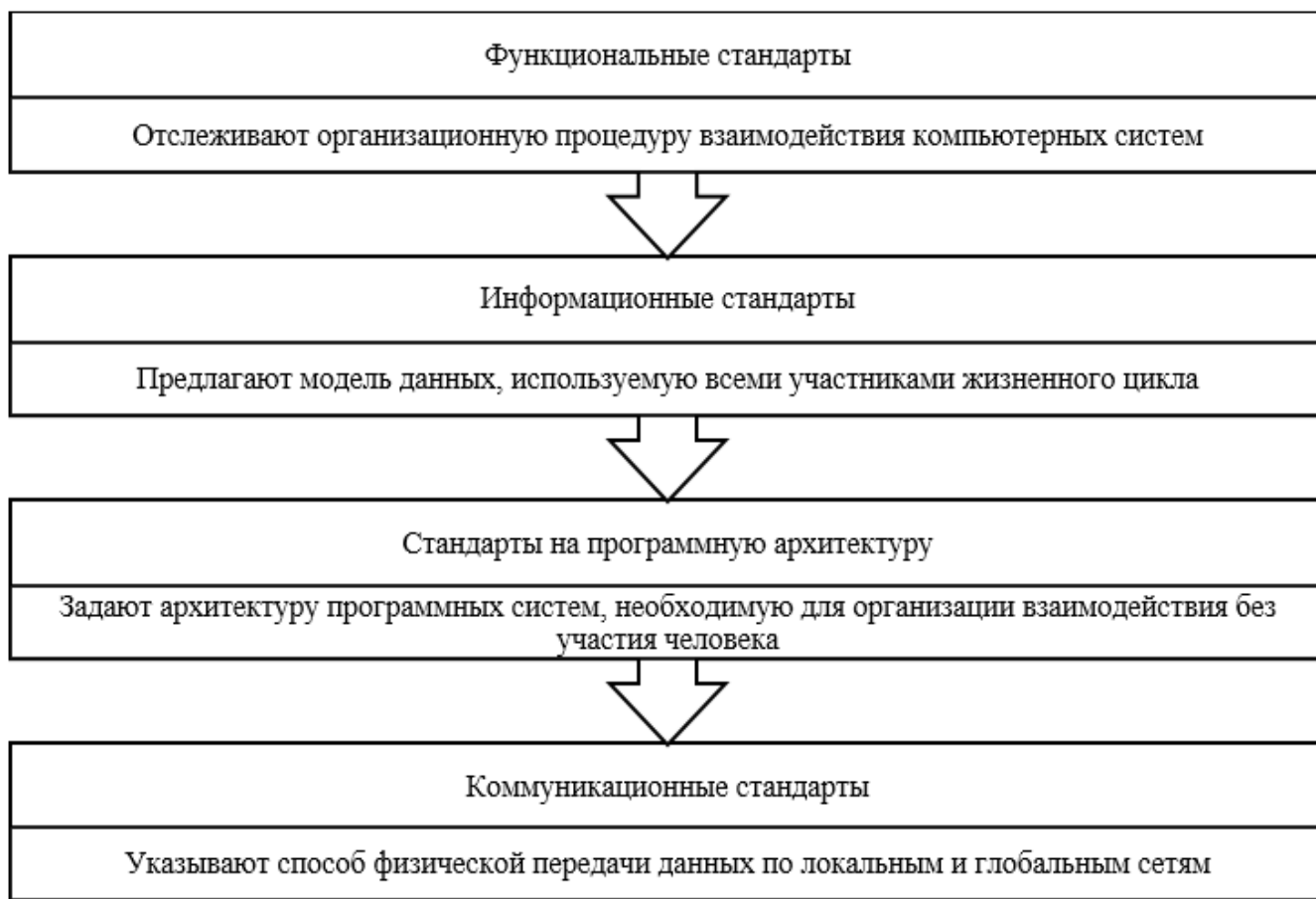


Рис. 3. Группы оценки качества информационных процессов и ресурсов при внедрении технологии 3D печати в промышленности

ции, генерирующейся прикладными системами, в целостную модель.

Процесс взаимодействия этих систем и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов, которые условно можно разделить на четыре группы (рис. 3) [5]:

Исследуемая методология имеет прозрачные коммуникации между разработчиками программного обеспечения и конечными потребителями. В результате этого, могут быть разработаны намного более эффективные информационные системы, обеспечивающие управление 3D печатью на основе выдвинутых предпочтений сотрудников и руководства промышленных предприятий [6].

#### Заключение

Итак, основной целью представленной статьи являлось исследование и систематизация ключевых

факторов оценки качества функционирования информационной системы. В результате работы были рассмотрены и систематизированы ключевые факторы, определяющие вопрос анализа качества информационных процессов и информационных ресурсов при внедрении технологии 3D печати в промышленности. В заключение необходимо отметить, что методы и модели анализа качества информационных процессов и информационных ресурсов при внедрении технологии 3D печати в промышленности представляют из себя множество планируемых и систематически проводимых мероприятий, которые требуются для создания уверенности в соответствии продукции определенным требованиям заказчика. Управление качеством включает в себя методы и деятельность оперативного характера, используемых с целью удовлетворения требований к качеству. Система качества должна функционировать так, чтобы обеспечить уверенность в том, что проблемы предупреждаются, а не выявляются после возникновения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щенников А.Н. Качество информационных систем // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018.
2. Александрова О.А. Декомпозиция в информационном моделировании качества электронных информационных ресурсов // Труды СПбГИК. 2020.
3. Ловцов Д.А. Теоретические основы системной информатизации правового регулирования // Правовая информатика. 2019.
4. Lovtsov D.A. Development of the information sphere of social and industrial activity: achievements, security threats and legal regulation // State and law in the new information reality. 2018.
5. Ямалеева Г.Н. Современные информационные технологии для решения задачи автоматизации процессов в дошкольном образовании // Территория науки. 2016.
6. Ibrahima T.K. The concept of increasing the efficiency of the use of information resources in the management system of international brands // Scientific Journal KubGAU. 2015.

---

© Садовников Виктор Константинович (v.sadovnikov@zehvk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ И ВЕБ-ГИС В РЕШЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

## SEMANTIC NETWORKS AND WEB GIS IN SOLVING COMPLEX PROBLEMS OF TERRITORIAL SECURITY

I. Silina

*Summary.* The article discusses the role and current state of semantic networks and web GIS in solving complex problems of ensuring the security of territories, including the emphasis on ensuring the safety of life with the help of the technologies under consideration. The main strategies for the development of interconnected geoportal solutions at the federal level are identified. The role of semantic links and web solutions in the formation and use of spatial data is revealed. The general concept of optimal and efficient use of spatial data using web GIS is proposed.

*Keywords:* eographic information system, web GIS, semantic networks, spatial data, life safety, open data, geodata, geomodel.

**Силина Ирина Германовна**

Кандидат исторических наук, Академия  
гражданской защиты МЧС России  
isilina@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрена роль и современное состояние семантических сетей и веб-ГИС в решении комплексных задач обеспечения безопасности территорий, в том числе акцентировано внимание на обеспечении безопасности жизнедеятельности с помощью рассматриваемых технологий. Выявлены основные стратегии по развитию взаимосвязанных геопортальных решений федерального уровня. Раскрыта роль семантических связей и веб решений в формировании и использовании пространственных данных. Предложена общая концепция оптимального и эффективного использования пространственных данных с использованием веб-ГИС.

*Ключевые слова:* геоинформационная система, веб-ГИС, семантические сети, пространственные данные, безопасность жизнедеятельности, открытые данные, геоданные, геомодель.

С момента своего создания область геоинформатики и связанных с ней технологий претерпели быстрое технологическое развитие и географические информационные системы (ГИС) сейчас имеют функциональные возможности, которые включают геостатистический анализ, сетевой анализ и моделирование. За последние десятилетия отмечается все более широкое присутствие Интернета в повседневной деятельности, как личной, так и коммерческой, доступность пространственной информации в Интернете выросла в геометрической прогрессии и привела к быстрому переходу ГИС-технологий от автономных ГИС-систем для ГИС-экспертов до поддерживаемых сетевых систем распределенных клиент-серверных приложений.

Эти распределенные приложения, также известные как веб-картографические приложения или веб-ГИС, которые, как и любой ГИС-интерфейс, использующий веб-технологии для связи между клиентом и сервером, доступен в виде веб-браузера, настольного приложения или мобильного приложения. Распределенные картографические веб-приложения позволяют пользователям получать доступ, взаимодействовать и динамически визуализировать пространственную информацию из ряда часто разнородных источников данных и эффективно взаимодействовать с другими пользователями на основе этой информации. По мере роста области геоинформатики и связанных с ней технологий, произошло отделение в некотором отношении от областей традиционной информатики (CS) и ин-

формационных систем (IS). Это привело к некоторым ограничениям в освоении инноваций, замеченных в CS и IS в области ГИС, наиболее интересными из которых является инновации относительно семантической сети и ее потенциала в области ГИС.

Использование семантических веб-технологий для формализации геопространственной информации является неотъемлемой частью улучшенного взаимодействия данных; как в отношении других геопространственных источников информации, а также для взаимодействия пространственных и непространственных данных в сети. В частности, для веб-приложений ГИС широкое использование семантических технологий может изменить как процесс получения доступа к геопространственной информации в Интернете, что позволяет улучшить взаимодействие между (распределенными) приложениями и данными, эффективную обработку данных, а также и кроссплатформенную интеграцию, улучшение доступности данных, используемых в этих приложениях.

Признавая возможность использования семантических веб-технологий для инноваций в этой области ГИС, геопространственных семантических веб-исследований, поддерживаемых открытыми стандартами, разработанными W3 сообществами, есть возможность сосредоточиться на изучении, редактировании и связывании внешних данных с геопространственной информацией, которую проще формализовать с помощью указанных технологий. Это сделано с целью обогащения сети связанных данных географической информацией, где обеспечивается и лучший доступ, и интеграция данных из более широкого диапазона (разнородные) ресурсы. В связи с этим наблюдается некоторое движение в сторону масштабных внедрений технологий семантической паутины для повышения распространенности связанных пространственных данных, на примере разработки и внедрения в организациях как в России, так и по всему миру (см. GeoKnow LinkedGeoData или Ordnance Survey) [1].

Несмотря на это, проблема эффективного использования Интернета как среды для эффективной интеграции геопространственных данных, запросов и визуализации в режиме самообслуживания, особенно для использования в контексте не разработчика, остается. Именно в этом контексте ставится задача дать новое понимание того, как веб-ГИС может быть реализовано на практике, и какие функции может включать для пользователя и специалистов в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Особое внимание привлекает технологическая невязанность: роль стандартизации и функциональной

совместимости [2]. Поскольку технологические достижения привели к повсеместному распространению Интернета, это в свою очередь привело к быстрому увеличению распространенности и использования веб-технологий, включая облачные вычисления, взаимосвязанные устройства и приложения, а также создание данных в беспрецедентных масштабах. Основные преимущества широкого использования веб-технологий — это возможность увеличения взаимосвязь организаций, людей, умных вещей, а также доступ к огромным объемам данных который становится доступным через Интернет. Чтобы этот уровень взаимосвязанности был полностью осознан, для этого стандартизация должна стать обычным явлением с целью улучшения взаимодействия между приложениями и наборами данных, доступными в сети. Лучшим способом улучшения взаимодействия приложений и служб в Интернете является использование открытых веб-стандартов W3C (World Wide Web Consortium).

Стандарты, поддерживаемые Консорциумом, придерживаются принципов открытости, доступности и доверия в поддержке разработки и интеграция приложений, услуг и данных в Интернете. В то время как внутриорганизационная стандартизация веб-сервисов позволяет улучшить интеграцию информации внутри организации. Это не обязательно поддержка взаимодействия между организациями или соответствие идее открытых стандартов, что приобретает все большее значение по мере того, как организации становятся частью информационной «цепочки» в сетевой экономике и системы управления. W3C предоставляет стандарты как для документ веб-сайта, где интеграция и взаимодействие информации на веб-страницах требуется, а также для «сети данных», где информация передается между веб-службами, известная как семантическая сеть. Семантическая сеть, состоящая из связанных данных, стала возможной благодаря использованию семантических технологий, включая RDF, SPARQL, OWL и SKOS, и стандарты, которые регулируют организацию данных с использованием словарей и те, которые регулируют хранение, управление и запросы данных в Интернете. Хотя обычно есть отставание в внедрение LD в организациях из различных отраслей, ценность внедрения связанных данных в бизнесе признается в его потенциале снижения затрат и повышения гибкости данных интеграция и рождает новую услугу.

Развитие веб-технологий оказало значительное влияние на отрасль ГИС, в том числе на все более быстрый переход к веб-ГИС в облаке для улучшения доступности, а также доступность огромного количества географической информации, которой все чаще делаются открыто внутри геопространственного сообщества. В соответствии с общей тенденцией к усилению

стандартизации технологий, Открытый геопространственный консорциум (OGC), в ответ на некоторые исторически несовместимые системы в самой отрасли, предоставляют сообществу ГИС стандарты, которые поддерживают взаимодействия между ГИС-приложениями, сервисами и геопространственными данными. Действительно, открытый стандарты, изложенные Консорциумом, являются неотъемлемой частью снижения рисков отсутствия взаимодействия путем обеспечения того, чтобы стандарты «создавались на всеобъемлющей, международной основе», где все является общим и имеет право свободного распространения. Обеспечивая инклюзивный процесс установления стандартов, можно надеяться, что больше организаций, компании разного уровня примут их на вооружение.

Интересно, что несмотря на увеличение внедрений, достижений, наблюдаемых в отрасли ГИС, а также в признании того, что стандартизация является необходимым процессом, все еще существуют некоторые технологические несовпадения позиций по вопросу стандартизации веб-сервисов и приложений. С переходом от автономных настольных приложений ГИС к растущему распространению приложений веб-ГИС/гео-веб-сервисы, которые предоставляют геопространственную информацию, приложения работают, становятся все более важными. Более широкое использование технологий облачных вычислений означает, что эти гео-веб-сервисы, предоставляющие данные, все больше находят применения на практике в разных местах, контекстах и организациях.

Часто существует повсеместная нехватка взаимодействия между геопространственными данными, гео-сервисами и теми или иными программными продуктами, а также продуктами, разработанными в области информационных и компьютерных технологий. Отсутствие межотраслевой совместимости часто приводит к неэффективности из-за, среди прочего, создания разрозненных данных, отсутствие информации в реальном времени (геопространственной), а также ограничения возможностей или тех или иных контекстов, в которых могут использоваться приложения и инструменты ГИС.

Поскольку геоинформационные системы и ГИС-технологии все больше становятся неотъемлемой частью информационных систем, стандартизация становится все более важной по двум причинам. Во-первых, процесс стандартизации позволяет интегрировать распределенные гео-веб-сервисы в ГИС приложение, уменьшающее необходимость ручных манипуляций и преобразования данных для интеграции различные наборы данных, необходимые для выполнения конкретного анализа. В контексте открытых геопространственной информации, стандартизация еще более

важна, так как цель состоит в свободном обмене информацией и формировании устойчивой информационной цепочки между организациями в сети. Во-вторых, внутри самой организации стандартизация данных позволяет интегрировать наборы пространственных данных с наборами непространственных данных, обогащая оба; кроме того, это позволяет необходимо провести более значимый анализ, чтобы выявить более эффективные связи, отношения и закономерности доступные только при интеграции данных.

Активизация усилий по согласованию стандартов ГИС с Интернет стандартами даст возможность учесть потенциал, содержащийся в поле ГИС и Интернет. Поскольку отрасль ГИС переходит от автономных систем ГИС, нацеленных почти исключительно на профессионалов ГИС к сетевым распределенным веб-ГИС на базе облака, она становится ориентирована на более широкий диапазон пользователей и контекстов. Именно из-за распределенного и неоднородного характера веб-сервисов и продуктов использование этих стандартов становятся обязательными для обеспечения более интегрированного опыта как внутри, так и между организациями и частными лицами. Так расширение веб-ГИС в том числе для обслуживания не-ГИС экспертов стремясь использовать пространственные и непространственные данные легко доступным способом, концепция саморегулируемой ГИС (SSGIS) получит прямую выгоду от более широкого использования веб-технологий и семантических технологий и стандартов там, где они используются, а также будут иметь ключевое влияние на обеспечение более доступной для конечного пользователя (геопространственной) информации.

SSGIS обычно позволяет упростить взаимодействие с пользователем и базовый анализ геопространственных данных с помощью географические веб-приложения. Действительно, SSGIS легко идентифицируется по простоте его функциональных возможностей в отношении того, как пользователи взаимодействуют с визуализируемыми данными через системы и на основе ожидаемого уровня знаний, который обслуживает приложение. Таким образом, целевая группа пользователей обычно охватывает пользователей, не являющихся экспертами, которые хотят ответить на пространственные вопросы с ограниченной вычислительной сложностью и не требуют знаний в области гео-обработки или обработки данных.

Однако, чтобы расширить это определение, в данной статье делается попытка доказать, что саморегулируемая ГИС должна концептуально включить определенные философские аспекты Интернета, такие как общий акцент на открытость (открытые стандарты, открытые данные), а также на объединение и обмен все

большим и большим количеством data для обогащения этих данных для повторного использования в более широком контексте.

Естественно, ГИС-приложение будет, затем обеспечивать объединение пространственных и непространственных данных в этом процессе обогащения и сделает геоинформацию более доступна более широкому кругу пользователей. Поскольку в этом документе рассматривается вопрос о том, как лучше всего разработать саморегулируемую ГИС, важно выяснить, почему это лучше всего было бы разработать на основе веб-технологий и стандартов, а в этом контексте есть определенный дуализм.

Во-первых, открытые стандарты, которые регулируют веб-технологии, позволяют лучше взаимодействии между любым приложением SSGIS и другими продуктами и услугами, которые взаимодействуют с это приложение, включая непространственные данные, программные пакеты и другие приложения, доступные в Интернет. Однако, что особенно важно для любого приложения SSGIS, так это возможность взаимодействия источники данных, которые он использует. Вполне вероятно, что любое приложение SSGIS будет использовать диапазон наборов данных для обеспечения конечного пользователя необходимой функциональностью. Чем больше совместимости там находится между этими источниками и службами, тем более эффективным и доступным будет само приложение.

Во-вторых, при использовании веб-источников данных, регулируемых семантическими веб-стандартами, SSGIS приложение может использовать данные «об источнике», где данные предоставляются конечному пользователю в режиме реального времени. Поскольку приложение SSGIS доступно в Интернете, оно, естественно, также более доступно для более широкого круга пользователей. диапазон пользователей, которые могут получить доступ к приложению и взаимодействовать с ним, а также повторно использовать информацию, полученную в результате приложение в других контекстах.

В статье рассматривается три аспекта, а именно: современный обзор веб-ГИС, семантическая сеть и саморегулируемая ГИС в той степени, в которой можно классифицировать как уже существующий сервис, обзор инструментов и обсуждение. Безусловно, важно обсудить влияние, которое может иметь внедрение семантических веб-технологий в контексте разработки и внедрения приложений саморегулируемых (веб) ГИС. Веб-ГИС, впервые появившаяся в 1993 году с разработкой интерактивной системы Xerox Corporation Map Viewer, позволили получать пространственную инфор-

мацию через Интернет и взаимодействовать с пользователем в форме просмотра данных этой информации, обработки или пространственного анализа в зависимости от интерфейса. Такое приложение работает за счет распределенного информационной системы, посредством которой ГИС-сервер взаимодействует с веб-браузером, настольным или мобильным приложение для доставки геопро пространственной информации пользователю с использованием веб-технологий для общаться между ними.

В то время как первые примеры веб-ГИС ограничивались простыми интерактивные функции, такие как простое масштабирование и выбор слоев, появление 2.0, обмен информацией и пользовательский контент рос и продолжает расти в геометрической прогрессии. возможности веб-ГИС трансформируются от простого просмотра пространственных данных в полную функциональность в четырех различных областях.

Во-первых, геовизуализация и запросы данных — самые часто доступные функции в веб-ГИС, при этом результаты обычно представляются пользователю в виде карт. Как и в основе пространственной информации, каждое местоположение на карте представлено посредством визуализации данных также, как и атрибуты, описывающие характеристики рассматриваемого места.

Во-вторых, сбор геопро пространственной информации, как в рамках профессиональных или коммерческих усилий, так и посредством добровольного сбора данных, также является функцией веб-ГИС. Есть множество примеров, функционирующих на практике, так пожалуй самым успешным примером является проект добровольного географического информирования (VGI) — является OpenStreetMap.

Третья функция Веб-ГИС, как расширение первых двух функций — это распространение геопро пространственной информации посредством следующих взаимодействий пользователей с определенным набором данных, хранящихся в веб-ГИС, или через загрузку и обмен данными. Такое распространение геопро пространственной информации также выполняется в результате геопро пространственного анализа, как, собственно, четвертая функция веб-ГИС. Веб-ГИС серверы теперь могут взаимодействовать и интегрировать данные из распределенных источников и отправлять данные клиенту через приложение в форматах, которые включают HTML и двоичные изображения, а также XML (расширяемая разметка Language) или JSON (нотация объектов JavaScript). Существует множество коммерческих примеров веб-картографических приложений, в том числе ориентированных на для потребительского использования (например, Google Maps, Yahoo Maps



и MapQuest), а также те, которые отчасти подходят для удовлетворения вычислительных потребностей профессионалов в области геоинформатики.

Обе группы приложений, хотя это наиболее важно для первой группы, стремятся к постоянному улучшению пользовательского опыта и вовлеченности с геопространственной информацией, предоставляя очень подробные геопространственные данные и высокое разрешение изображения больших участков земной поверхности. Пользовательский интерфейс в этих приложениях разработан, чтобы быть интерактивным и отзывчивым, и обычно к ним легко получить доступ с мобильных приложений, которые предоставляют пользователю также услуги на основе определения местоположения в режиме реального времени. В целом, однако, архитектура Веб-ГИС имеют трехуровневую структуру. Система, которая включает в себя уровень данных и может быть полностью распределена через Интернет и взаимодействовать друг с другом с помощью веб-сервисов. Эти веб-службы включают, но не ограничиваются, веб-функцию.

Хотя такие термины, как Веб-ГИС GeoWeb, а также Интернет-ГИС и геопространственная сеть очень тесно связаны друг с другом, эти термины не являются синонимами. Веб-ГИС и GeoWeb могут использоваться как взаимозаменяемые с единственным условием: поскольку GeoWeb включает взаимодействие между разнородными формами данных (геопространственными информация, а также сами веб-страницы, фотографии и новостные статьи), а не строго геопространственная информация. Однако Интернет-ГИС расширяет поддержку сервисов, выходящих за рамки тех, которые строго работают в Интернете, и как таковые, технически не являются синонимом веб-ГИС. Esri подчеркивает многочисленные преимущества, а также проблемы, с которыми сталкивается внедрение веб-ГИС, особенно там, где технология разрабатывается и используется в различных контекстах.

Веб-ГИС использует распределенные веб-сервисы, как описано выше, а поскольку охват является глобальным, существует большое количество ежедневных пользователей приложений веб-ГИС, особенно из-за распространения сервисов на основе определения местоположения, что, в свою очередь, снижает стоимость разработки и поддержание приложений, когда это усреднено по количеству пользователей приложения. Кроме того, поскольку группы пользователей, на которые нацелена веб-ГИС, обычно более разнообразны, чем предназначенные для профессиональных пакетов программного обеспечения ГИС, конечное приложение имеет тенденцию быть очень пользовательским дружелюбны и применимы к более широкому кругу

контекстов, чем те, которые подходят для профессиональных нужд.

Несмотря на эти преимущества, веб-ГИС по-прежнему сталкивается с проблемами, особенно в отношении возможность взаимодействия данных из разных источников, которые неоднородны по своей природе, а также с удовлетворением разнообразных потребностей конечных пользователей при разработке пользовательского интерфейса.

В Российской Федерации сейчас реализуются или в стадии запуска несколько крупных геопроектов, приведем некоторые из них:

Проект: «РОСРЕЕСТР 2.0» (цель: создание единой геоинформационной платформы интеграции пространственных данных. Период реализации 2019–2024 гг.)

Проект формирования и координации единых стандартов пространственных данных и средств их обработки относится одноимённому тренду. Итог проекта на 2024 г.— комплекс нормативно-справочной документации.

Проект разработки национальных стандартов для информационных продуктов обработки ДЗЗ (2019–2022 гг.) нацелен на создание стандартизированной инфраструктуры результатов обработки ДЗЗ.

«3D в России» — проект развития продуктов трёхмерного моделирования (2018–2023 гг.)

Проект развития высокоточного позиционирования, относящийся к тренду повышения качества данных (2019–2030 гг.). Цель: развить сеть пунктов позиционирования, сформировать информационную платформу доступа к геодезическим данным, наладить использование метода PPP (Precise Point Positioning).

Проект по развитию ЦМР (цифровой модели рельефа), геопортала, интеграции данных и других проектов Росреестра (2019–2021 гг.).

Проект «Инструменты автоматизации обновления баз пространственной информации на основе ДЗЗ» (2019–2024 гг.). Цель: разработка инструментов автоматизации обновления баз пространственной информации на основе ДЗЗ. Предполагается автоматизация актуализации пространственных данных на базе облачного сервиса, повышение эффективности использования пространственных данных.

Проект создания системы актуальных и достоверных данных с простым алгоритмом их получения

(до 2020 г.). Предполагается формирование базы достоверных данных, разработка критериев периодичности их актуализации, сокращение сроков предоставления данных.

«ГосГИС» — проект создания, в рамках тренда увеличения использования сервисов и приложений, единой государственной информационной системы, предоставляющей доступ к пространственным данным с помощью онлайн-сервиса (март 2019 — апрель 2022 гг.).

«Пандора» — проект, относящийся к тренду формирования цифровых активов на основе моделирования, призванный создать единую территориально распределённую, многоконтурную, защищённую систему хранения и обработки географической пространственной информации. Срок реализации до 4 квартала 2024 г.

«Катарсис» — проект, нацеленный на создание единой бесшовной полимасштабной цифровой 3-D модели местности на территории Российской Федерации (срок до 4 квартала 2022 г.).

Проект снижения секретности пространственных данных, снижение уровня секретности при формировании пространственных данных, и снижение ограничений государственной тайны с целью эффективного использования пространственных данных, а в частности это касается и ДДЗ с пространственным разрешением более 2 м.

Таким образом мы видим определенные позитивные тенденции к консолидации и правовой, и нормативно-организационной документации, а также технологий и данных.

В данном контексте, конечно же нельзя обойти роль формируемой семантической сети, определяемой, как создание полностью связанных онлайн-данных в различных формах, использует различные технологии для формализации семантики, относящейся к этим данным и областям знаний, с которыми они связаны. Такие технологии включают структуру описания ресурсов (RDF) и соответствующую схему (RDFS), различные языки веб-онтологий (OWL); все они используются для полной формализации метаданных, относящиеся к конкретным наборам данных, которые, в свою очередь, структурируют данные в сети. Семантика, которая формализована с использованием этого набора веб-технологий, позволят улучшить взаимодействие разнородных веб-ресурсов. Фундаментальной технологией этого стека семантической паутины является платформа описания ресурсов. (RDF), который с самого начала использовался как метод расширения XML (Extensible Markup Language); язык моделирования, который используется

для равномерной сериализации данных, но не может предоставить все требования, необходимые для стека семантической паутины. Цель такой структуры — обрабатывать семантические отношения, основанные на уникальных идентификаторах, и связывание этих отношений с помощью «троек». Один или «плоская» тройка RDF может быть расширена до модели данных запутанного графа, известной как граф знаний (KG), где данные или отношения, описываемые тройкой RDF, семантически обогащены помещены в контекст через связь с другими базами знаний с использованием семантической сети технологий и стандартов. KG сочетает в себе несколько моделей управления данными включая традиционную модель базы данных, модель графа, а также, что наиболее важно модель базы знаний, несущая формальную семантику множества областей знаний.

В самом деле, данные, содержащиеся в KG, выражаются и интерпретируются с использованием нескольких представлений и инструментов моделирования, включая структуры классов, типизацию отношений категоризации, упорядочение по таксономиям. Однако следует отметить, что RDF-графы, базы знаний и KG не обязательно являются синонимами друг друга. Графы RDF не обязательно нуждаются в семантическом обогащении данных, отделяя их от KG, и базы знаний не всегда включают формальную структуру и семантику в описание предметной области. Есть много примеров крупных KG, как корпоративных, так и открытых, которые активно используются (Google KG, DBpedia и GeoNames). GeoNames является одним из крупнейших KG, в основном ориентирован на данные географических названий и те, что доступны в виде набора данных с открытым исходным кодом.

В настоящее время имеется масса исследований о преимуществах формализации разработки и внедрение графов географических знаний. Действительно, исследователи часто указывают на роль, которую геопространственная семантика играет в улучшении взаимодействия и доступности геопространственной информации, вычислительных преимуществах разработки граф знаний, специфичных для геопространственных данных [3]. Саморегулируема ГИС (SSGIS), задуманная как расширение типичных функций, содержащихся в Веб-ГИС, как правило, ориентирована на пользователя, не являющегося экспертом, для упрощения взаимодействия с пользователем на уровне базовых аналитических геоаналитических функций через географические веб-приложения.

SSGIS имеет многочисленные преимущества, в первую очередь доступность геопространственных данных, простую аналитику визуализация для большего

набора групп пользователей. Действительно, это прорыв, когда пользователи, не являющиеся экспертами, могут использовать программные пакеты для геоанализа и визуализации, могут получить доступ к геопространственному анализу, используют в более широких и потенциально новых контекстах данные. Потому что ценность геопространственной информации все больше за пределами традиционных академических и технических областей, и потому что она стала более доступной в результате технологических разработок.

Потребность людей в доступе и взаимодействии с геопространственной информацией на основе ГИС увеличилась. Несмотря на это, SSGIS остается уникальным, как в отношении примеров реализованных приложений в диапазон контекстов, а также обсуждения необходимых включений функций и потенциальных SSGIS решений, необходимых для поддержки повсеместного внедрения технологий. Вариант использования функций самообслуживания ГИС не беспрецедентен. Так, округ Майами-Дейд в Соединенные Штаты предоставляют гражданам инструменты ГИС, которые позволяют хранить, редактировать, отображать запрос управления геоинформацией с намерением ответить на определенный набор вопросов. В настоящее время ГИС Майами-Дейд использует 43 более мелких приложений. Сюда входят аэрофотосъемка, адресный поиск, повышение уровня моря, обслуживание улиц, а также распределение воды и канализации по всей территории рассматриваемого региона. Эти приложения не требуют специальных знаний, связанных с ГИС, и поддерживают идею о том, что самообслуживание в ГИС обязательно требует простоты использования для конечных пользователей. Кроме того, пожарно-спасательная служба Манчестера также представила экономическое обоснование для лучшей интеграции ГИС в свою деятельность, для улучшения записи инцидентов и окончательной отчетности по KPI, в основном с упором на функциональную особенность системы хранить внесённые инциденты и анализировать комплекс мер, в целях улучшения процессов взаимодействия.

При разработке этого приложения основное внимание уделялось использованию открытых стандартов для улучшения взаимодействия между базами данных и другими используемыми приложениями внутри организации. Также подчеркивается простота приложения, чтобы конечный пользователь мог эффективно и точно сообщать о пожарах и спасательных операциях. Эти примеры демонстрируют, где SSGIS могут применяться в контексте обеспечения безопасности жизнедеятельности и оптимизации взаимодействия между службами спасения и гражданами [4].

Хотя в настоящее время в целом отсутствует геоцентрический инструментарий, многие инструменты, которые предпочитают предоставлять функции геовизуализации в качестве опции, а не в качестве основной функции визуализации, ГИС самообслуживания все еще может быть реализована, когда инструмент все еще использует пространственную информацию, позволяющая пользователю взаимодействовать с пространственными данными на некотором уровне.

Таким образом, существующие инструменты действительно имеют потенциал для поддержки ГИС самообслуживания в различных контекстах безопасности жизнедеятельности [5]. Пользовательский опыт и взаимодействие с пространственными данными могут быть улучшены там, где возможна геовизуализация, особенно там, где целевая аудитория — неопытный пользователь. Возможность поделить анализ ситуации с другими с помощью геовизуализации делает пространственную информацию более доступной, и ей следует уделять приоритетное внимание при разработке ГИС-приложений самообслуживания. Будущие реализации ГИС самообслуживания на различных уровнях в субъектах Российской Федерации должны привлечь конечного пользователя в процессе разработки указанного приложения, определяя основные функции этого приложения, где будут сбалансированы потенциальная сложность приложения и функциональная доступность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. НИР «Исследование и прогнозирование потребностей экономики в пространственных данных, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологиях, а также услугах, сервисах и продуктах, созданных на их основе» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pd.hse.ru/about> (дата обращения 18.14.2021).
2. ГОСТ Р 52438–2005. Географические информационные системы. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018; ГОСТ 52293–2004. Карты электронные топографические. Общие требования. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005.
3. Карманова М.В., Комиссарова Е.В. Разработка условных обозначений для цифровой системы картографического обеспечения // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2019. № 1. С. 97–118; Коряшкина Л.С., Одноволов Н.Н., Череватенко А.П., Михалёва А.А. Моделирование зон сервисного обслуживания на заданной территории // Вестник Херсонского национального технического университета. 2017. № 3 (62). С. 109–117; Koriashkina L.S. Continuous problems of optimal multiplex-partitioning of sets without constraints and solving methods / L.S. Koriashkina, A.P. Cherevatenko // Journal of Computational & Applied Mathematics. 2015. Vol. 119, N2. P. 15–32; Lee I. Map segmentation for geospatial

- data mining through generalized higher-order Voronoi diagrams with sequential scan algorithms / I. Lee, C. Torpelund-Bruin, K. Lee // *Expert Systems with Applications*. 2012. Vol. 39, Issue 12. P. 11135–11148.
4. Барина Ю.С., Щетка В.Ф. Анализ решения задач управления подразделениями МЧС России при чрезвычайных ситуациях на объектах нефтегазового комплекса // *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России»*. 2021. № 1. С. 58–63; Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю., Фархатдинов Р.А. Построение ГИС-модели при планировании аварийно-спасательных работ // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2015. № 4. С. 48–51; Рыженко Н.Ю. Использование геоинформационных систем в структурах МЧС России // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2016. № 1 (7). С. 480–484;
  5. Помыткина Д.К., Колесников А.А., Комиссарова Е.В. Мультимедийная составляющая геомодели прогнозирования чрезвычайных ситуаций // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2020. № 2. С. 59–65; Хаустов С.Н., Бобров А.И., Ефимов С.В. Использование географических информационных систем для предупреждения и ликвидации ЧС // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. 2013. № 1 (4). С. 357–360.

© Силина Ирина Германовна ( isilina@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ, ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

**Ступаков Валерий Яковлевич**

Кандидат педагогических наук

Ростовский филиал Московского государственного  
технического университета гражданской авиации

petrov55harov@mail.ru

## AUTOMATION OF MANAGEMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF AVIATION EQUIPMENT, MAINTENANCE AND PRESERVATION OF AIRWORTHINESS OF AIRCRAFT, FLIGHT SAFETY

**V. Stupakov**

*Summary.* The problem of ensuring the airworthiness of aircraft throughout the history of aviation development is the most urgent and difficult to solve. Such complexity in solving the problems of flight safety is caused by a number of factors, including both the lack of an appropriate approach to compliance with the rules regarding the airworthiness of aircraft, and an inappropriate approach to automating control processes related to monitoring the technical condition of aviation equipment, maintaining and maintaining the airworthiness of aircraft, ensuring flight safety. In the Russian Federation, the problems are further aggravated by the fact that at the moment, the airworthiness of the aircraft is partially dependent on the political and economic situation of the country on the world stage.

In the article, the author analyzes from a theoretical point of view certain aspects of automation in the aviation industry and concludes that at the moment there are three main groups of problems associated with solving the problems of automation of control of the technical condition of aviation equipment, maintenance and preservation of airworthiness of aircraft — the lack of automation of management of individual processes of technical condition management, shortcomings in the existing automation system, as well as the presence of automation in those processes where the work of a specialist is needed, and not an automated system. Taking into account the specifics of the aviation industry, the above-mentioned problems not only negatively affect the process of control and maintenance of aircraft, but can also be a factor leading to aviation accidents involving large human casualties. At the same time, the above problems can form the basis for the formation of an appropriate concept of control automation in the aviation industry, taking into account fundamental ideas about determining which functions and processes in the field of management should and should not be automated.

*Аннотация.* Проблема обеспечения летной годности воздушных судов на протяжении всей истории развития авиации является наиболее актуальной и сложной в решении. Обусловлено это сложностью обеспечения безопасности полетов целым рядом факторов, среди которых можно выделить отсутствие надлежащего подхода к соблюдению правил в отношении обеспечения летной годности воздушных судов, а также ненадлежащий подход к автоматизации процессов управления, связанных с контролем за техническим состоянием авиационной техники, поддержанием и сохранением летной годности воздушных судов, обеспечением безопасности полетов. В Российской Федерации проблемы усугубляются еще и тем, что в настоящий момент обеспечение летной годности воздушного судна частично поставлено в зависимость от политического и экономического положения страны на мировой арене.

В статье автором с теоретической точки зрения проанализированы отдельные аспекты автоматизации в авиационной отрасли и сделан вывод о том, что в настоящий момент существует три основных группы проблем, связанных с решением задач автоматизации управления техническим состоянием авиационной техники, поддержанием и сохранением летной годности воздушных судов — это отсутствие автоматизации управления отдельными процессами управления техническим состоянием, недоработки в существующей системе автоматизации, а также наличие автоматизации в тех процессах, где необходима работа специалиста, а не автоматизированной системы. С учетом специфики авиационной отрасли вышеобозначенные проблемы не только отрицательно влияют на процесс контроля и технического обслуживания воздушных судов, но и могут быть фактором, приводящим к авиационным происшествиям, сопряженным с большими человеческими жертвами. В то же время вышеприведенные проблемы могут лечь в основу формирования соответствующей концепции автоматизации управления в авиационной отрасли с учетом фундаментальных идей об определении того, какие функции и процессы в области управления следует автоматизировать, а какие нет.

*Ключевые слова:* обеспечение летной годности, воздушное судно, безопасность полетов, автоматизация управления, решение задач управления.

*Keywords: ensuring airworthiness, aircraft, flight safety, control automation, solving control tasks.*

**А**втоматизация в сфере авиации в настоящее время играет ключевую роль. При этом речь идет не только об автоматизации процессов управления воздушными судами, но и об автоматизации процессов управления в области контроля за состоянием воздушных судов и обеспечением их летной годности.

В специализированной литературе указывается на то, что в современных условиях основополагающим направлением совершенствования системы управления техническим состоянием авиационной техники, поддержания и сохранения летной годности воздушных судов, обеспечения безопасности полетов является автоматизация различных процессов технической эксплуатации воздушных судов [7, 8, 10]. При этом отмечается необходимость автоматизации процессов, связанных с управлением данными об уровне исправности и техническом состоянии воздушных судов в их взаимосвязи с потребностями воздушных судов в запасных частях, материалах, необходимых для эффективного управления процессами технической эксплуатации воздушных судов и применения их по назначению [6].

С такой позицией трудно не согласиться, однако при решении вопросов автоматизации необходимо учитывать тот факт, что автоматизация процессов управления техническим состоянием авиационной техники, поддержания и сохранения летной годности воздушных судов, обеспечения безопасности полетов — это процесс комплексный, включающий в себя необходимое техническое и информационное обеспечение процесса управления, а также обеспечение работы системы управления с людьми-операторами системы (техническими специалистами) в достижении поставленных целей.

Данный подход к комплексной составляющей автоматизации обусловлен тем фактом, что одним из необходимых условий функционирования системы автоматизации, с помощью которой выполняется задача управления, является возможность взаимодействия системы управления со специалистами, непосредственно задействованными в процессах технической эксплуатации воздушных судов, поскольку ни одна из существующих систем автоматизации не работает полностью автономно [1, 3].

В целом автоматизацию управления необходимо рассматривать как инструмент или ресурс, устройство,

систему или метод, с помощью которых человек может выполнить некоторую задачу, которая в отсутствие автоматизации трудновыполнима. С учетом тех задач, которые решаются в сфере обеспечения технической эксплуатации воздушных судов, а также с учетом связи этих задач с обеспечением летной годности, можно выделить особенности автоматизации управления в рассматриваемой области, характеризующейся ориентацией на эволюционный путь развития, а не на революционный.

Иными словами, автоматизация управления должна строиться не по принципу создания чего-то нового «с нуля», а быть ориентированной на последовательное повышение безопасности и возможность постоянной адаптации к новым вызовам, создаваемым окружающей средой (подход, основанный на методах проб и ошибок). Предложенный подход к автоматизации обусловлен тем, что одним из требований, предъявляемых к определенной технологии, которая может быть реализована в области обеспечения безопасности воздушных судов, является ее надежность с учетом уже известных ошибок в области безопасности и летной годности.

Система управления техническим состоянием воздушного судна — это в первую очередь техническое решение, обеспечивающее поддержание и сохранение летной годности воздушных судов, обеспечение безопасности полетов. Однако, как уже было отмечено, для успешного функционирования такой системы необходим выбор соответствующего технического решения, в основе которого лежит определение ряда параметров системы управления.

При выборе подходящей системы управления техническим состоянием воздушного судна необходимо учитывать, что это та часть процесса, которая проводится на воздушном судне, пока оно остается в условиях технического обслуживания. Техническое обслуживание воздушного судна предназначено для поддержания воздушного судна в состоянии, которое позволит или позволило выдать сертификат о допуске к эксплуатации.

Кроме того, решая задачи по автоматизации системы управления техническим состоянием авиационной техники необходимо учитывать, помимо прочего,

системные ограничения, связанные с интервалами проведения технического обслуживания воздушных судов: часы полета для оборудования, которое находится в постоянном режиме, например, топливные насосы, электрогенераторы, полетные циклы для элементов, эксплуатируемых один или два раза за полет, например, шасси, воздушный пускатель, тормоза, герметизация корпуса, календарное время для элементов, подверженных воздействию, независимо от того, эксплуатируются они или нет, например, огнетушители, коррозия конструкции [4, 5, 9]. Кроме того, имеют место и финансовые ограничения: капитальные затраты, эксплуатационные расходы и затраты на техническое обслуживание.

В целом, рассматривая автоматизацию различных систем и их специфику, можно сделать вывод о том, что существует много уровней и типов автоматизации. В одних системах некоторые физические функции, такие, как, например, контроль температуры, могут быть полностью автоматизированы. В других системах автоматизация может быть ориентирована под задачи конкретной системы: повышение повторяемости задачи управления (улучшение качества), снижение уровня участия специалистов (снижение затрат) и исключение работы специалистов (повышение безопасности работников).

В основе решения задач в области автоматизации управления техническим состоянием авиационной техники, поддержания и сохранения летной годности воздушных судов, обеспечения безопасности полетов, должны учитываться проблемы автоматизации в соответствующей области. Среди таких проблем — отсутствие автоматизации управления отдельными процессами, недоработки в существующей системе автоматизации, а также наличие автоматизации в тех процессах, где необходима работа специалиста, а не автоматизированной системы.

Отсутствие автоматизации может быть основной причиной проблем при планировании задач технического обслуживания воздушных судов, контроля за оборудованием, диагностики отказов. Здесь автоматизация управления связана с необходимостью обработки больших массивов информации и интеграции одних данных с другими — например, объединением в одну базу данных по контролю за графиками технического обслуживания воздушных судов с запланированными мероприятиями по ремонту, а также отслеживанием своевременного получения и сроков поставки запасных частей, необходимых для ремонта техники производителей (поставщиков) запасных частей.

Вторая проблема — недоработки в существующей системе автоматизации — сопряжена с необходимостью

изменения уже действующей системы автоматизации управления. Плохо спроектированная система автоматизации управления процессами может вызвать такие же серьезные проблемы, как и те, которые возникают в результате отсутствия автоматизации. Так, например, неспособность быстрого ввода данных о техническом обслуживании в систему, невозможность перепланировать перечень операций по ремонту или техническому обслуживанию при необходимости, а также невозможность отражения в системе не известных самой системе данных, являются факторами, указывающими на недоработки существующей системы автоматизации управления. В отдельных системах вышеприведенные недостатки не будут существенными, в то время как для автоматизации управления технической эксплуатацией авиационной техники такие недостатки могут быть критичны.

Так, например, если автоматизированное оборудование не может быть запрограммировано на работу с невнесенными в базу или комбинированными режимами отказа при диагностике электронных систем, устлавливаемых на борту воздушного, то это может стать проблемой не только при техническом обслуживании, но и при дальнейшей эксплуатации воздушного судна.

Третья проблема — это наличие автоматизации в тех процессах, где необходима работа специалиста, а не автоматизированной системы, что тоже может повлиять на летную годность воздушного судна и его безопасную эксплуатацию. При решении задач автоматизации управления для различных целей в специализированной литературе указывается на тот факт, что одни рабочие функции или задачи являются более подходящими для автоматизации, чем другие [5]. В каждой области необходимо проведение отдельных исследований человеческого фактора, направленных на определение того, какие связанные с работой функции или части функций лучше всего будут выполняться системой, а какие человеком.

Однако, на практике многие проектировщики систем автоматизации, в том числе и в области авиации, не опираясь на прикладные исследования, исходят из общепринятого представления о том, что необходимо автоматизировать как можно большее количество задач управления даже там, где автоматизация может привести к фатальным ошибкам и просчетам. В действительности же, как уже было отмечено ранее, для целей автоматизации управления в области технической эксплуатации авиационной техники, автоматизация должна не снижать важность человеческого фактора, а обеспечивать интеграцию работника с автоматизированными системами на всех этапах процесса взаимодействия «человек — система».

При этом необходимо отметить, что каких-либо универсальных нормативных указаний, касающихся автоматизации управления в технической эксплуатации авиационной техники, не существует. Однако для задач по осмотру и техническому обслуживанию воздушных судов, таких, как обеспечение летной годности, точные методы, которые следует использовать при процессах технического обслуживания воздушных судов, подробно описаны в соответствующих документах на воздушные суда (руководстве по техническому обслуживанию и т.д.). Для стандартных случаев (то есть прогнозируемых без возможного отклонения от заданных параметров), подойдут различные варианты автоматизации управления. С учетом того правила, что основа выбора процесса для автоматизации сопряжена не с вопросом о том, что должно быть автоматизировано, а с вопросом о том, что может быть автоматизировано, каждый эксплуатант воздушного судна может подбирать для себя наиболее приемлемую систему автоматизации, ориентированную на учет различных факторов. С учетом того факта, что в настоящее время авиационная промышленность изобилует отказавшими системами автоматизации, которые либо не используются, либо продолжают использоваться, но не являются эффек-

тивными, подход к автоматизации управления, ориентированный на проблемы автоматизации управления в авиационной отрасли, видится единственно верным.

Подводя итог, необходимо отметить, что избежать проблем, связанных с автоматизацией управления в авиационной отрасли, можно только в том случае, если будут учитываться возможности соответствующей системы автоматизации управления и ее цели. В настоящий момент существует три основных группы проблем, связанных с решением задач автоматизации управления техническим состоянием авиационной техники, поддержанием и сохранением летной годности воздушных судов — отсутствие автоматизации управления отдельными процессами управления техническим состоянием, недоработки в существующей системе автоматизации, а также наличие автоматизации в тех процессах, где необходима работа специалиста, а не автоматизированной системы. Вышеприведенные проблемы могут лечь в основу формирования соответствующей концепции автоматизации управления в авиационной отрасли с учетом фундаментальных идей об определении того, какие функции и процессы в области управления следует, а какие не следует автоматизировать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации / Под ред. С.Г. Пятко, А.И. Кракова. — СПб.: Политехника, 2004. — 445 с.
2. Бреслер И.Б. Некоторые концептуальные подходы к построению современной АСУ авиацией // ВОЕННАЯ МЫСЛЬ. — 2008. — № 9. С. 27–30.
3. Голубев И.С., Сакач Р.В., Логинов Е.П., Пинаев Е.Г. Исследование операций в гражданской авиации. — М.: Транспорт, 1981. — С. 1–256.
4. Гусев А.Н. Системы автоматического управления самолетом: Учебное пособие. — Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2004. — 138 с.
5. Дошина А.Д. Автоматизация процессов планирования и управления летной работой авиакомпаний // Молодой ученый. — 2016. — № 15 (119). — С. 136–138.
6. Моренков В.А. Поколения и возможные направления развития автоматизированной системы управления истребительной авиацией // Военная мысль. — 2019. — № 10. — С. 65–73.
7. Мосеев Е.О., Фимушин Е.С., Короленко В.В. Логистическая поддержка жизненного цикла авиационной техники военного назначения // Авиакосмические технологии (АКТ-2015): тр. XVI Междунар. на-уч.-теорет. конф. и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. — Воронеж: ООО «Элистр», 2015. — С. 187–193.
8. Попов Е.П. Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах. — М.: Наука, 1973. — 584с.
9. Чекрыжев Н.В., Коптев А.Н. Перспективы развития методов технического обслуживания сложных систем бортового комплекса оборудования // Вестник СГАУ. — 2012. — № 1 (32). — С. 21–27.
10. Чуркин И.П., Пономарёв О.П., Столяров О.Г. Направления развития автоматизированных систем управления авиацией // Военная мысль. — 2020. — № 4. — С. 106–110.

© Ступаков Валерий Яковлевич ( petrov55harov@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# МЕТОД И АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИ ДЛЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

## METHOD AND ALGORITHM OF DIAGNOSTICS MODELING FOR A POWER TRANSFORMER BASED ON MACHINE LEARNING

**A. Shaikhullin  
M. Nizamiev**

*Summary.* The emerging technology of forecasting and condition management (PUS) has recently attracted a lot of attention from scientists and industries. The need to increase the availability of equipment and reduce maintenance costs is the driving force behind the development and integration of forecasting and condition management systems. PUS models depend on smart sensors and data generated by sensors. In this article, machine learning-based methods for the development of PUS models based on sensor data for performing fault diagnostics of transformer systems in an intelligent network are proposed. In particular, an algorithm is used to optimize the neural network of back propagation (BP) in order to build high-performance models of fault diagnosis. The models were developed using sensor data called dissolved gas data in the oil of a power transformer. The results obtained demonstrate that the developed algorithm for optimizing the parameters of the neural network is effective and useful; and models based on machine learning have significantly improved the performance and accuracy of diagnostics /fault detection for the power transformer PUS.

*Keywords:* machine learning; neural network; predicting and controlling the state of a power transformer; fault diagnosis.

**Шайхуллин Артур Зуфарович**

Аспирант Казанский Государственный  
Энергетический Университет  
Казань

a6968271@gmail.com

**Низамиев Марат Фирденатович**

Доцент, к.т.н. Казанский Государственный  
Энергетический Университет  
Казань

*Аннотация.* Появляющаяся технология прогнозирования и управления состоянием (ПУС) в последнее время привлекла большое внимание ученых и отраслей промышленности. Необходимость повышения доступности оборудования и снижения затрат на техническое обслуживание является движущей силой разработки и интеграции систем прогнозирования и управления состоянием. Модели ПУС зависят от интеллектуальных датчиков и данных, генерируемых датчиками. В этой статье предложены основанные на машинном обучении методы разработки моделей ПУС на основе данных датчиков для выполнения диагностики неисправностей трансформаторных систем в интеллектуальной сети. В частности, применяется алгоритм для оптимизации нейронной сети обратного распространения (ОП) с целью построения высокопроизводительных моделей диагностики неисправностей. Модели были разработаны с использованием данных датчиков, называемых данными о растворенном газе в масле силового трансформатора. Полученные результаты демонстрируют, что разработанный алгоритм оптимизации параметров нейронной сети является эффективным и полезным; а модели, основанные на машинном обучении, значительно улучшили производительность и точность диагностики/обнаружения неисправностей для силового трансформатора ПУС.

*Ключевые слова:* машинное обучение; нейронная сеть; прогнозирования и управления состоянием силового трансформатора; диагностика неисправностей.

## Введение

**С**истема прогнозирования и управления работоспособностью системы (ПУС) обычно предоставляет такие возможности, как обнаружение неисправностей, прогнозирование отказов и отслеживание срока службы компонентов для оценки надежности продукта. Технологии ПУС включают в себя зондирова-

ние, обнаружение аномалий, диагностику, прогнозирование и поддержку принятия решений для интеллектуального технического обслуживания оборудования и дальнейшей эксплуатации. Используя преимущества достижений в области современных технологий, ПУС обеспечивает активную стратегию предотвращения неисправностей путем постоянного мониторинга работоспособности сложных систем. Силовой трансформа-

тор — это часть оборудования, которая имеет большое значение для электронной системы. Таким образом, его производительность может оказать большое влияние на электросеть [1–3]. Старение силовых трансформаторов является важным фактором, приводящим к выходу из строя электросети, что также может вызвать три основных типа неисправностей в трансформаторах: электрические, механические и тепловые. Среди них механическая неисправность занимает первое место [4,5]. Поэтому крайне важно повысить точность диагностики неисправностей силовых трансформаторов [6,7].

Некоторые традиционные методы диагностики неисправностей трансформаторов, такие как анализ растворенных газов (ХАГР) [8–10], реактивное сопротивление короткого замыкания (РКЗ) [11] и анализ частотной характеристики (ЧР) [12], широко используются в промышленности. Тем не менее, эти методы были ограничены низкой точностью диагностики неисправностей, когда компонент растворенного газа является сложным. Многомерные данные о неисправностях силовых трансформаторов могут привести к нелинейности всей системы, и ЧР и РКЗ в этом состоянии не могут найти реальные места неисправностей, а также не могут предоставить информацию о типах трансформаторов [11].

Методы диагностики неисправностей силовых трансформаторов [13] включают в себя, в основном, метод четырех коэффициентов Международной электротехнической комиссии (МЭК) и метод трех коэффициентов, метод характеристического газа и так далее. Однако эти методы приводят к большим ошибкам при диагностике силовых трансформаторов. Точность будет значительно снижена, если выборочные данные будут слишком малы или в выборках будут какие-то отклонения. Поэтому желательно использовать технологию искусственного интеллекта с отличной производительностью для диагностики неисправностей трансформаторов. Интеллектуальные алгоритмы, основанные на данных ХАГР, являются широко используемыми методами диагностики неисправностей трансформаторов, особенно нейронная сеть обратного распространения (ОР) [14,15]. Нейронная сеть ОР может быть использована для определения весов соединений и смещения для реализации точных диагностических методов или моделей для ХАГР. Обновленные параметры нейронной сети ОР следуют правилу убывания градиента, чтобы избежать принятия параметров за оптимальные параметры.

В настоящее время многие интеллектуальные алгоритмы оптимизации и алгоритмы машинного обучения применяются в различных областях, таких как силовые трансформаторы, поскольку эти методы обладают высокой производительностью диагностики неисправ-

ностей. Существует множество диагностик неисправностей силовых трансформаторов и других передовых исследований. При диагностике неисправностей силовых трансформаторов для определения состояния трансформаторов используются различные интеллектуальные методы и методы машинного обучения.

Что касается диагностики неисправностей силового трансформатора, разработан метод классификации неисправностей силового трансформатора на основе машины опорных векторов (МОВ), используя данные каретки для построения многослойного классификатора МОВ. Этот классификатор обладает превосходной производительностью при определении типов неисправностей трансформатора. [17] Интеллектуальный метод диагностики неисправностей силового трансформатора на основе выбранного соотношения газов и МОВ. Этот метод был применен для диагностики растворенного масла в трансформаторе. Разработан новый метод диагностики неисправностей трансформатора, основанный на вероятностной нейронной сети (PNN) и анализе растворенных газов. Для оптимизации параметров PNN используется гибридный эволюционный алгоритм, основанный на оптимизации роя частиц (PSO) и ОР. Чтобы решить проблему аварий силовых трансформаторов разработана интеллектуальная система управления инженерными активами. Модели, основанные на данных, используются для обнаружения потенциальных неисправностей в трансформаторах.

## Метод

Нейронная сеть с обратным распространением (ОР) представляет собой многослойную нейронную сеть с прямой связью, которая относится к неопределенной нелинейной математической модели [32–34]. Сеть BP состоит из входного уровня, скрытого уровня и выходного уровня. Два процесса прямого распространения и обратного распространения имеют большое значение для нейронной сети BP [35,36]. Сеть ОР может иметь лучшие показатели в классификации и прогнозировании благодаря сочетанию этих двух процессов. При прямом распространении данные передаются через входной слой и объединяются с весами и пороговыми значениями скрытого слоя для вычисления слоя за слоем и, наконец, достигают выходного слоя для получения результата классификации. При обратном распространении, когда выходные данные в выходном слое не соответствуют ожиданиям, сигнал ошибки будет распространяться обратно. Он использует алгоритм градиентного спуска ошибок для уменьшения среднеквадратичной ошибки между выходным значением сети и фактическим выходным значением, и сеть регулирует веса и пороговые значения слоя за слоем

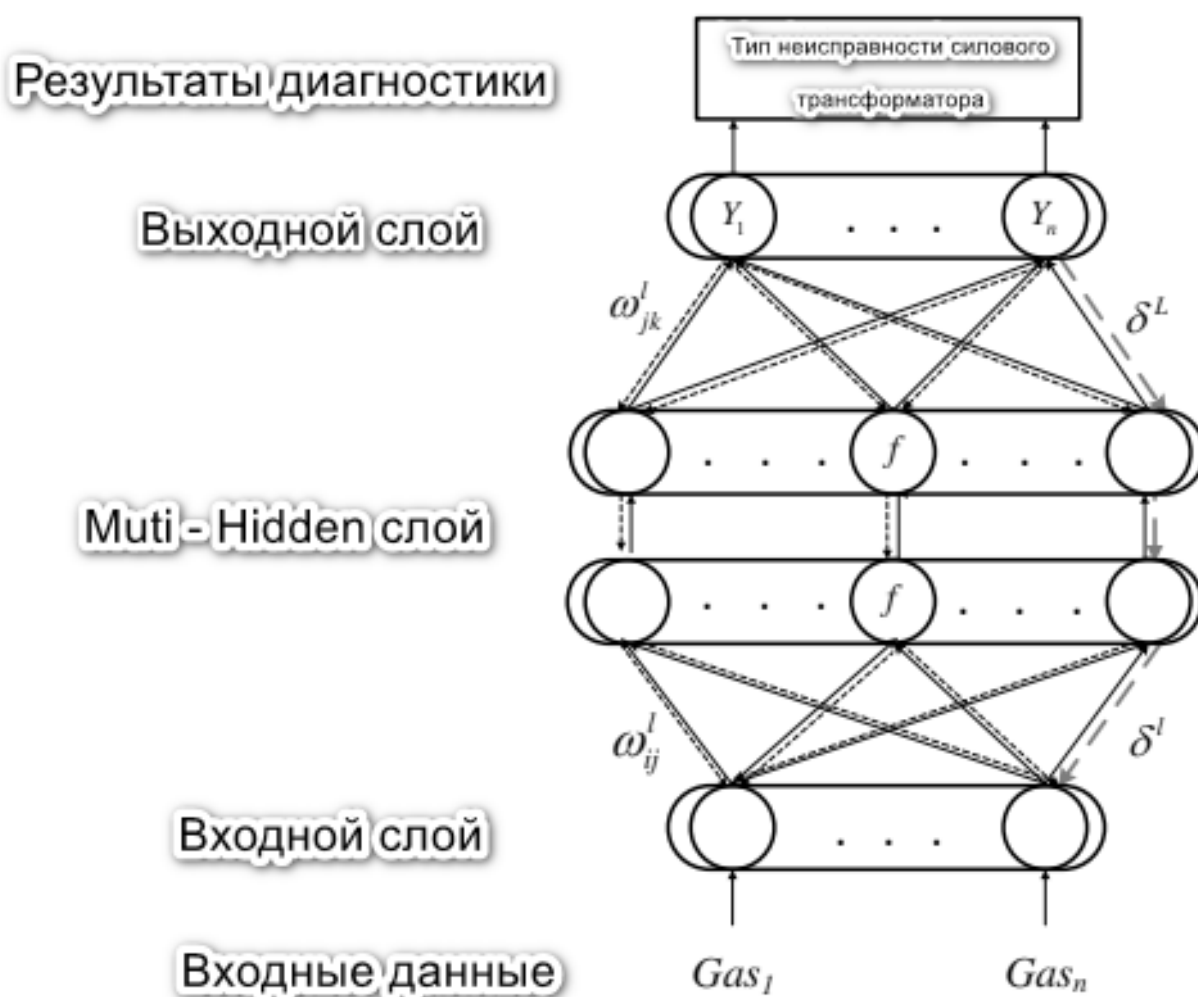


Рис. 1. Структура модели нейронной сети ОР.

от выходного слоя ко всем скрытым слоям. Наконец, исправленный результат выводится на выходной слой.

#### Прямая трансляция

После записи вектора входного значения  $x$  активация  $a^l$  во входном слое  $l$  может быть вычислена в простой и компактной векторизованной форме:

$$a^l = f(w^l a^{l-1} + b^l) \quad (l = 2, 3, \dots, L), \quad (1)$$

где  $w^l$  и  $b^l_j$  — вес и смещение между  $(l-1)$ -м и  $l$  слоями.

Чтобы установить соответствующую активацию, в этой статье используется самая популярная сигмоидальная функция:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2)$$

Квадратичная функция критерия ошибки выборки  $p$  равна  $C$ :

$$C = \frac{1}{2n \sum_x |y(x) - a^L(x)|^2} \quad (3)$$

#### Обратное распространение

При достижении уровня  $L$  выходная ошибка  $\delta^L$  может быть вычислена с помощью:

$$\delta^L = \nabla_a C \odot \sigma'(z^L) \quad (4)$$

$\nabla_a C$  содержит скорость изменения  $C$ .  $\odot$  обозначает входное произведение двух векторов.

Впоследствии ошибка в следующем слое будет:

$$\delta^l = ((w^{l+1})^T \delta^{l+1}) \odot \sigma'(z^l) \quad (5)$$

Где  $(\omega^{l+1})^T$  — это транспонирование для  $(l + 1)$  слоя  
 $\odot \sigma'(z^l)$  — произведение Адамара

в интервале:

$$\frac{\partial C}{\partial b_j^l} = \delta_j^l \tag{6}$$

Любой вес в сети — это:

$$\frac{\partial C}{\partial \omega_{jk}^l} = a_k^{l-1} \delta_j^l \tag{7}$$

При объединении слоя (11) со слоем (12) ошибка передается в обратном направлении через функцию активации в слое  $l$ .

Структуру модели нейронной сети ОР можно увидеть на рисунке 1

Диагностика неисправностей силового трансформатора на основе оптимизированного алгоритма нейронной сети ОР может быть использована в качестве комплексной платформы диагностики, которая объединяет данные о газе в масле с системой обнаружения, а затем получит хорошие результаты с помощью контролируемых методов обучения.

Как показано на рис. 2, алгоритм оптимизирует блок-схему нейронной сети ОР. Ниже приведены основные шаги:

Шаг 1: Сначала используем метод трех коэффициентов ИЕС для обработки характеристик данных ХАГР силового трансформатора.

Шаг 2: Случайным образом выбираем различные типы неисправностей силовых трансформаторов в нейронной сети.

Шаг 3: Инициализируем параметры нейронной сети ОР.

Шаг 4: Инициализируем измененный размер поиска алгоритма  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), размер популяции  $N$ , вероятность переключения  $P_c$ , вероятность мутации  $P_m$  и значение размера шага  $\alpha_0$ , максимальное значение размера шага  $\alpha_{max}$ , минимальное значение размера шага  $\alpha_{min}$ , максимальное значение вероятности обнаружения  $P_{amax}$ , минимальное значение вероятности обнаружения  $P_{amin}$ , нелинейные коэффициенты  $m$  и  $n$ , масштабный коэффициент  $F$  и функция пригодности  $f(x)$ . Функция пригодности, которую мы использовали в этой статье, представляет собой среднеквадратичную ошибку алгоритма следующим образом:

$$f(x) = \frac{1}{2n \sum_{i=1}^n (\gamma_i - o_i)^2} \tag{8}$$

где  $\gamma_i$  — значение измерения, а  $\gamma_i$  — прогнозируемый результат.

Шаг 5: Вычислим значение пригодности исходного с помощью функции пригодности, а затем выберем текущее оптимальное решение в пространстве решений.

Шаг 6: Сгенерируем случайное число  $K1$  и сравним с  $Pc$ . Сравним  $K1$  и  $Pc$ , если  $x_i^{t+1}$  по уравнению

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \alpha L(s, \lambda), \tag{9}$$

в противном случае по уравнению

$$x_i^{t+1} = x_i^t + t_1(x_{q1}^t - x_i^t) + T(x_{q2}^t - x_{q3}^t). \tag{10}$$

Шаг 7: Сгенерируем случайное число  $K2$  и сравните с  $Pm$  алгоритма. Если  $K2 < Pm$ , выполним мутацию по уравнению

$$x_{ik}^{t+1} = x_{ik}^t + t_2(x_{ik}^t - x_{ik}^t); \tag{11}$$

в противном случае она остается неизменной.

Шаг 8: Вычислим значение пригодности обновленного решения и обновите вероятность обнаружения  $P_a$  и размер шага  $\alpha$  с помощью уравнения

$$P_a = P_{amin} + (P_{amax} - P_{amin}) \cdot IR^m \tag{12}$$

и уравнения

$$\alpha = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) IR^m \tag{13}$$

Шаг 9: Сгенерируем случайное число  $K3$  и сравним с  $P_a$ . Если  $K3 > P_a$ , обновим значения  $x_i^{t+1}$  с помощью уравнения

$$x_i^{t+1} = x_i^t + r_1(x_{q1}^t - x_{q2}^t) + r_2(x_{best}^t - x_{q3}^t) \tag{14}$$

или не меняем его. Сравним последние показатели пригодности с новыми значениями, сохраним оптимальное значение в качестве последнего  $x_b$ .

Шаг 10: Если он может достичь максимального условия итерации, перейдем к следующему шагу или возвращаемся к шагу 6.

Шаг 11: Заменяем оптимизированные веса и смещение нейронной сети обратного распространения (ОР).

Шаг 12: Введем тестовый набор в обученную нейронную сеть ОР, чтобы получить выходные данные классификации.

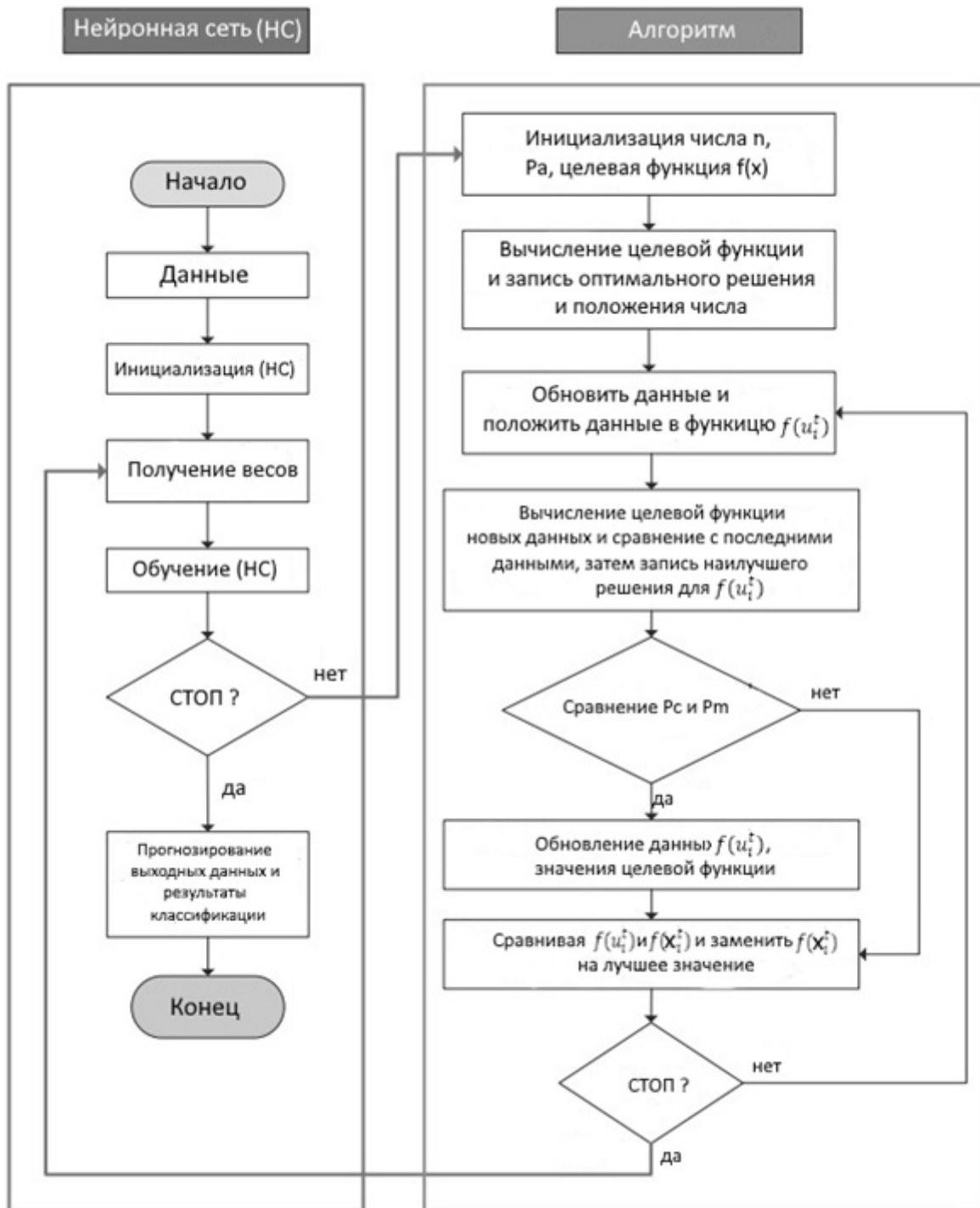


Рис. 2. Алгоритм диагностики неисправностей силовых трансформаторов

Таблица 1. Диагностика с использованием метода трех соотношений

Тип неисправности	C2H2/C2H4	CH4/H2	C2H4/C2H6
PD	<0.1	<0.1	<0.2
D1	>1	0.1–0.5	>1
D2	0.6–2.5	0.1–1	>2
T1	NS	>1/NS	<1
T2	<0.1	>1	1–4
T3	<0.2	>1	>4

Таблица 2. Тип неисправности, используемый при анализе

№ .	Тип неисправности	Код типа неисправности
Ошибка 1	Тепловые неисправности $T > 700\text{ }^{\circ}\text{C}$	T3
Ошибка 2	Тепловые неисправности $T < 300\text{ }^{\circ}\text{C}$	T1
Ошибка 3	Высокоэнергетический разряд	D2
Ошибка 4	Низкий энергетический разряд	D1
Ошибка 5	ЧР	PD

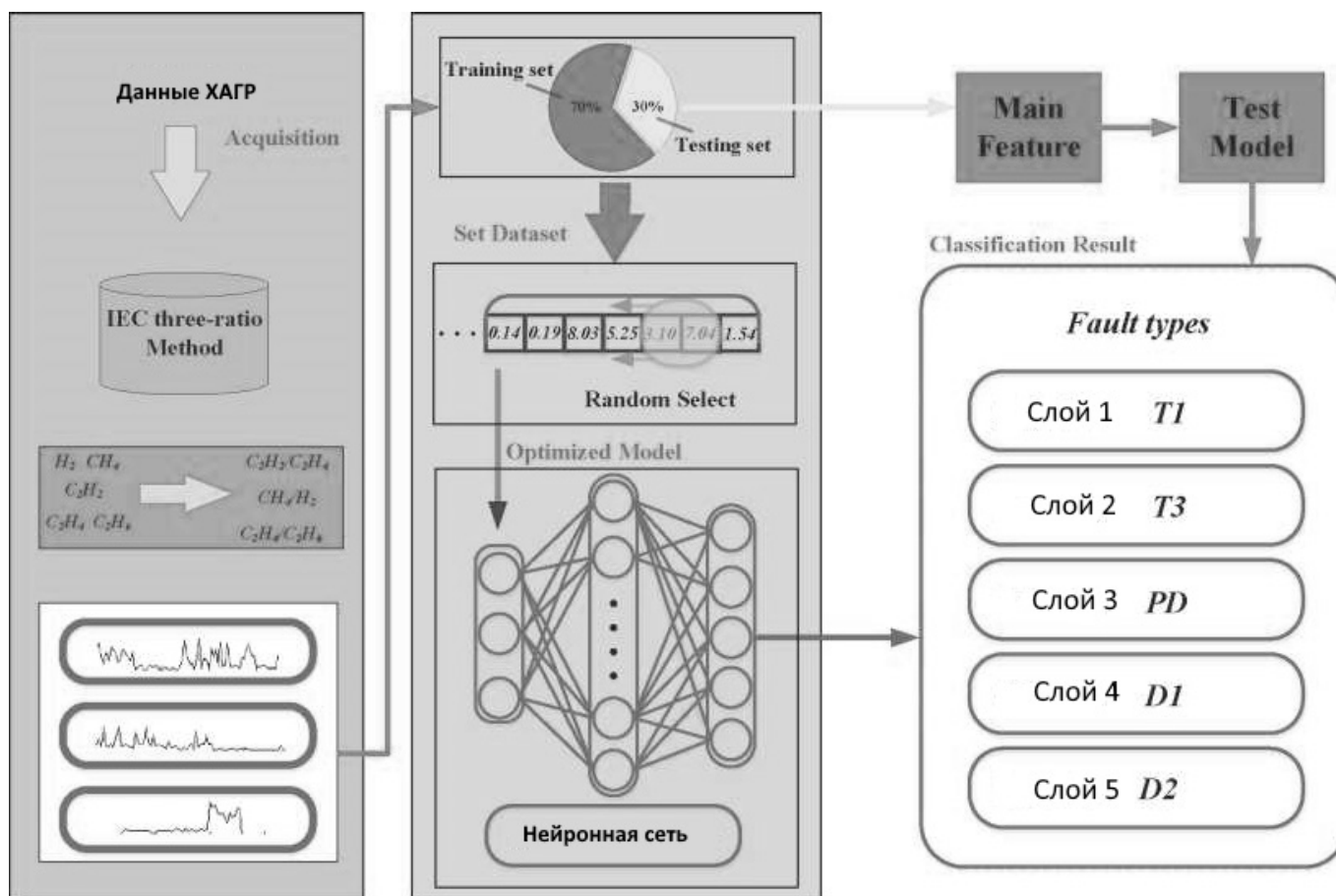


Рис. 3. Структура процесса диагностики неисправностей силового трансформатора.

Таблица 3. Статистические данные частичных выборок.

C2H4	H2	C2H6	Тип неисправности
0.019	0.0899	2.157	T1
0.029	0.231	2.654	T1
0.0246	0.9655	8.2797	T3
0.0541	1.2551	8.9697	T3
1.38	0.211	5.396	D2
0.12	0.438	5.664	D2
8.097	2.694	1.752	D1
8.382	2.708	1.768	D1
0	0.041	0.149	PD
0.088	0.052	0.099	PD

Таблица 4. Выведите целевое кодирование различных неисправностей.

	T3	T1	D2	D1	PD
	1	0	0	0	0
	0	1	0	0	0
Формат кодирования	0	0	1	0	0
	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	1

### Блок-схема алгоритма

В этой статье диагностика неисправностей силового трансформатора в основном разделена на четыре части: сбор и предварительная обработка данных, сегментация набора данных, обучение модели нейронной сети и сравнение выходных данных тестового набора с выходными данными обучающего набора, как показано на рисунке 3.

На рисунке 3 сначала данные ХАГР силового трансформатора будут обработаны при выборе функции с помощью метода трех коэффициентов ИЕС. Этот процесс можно увидеть в таблице 1. Затем 70% данных могут быть использованы в обучающей модели, которая была отсортирована случайным образом, чтобы гарантировать, что обучающий набор и тестовый набор содержат все типы ошибок. Остальные 30% данных используются для тестирования оптимизированной модели. В этом исследовании мы тестируем пять типов неисправностей силовых трансформаторов, а именно тепловые неисправности  $T > 700\text{ }^\circ\text{C}$ , тепловые неисправности  $T < 300\text{ }^\circ\text{C}$ , разряд высокой энергии, разряд низкой энергии и частичный разряд. Это можно увидеть в виде таблицы 2, и каждая группа данных сбалансирована. Существует 109 наборов данных.

С помощью этой оптимизационной модели можно прогнозировать и классифицировать потенциальные неисправности силовых трансформаторов.

### Экспериментальные данные

Чтобы оценить эффективность предлагаемого метода диагностики неисправностей силовых трансформаторов, мы получаем реальные данные для проведения экспериментов. Путем обработки Индекса технического состояния в трех соотношениях 109 наборов данных ХАГР получены наборы данных, отфильтрованные по признакам, некоторые из которых показаны в таблице 3. В данной работе в качестве базового классификатора используется нейронная сеть, поэтому метод заполнения данных показан в таблице 4.

Мой метод сравнивается с другими превосходными прогностическими классификаторами ОР, оптимизатором мультиверса — многослойным перцептроном (MVO-MLP), PSO-BP, GA-BP, PNN и SVM соответственно. Во-первых, сравнивается точность и частота ошибок моего алгоритма с ОР, и доказываемся превосходство алгоритма в оптимизации нейронной сети. Во-вторых, путем сравнения моего алгоритма с другими алгоритмами машинного обучения и алгоритмами оптимизации доказано, что алгоритм обладает высокой надежностью и производительностью классификации.

### Результаты

Алгоритм устанавливает вероятность обнаружения  $P_a$  равной 0,25,  $A$  равной 1, а размер шага  $a$  равен 0,4. Точность классификации приведена в таблице 5. Для

Таблица 5. Сравнение основных методов (\* означает наилучший результат в таблице).

Тип неисправности	Коэффициент точности (%)		
	ОР	ИТС	Новый алгоритм
T3	100.00	100.00	100.00
T1	100.00	85.71	100.00
D2	85.71	85.71	85.71
D1	100.00	100.00	100.00
PD	0.00	100.00	100.00
Total	77.14	94.29	97.14 *

Таблица 6. Сравнение выборочных ошибок.

Модель	Тренировочный дата-сет	Тестовый дата-сет
ОР	0.0330	0.1571
ИТС	0.0053	0.0220
Новый алгоритм	0.0058	0.0204

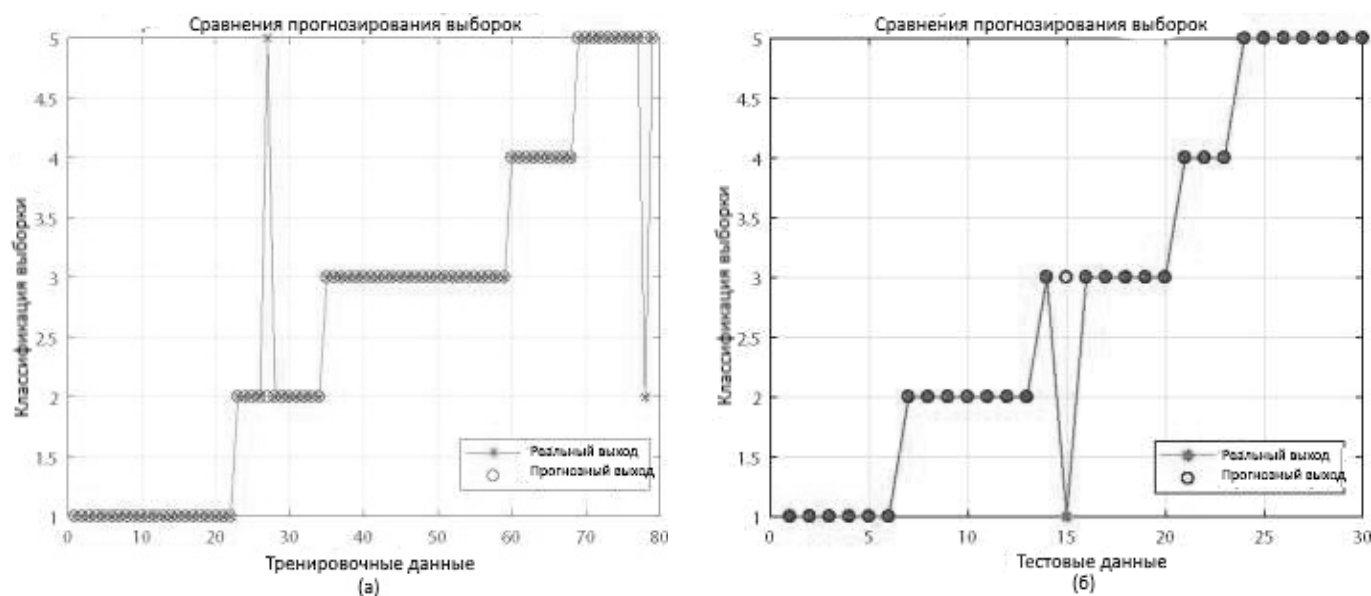


Рис. 4. Результаты классификации модели алгоритма. (а) представляет результаты тренировочной выборки. (б) представляет собой результаты классификации тестовых образцов для метода, соответственно.

пяти типов выходных сигналов неисправностей имеет высокую скорость распознавания 97,14% с помощью выборки, а скорость распознавания классификации различных типов неисправностей выше или равна алгоритмам ОР. Как показано в таблице 6, обучающий набор и тестовый набор являются наименьшими. По сравнению с другими алгоритмами производительность моего алгоритма лучше, чем у обычного ОР и стандартного индекса технического состояния.

Чтобы дополнительно оценить производительность нового алгоритма, наносим на график выходные результаты алгоритма, такие как Рисунок 4а, для выходных данных обучающего набора и компоновки прогнозируемых результатов классификации, и рисунок 4б, для выходных данных классификации тестовых наборов. Его эффект классификации тестового набора не идеален; однако новый алгоритм (а), (б) показывает хорошую скорость распознавания и (б) показывает.



Из рисунка 4 мы знаем, что разработанный метод лучше других алгоритмов в отношении стабильности, поскольку результаты тестовых данных могут отражать, что наша модель не столкнется с проблемой чрезмерной подгонки, и как обучающая выборка, так и тестовые выборки имеют отличные результаты классификации. Это указывает на то, что эта модель полезна для диагностики неисправностей силового трансформатора, поскольку она может дать подходящее решение, для которого содержится тип неисправности силового трансформатора.

### Заключение

В этой статье предлагаю метод, основанный на машинном обучении, оптимизированную модель нейрон-

ной сети обратного распространения для диагностики неисправностей силового трансформатора. Этот алгоритм может адаптивно корректировать шаг поиска пространства решений, чтобы найти лучшее глобальное оптимальное решение, а значение пригодности каждого решения используется для построения вероятности аналитики, чтобы избежать локальной сходимости функций. Кроме того, алгоритм повышает эксплуатационную способность и скорость конвергенции. Проведенные эксперименты для проверки разработанных моделей, используя 109 наборов реальных данных, собранных с силовых трансформаторов. По сравнению с другими алгоритмами экспериментальные результаты показывают, что разработанный метод превосходит другие методы и может сходиться к оптимальному решению для большинства тестовых случаев.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Wang, T.; He, Y.; Li, B.; Shi, T. Transformer Fault Diagnosis Using Self-powered RFID Sensor and Deep Learning Approach. *IEEE Sens. J.* 2018.
2. Tang, S.; Hale, C.; Thaker, H. Reliability modeling of power transformers with maintenance outage. *Syst. Sci. Control Eng. Open Access J.* 2014, 2, 316–324.
3. Zeng, W.; Yang, Y.; Gan, C.; Li, H.; Liu, G. Study on Intelligent Development of Power Transformer On-Line Monitoring Based on the Data of DGA. In *Proceedings of the Power and Energy Engineering Conference (ACTPEEC)*, Wuhan, China, 25–28 March 2011; стр. 1–4.
4. Abu-Elanien, A.E.B.; Salama, M.M.A.; Ibrahim, M. Calculation of a Health Index for Oil-Immersed Transformers Rated Under 69 kV Using Fuzzy Logic. *IEEE Trans. Power Deliv.* 2012, 27, 2029–2036.
5. Mauntz, M.; Peuser, J. Continuous condition monitoring of high voltage transformers by direct sensor monitoring of oil aging for a stable power network. In *Proceedings of the IEEE Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostika)*, Pilsen, Czech Republic, 6–8 September 2016; стр. 1–4.
6. Bakshi, A.; Kulkarni, S. V. Eigenvalue Analysis for Investigation of Tilting of Transformer Winding Conductors Under Axial Short-Circuit Forces. *IEEE Trans. Power Deliv.* 2011, 26, 2505–2512.
7. Rybel, T.D.; Singh, A.; Vandermaar, J.A.; Wang, M.; Marti, J.R.; Srivastava, K. D. Apparatus for Online Power Transformer Winding Monitoring Using Bushing Tap Injection. *IEEE Trans. Power Deliv.* 2009, 24, 996–1003.
8. Khan, S.A.; Equbal, M.D.; Islam, T. A comprehensive comparative study of DGA based transformer fault diagnosis using fuzzy logic and ANFIS models. *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 2015, 22, 590–596.
9. Zhou, Q.; Wang, S.; An, W.; Sun, C.; Xie, H.; Rao, J. Power transformer fault diagnosis based on DGA combined with cloud model. In *Proceedings of the 2014 International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*, Poznan, Poland, 8–11 September 2014; 1–4 стр.
10. Sarma, D.S.; Kalyani, G. ANN approach for condition monitoring of power transformers using DGA. In *Proceedings of the 2004 IEEE Region 10 Conference (TENCON2004)*, Chiang Mai, Thailand, 21–24 November 2004; Volume 100, стр. 444–447.
11. Palani, A.; Santhi, S.; Gopalakrishna, S.; Jayashankar, V. Real-time techniques to measure winding displacement in transformers during short-circuit tests. *IEEE Trans. Power Deliv.* 2008, 23, 726–732.
12. Биргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер — М.: Машиностроение, 1978. — 240 с.
13. Ключев В. В. Неразрушающий контроль и диагностика:
14. Справочник / В. В. Ключев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филинов и др. — М.: Машиностроение, 2003. — 657 с. Сви П. М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения / П. М. Сви. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 240 с.
15. Концепция диагностики электротехнического оборудования подстанций и линий электропередачи электрических сетей ОАО «ФСК ЕЭС». М., 2004. — 188 с.
16. Объем и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45–51.300–97: утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 08.05.97. — М.: ЭНАС, 2004. — 153 с
17. Валуйских А.О., Мордкович А. Г., Цфасман Г. М. Система управления, мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования // *Электро*. — 2004. — № 6. — С. 35–37.
18. Руссов В.А., Софьин Н. Н. Мониторинг технического состояния трансформаторов при помощи системы «ТДМ»: Сб. тез. докл. VIII симпозиума «Электротехника 2010». — М.: ВЭИ, 2005.
19. Монастырский А.Е., Пильщиков В. Е. Система непрерывного мониторинга изоляции силовых трансформаторов СКИТ: Сб. докл. «Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования». Вып. 20. — СПб.: ПЭИПК, 2002.

22. Рассальский А.Н., Козик Н. Н., Левкоаский А. И. Система мониторинга и управления для силовых трансформаторов // Новое в российской электроэнергетике. — 2004. — № 6.
23. Аракелян В. Г. Оперативная диагностика состояния элегазового оборудования по физико-химическим показателям // Электротехника. — 2002-№ 3.- С. 56–65.
24. Ванин Б.Н., Львов Ю. Н., Неклепаев Б. Н. и др. О повреждениях силовых трансформаторов напряжением 110–500 кВ в эксплуатации // Электрические станции. 2001. — № 9. — С. 53–58.
25. ГОСТ 11677 85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. Издательство стандартов, 1986.
26. Алексеев Б. А. Система непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов // Электрические станции. 2000. -№ 8. — С. 62–71.
27. Виноградова Л.В., Игнатьев Е. Б. и др. Модели развивающихся дефектов силовых трансформаторов для компьютерной диагностики // Известия ВУЗов. Электромеханика. 1997- № 1–2 — С. 3–5.
28. Засыпкин А.С., Саїбуіс Е. И. Выявление места вероятного повреждения и управление системой охлаждения силовых трансформаторов на основе тепловой модели // Известия ВУЗов. Электромеханика. 1997. — № 1–2- С 64–65.

---

© Шайхуллин Артур Зуфарович ( a6968271@gmail.com ), Низамиев Марат Фирденатович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Казань

## МИЕЛОПЕРОКСИДАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙТРОФИЛОВ КРОВИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ОТРАВЛЕНИИ СОЛЯМИ СВИНЦА

### MYELOPEROXIDASE ACTIVITY OF BLOOD NEUTROPHILS IN CHRONIC POISONING WITH LEAD SALTS

**U. Alieva**  
**R. Shakhbanov**  
**T. Dibirov**  
**K. Suleymanova**  
**J. Musayeva**  
**M. Asadulayeva**

*Summary.* This article examines the study of one of the body's defense systems, in particular, blood neutrophils when exposed to toxic lead metal. The issues of changes in cytochemical parameters of myeloperoxidase of neutrophil granulocytes of blood when exposed to lead salts are considered. The reason for this study was that industrial enterprises and transport emit a large amount of toxic metals, including lead, every day, and insufficient attention is paid to these interactions in the literature.

*Keywords:* neutrophil granulocytes, myeloperoxidase, lead salts, cytochemistry.

**Алиева Умхайр Бадрутдиновна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

**Шахбанов Руслан Казбекович**

Дагестанский государственный медицинский  
университет  
shahbanovrk@yandex.ru

**Дибиров Тагир Муратович**

Дагестанский государственный медицинский  
университет  
dibirovtagir@mail.ru

**Сулейманова Хадиджат Гасбаловна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

**Мусаева Джамия Омаровна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

**Асадулаева Мадина Набиевна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

*Аннотация.* В данной статье рассматривается изучение одной из защитных систем организма, в частности нейтрофилов крови при воздействии на них токсичного металла свинца. Рассматриваются вопросы изменения цитохимических показателей миелопероксидазы нейтрофильных гранулоцитов крови при воздействии солями свинца. Поводом для проведения данного исследования послужило то, что промышленными предприятиями и транспортом ежедневно происходит выброс большого количества токсических металлов, в том числе свинца, а в литературе данным взаимодействиям уделено недостаточное внимание.

*Ключевые слова:* нейтрофильные гранулоциты, миелопероксидаза, соли свинца, цитохимия.

**П**ромышленные предприятия и транспорт сегодня интенсивно загрязняют окружающую среду, и это сопровождается выбросами весьма токсичных металлов и их соединений: свинца, меди, ртути, цинка и др.

Одновременное воздействие нескольких тяжелых металлов, поступающих в организм из окружающей среды с продуктами питания, оказывает комбиниро-

ванное воздействие на организм человека. При этом может наблюдаться как суммирование эффектов, так и их потенцирование [3,5].

Наиболее токсичным из тяжелых металлов является свинец, поступающий в организм человека через легкие и пищеварительный тракт. Он через несколько минут поступает в плазму крови и очень скоро обнаруживается, в том числе, и в клетках крови.

Известно, что соли свинца угнетают функциональную активность нейтрофилов [1,2,4]. Однако вопросы, связанные с действием ядовитых соединений на их метаболизм, и особенно, на ферментные системы, рассмотрены недостаточно.

В связи с этим, целью работы было изучение влияния уксуснокислого свинца на состояние одной из защитных ферментных систем нейтрофилов — миелопероксидазы (МПО) [6,7].

Материалом для исследования послужили проведенные опыты на 24 крысах линии «Вистар». Животные получали *per os* ежедневно (СНЗСОО)2РЬ в дозе 108мг/кг в течение 50 дней. Активность МПО в мазках лейкоцитной массы определяли по Грехем-Кноллу в усовершенствованном нами варианте. При биохимическом изучении фермента лейкоцитарную массу получали методом дифференциального центрифугирования по И.А. Кассирскому. Для выявления фракций МПО использовали метод диск-электрофореза в полиакриламидном геле с последующим окрашиванием по Шроуэн.

При хроническом отравлении солями свинца снижение активности миелопероксидазы (МПО) в нейтрофилах значительное ( $P < 0,01$ ). В мазках около 30% клеток имеют выраженную изреженность гранул. В некоторых участках цитоплазмы гранулы цитохимически не выявляются или видны контуры со следами ферментной активности. Картина меняется после иммунизации животных.

Так, при первом исследовании после иммунизации активность МПО составляет примерно 75% по сравнению с контрольными значениями. Изреженность и агрегация гранул слабее выражена. В поле зрения встречаются единичные незрелые формы клеток миелоидного ряда (про — и миелоциты). Цитоплазма их насыщена полиоксидазосодержащими гранулами.

При втором исследовании после иммунизации активность ферментов лишь на 10–15% ниже контрольных цифр. Преобладающее большинство клеток имеют полные ободки гранул. Изреженность и агрегация слабо выражена.

Характер изменений МПО при биохимическом определении в гомогенате лейкоцитной массы в основном совпадает с цитохимическим. Так, у неиммунизированных опытных животных при биохимическом определении активность МПО снижена на 14,7%, а цитохимическом — на 13,5%. У иммунизированных животных биохимические показатели соответственно составляют 92,1% и 87,3% по сравнению с контрольным уровнем, а при втором исследовании — 94,2% и 93,1% соответственно.

При сравнении биохимических исследований МПО нейтрофилов и сыворотки крови наиболее заметные расхождения имеют место у неиммунизированных животных.

Коррелируют с полученными данными и результаты диск-электрофоретического исследования. При сопоставлении форенграмм и соответствующих денситограмм можно заметить, что у опытных неиммунизированных животных активность первой (тромбоцитарной) фракции не изменена, тогда как активность трех последующих фракций снижена значительно — 0,4; 1,7 и 0,5 (в норме соответственно — 1,4; 3,3 и 0,9) фракции сыворотки, обладающие пероксидазной активностью и расположенные в верхней трети гелевых полосок, имеют тенденцию к росту.

Однако, ввиду наложения гаптоглобиновых фракций, суждение о повышении активности пероксидазы затруднительно.

При первом диск-электрофоретическом исследовании у иммунизированных животных активность первой фракции несколько повышена при сниженных значениях второй и третьей фракций и заметно повышена и активность четвертой (эозинофильной) фракции.

Таким образом, полученные цито — и биохимические данные активности МПО при отравлении солями свинца свидетельствуют об их угнетении антимикробных систем фагоцитов крови. По-видимому, оно связано с тормозящим действием выбранных токсических веществ на метаболизм нейтрофилов на уровне гранулогенеза в красном костном мозге.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгушин И.И. Нейтрофильные гранулоциты: новые лица старых знакомых // Бюллетень сибирской медицины. 2019. Т. 18, № 1. С. 30–37.
2. Летяева О.И., Гизингер О.А., Долгушин И.И. Методы изучения бактерицидности нейтрофильных гранулоцитов по формированию нейтрофильных ловушек // В мире научных открытий. 2010. Т. 10, № 4–14. С. 77.
3. Овсянникова А.И., Болиева Л.З., Гонобоблева Т.Н., Бязрова С.С. Влияние селенита натрия на фагоцитарную активность нейтрофильных гранулоцитов крыс в условиях свинцовой интоксикации // Устойчивое развитие горных территорий. 2011. Т. 3, № 4. С. 136–138.
4. Плескова С.Н., Крюков Р.Н. Провоспалительные механизмы гибели нейтрофильных гранулоцитов // Цитология. 2019. Т. 61, № 5. С. 357–369.

5. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Карапетян Т.А., Доршакова Н.В. Влияние свинца на живые организмы // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81, № 2. С. 147–160.
6. Фебенчукова К.А., Щимаева И.В., Ткаченко А.В. Влияние электролизного раствора серебра на функциональную активность нейтрофильных гранулоцитов человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11–4. С. 808–809.
7. Шахбанов Р.К., Дибиров Т.М., Алиева У.Б., Сулейманова Х.Г., Асадулаева М.Н. Взаимосвязь цитохимических показателей нейтрофильных гранулоцитов и активности тиреопероксидазы при макро- и микрофолликулярном коллоидном зобе // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. 2022. № 7. С. 214–217.

© Алиева Умхайр Бадрутдиновна, Шахбанов Руслан Казбекович ( shahbanovrk@yandex.ru ),  
 Дибиров Тагир Муратович ( dibirovtagir@mail.ru ), Сулейманова Хадиджат Гасбаловна,  
 Мусаева Джамия Омаровна, Асадулаева Мадина Набиевна.  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

## ОЦЕНКА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПАЦИЕНТОВ ФТИЗИАТРИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА

### ASSESSMENT OF THE PSYCHO-EMOTIONAL PROFILE PATIENTS OF THE PHTHYSIOLOGICAL HOSPITAL

**Amirova Zoya Rafikovna**  
**Polidanov Maxim Andreevich**  
**Kondrashkin Ivan Evgenievich**  
**Ukatova Tatiana Sergeevna**  
**Stepanenko Elina Aleksandrovna**  
**Blokhin Igor Sergeevich**

*Summary.* With antitubercular treatment, especially in patients with lung destruction, not only non-compliance with the treatment regimen is often observed, but also side effects, which can lead to a slowdown in recovery or aggravation of concomitant symptoms, such as depression. In this regard, the purpose of our study was to assess the psycho-emotional profile of tuberculosis patients and the possibility of using it to determine the patient's behavior model in conditions of long-term treatment of respiratory tuberculosis. Materials and methods. To achieve this goal, a survey was conducted of 174 patients hospitalized in the State Medical Institution "OKTB" in Saratov. Based on the results of the survey, 8 parameters of quality of life (QOL) were calculated, according to the SF-36 questionnaire. It was found that the indicators of QOL can be used to assess the severity of the tuberculosis process in the lungs, and individuals with tuberculosis tend to assess their physical capabilities and psycho-emotional sphere, however, it was found that in the dynamic study of prognostic indicators of QOL in patients with tuberculosis, one of the risk factors for the appearance of deviations in the mental state is a change in the level of situational and personal anxiety. The calm reaction of tuberculosis patients with a destructive process in the lung tissue to the detection of the disease and hospitalization is quite likely a manifestation of a violation of the perception of their disease, which significantly reduces the adequacy of the assessment of the severity and danger of the situation. Indicators of QOL and determination of the level of situational anxiety after admission of a patient with respiratory tuberculosis to inpatient treatment can be used to identify the prerequisites for an early prognosis of the effectiveness of treatment of patients with pulmonary tuberculosis.

*Keywords:* tuberculosis, quality of life, neuropsychiatric disorders, psychosomatic disorders, behavioral reactions, personality radical, behavior disorders.

**Амирова Зоя Рафиковна**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
zoyaamirova@mail.ru

**Полиданов Максим Андреевич**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
maksim.polidanoff@yandex.ru

**Кондрашкин Иван Евгеньевич**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
ivan.kondrashckin@yandex.ru

**Укатова Татьяна Сергеевна**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
tan.ukatova@mail.ru

**Степаненко Элина Александровна**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
elina13070713@mail.ru

**Блохин Игорь Сергеевич**

Саратовский государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
ig.bloxin2010@yandex.ru

*Аннотация.* При противотуберкулезном лечении, особенно у больных с деструкцией легких, часто наблюдаются не только несоблюдение режима лечения, но и побочные эффекты, что может привести к замедлению выздоровления или утяжелению сопутствующих симптомов, например депрессии. В связи с этим, целью нашего исследования являлась оценка психоэмоционального профиля больных туберкулезом и возможность его использования для определения модели поведения пациента в условиях длительного лечения туберкулеза органов дыхания. Материалы и методы. Для достижения поставленной цели было проведено анкетирование 174 пациентов, госпитализированных в ГУЗ «ОКТБ» г. Саратова. По результатам анкетирования проводили расчет 8 параметров качества жизни (КЖ), согласно опроснику SF-36. Было установлено, что показатели КЖ могут быть использованы для оценки тяжести туберкулезного процесса в легких, а больным туберкулезом личностям свойственна оценка своих физических возможностей и психо-эмоциональной сферы, однако, было выяснено, что при динамическом изучении прогностических показателей КЖ у больных туберкулезом одним из факторов риска появления отклонений в психическом состоянии является изменение уровня ситуативной и личностной тревожности. Спокойная реакция больных туберкулезом с деструктивным процессом в легочной ткани на выявление заболевания и госпитализацию вполне вероятно является проявлением нарушения восприятия своего заболевания, что значительно снижает адекватность оценки тяжести и опасность ситуации. Показатели КЖ и определение уровня ситуативной тревожности после поступления больного туберкуле-



## Введение

**Т**уберкулез является инфекционным заболеванием, которое представляет серьезную угрозу для здоровья человека и имеет значительные негативные социальные и экономические последствия [1, 2, 3]. У части больных туберкулезный процесс или его последствия вызывают стойкие нарушения функции внешнего дыхания, препятствующие профессиональной деятельности или требующие значительного изменения условий работы. Несомненно, очень важно выявление факторов, которые могут способствовать развитию функциональных нарушений органов дыхания, что позволит проводить лечебные мероприятия на раннем этапе и предупреждать их развитие. Основными задачами любого лечения является увеличение продолжительности жизни, предупреждение обострений заболевания и улучшение самочувствия пациентов. Первые две задачи относительно просто оценить, в то же время измерить самочувствие гораздо труднее.

Сегодня стало очевидным, что субъективное мнение болеющего человека столь же ценно, как и показатели лабораторных и инструментальных методов исследования. Собственная оценка больным комфортности своего состояния является важным итогом терапии. Для оценки характера заболевания и адаптации пациента к своему состоянию определяют качество жизни — интегральный показатель, отражающий степень адаптации человека к болезни и возможность выполнения им привычных функций, связанных с его социально-экономическим положением на работе и в быту.

В настоящее время, уже с позиций системного подхода к проблеме здоровья и развития болезни, разработка адекватных направлений реабилитации и профилактики заболевания предполагает не только выявление системы биологических и социальных взаимосвязей в клинической оценке больного, но и глубокое изучение его психологических особенностей [5]. Так, современные исследования пациентов из разных слоев общества показали, что от 42 до 82% больных туберкулезом сообщают о стигматизации [6, 7]. Социальная стигматизация может влиять на удовлетворенность жизнью у больных туберкулезом как во время, так и после лечения [8] и является одним из наиболее важных

аспектов, влияющих на качество жизни больных туберкулезом [9]. Нарушая социальные взаимодействия пациентов с другими людьми и снижая социальное функционирование, способность выполнять повседневные роли, в конечном итоге ставится под угрозу [10]. Более того, исследования показали, что стигматизация, связанная с туберкулезом, связана с расстройствами психологического стресса [11–13]. Следует отметить, что в результате многочисленных исследований удалось выявить и взаимосвязь между депрессией и последующим риском развития туберкулеза [14, 15]. Было выявлено, что повышенная восприимчивость к туберкулезу может быть вызвана воздействием депрессии на иммунный ответ. Эти эффекты представляют собой источник системного стресса (включая острый и хронический стресс), который воздействует на мозг и изменяет различные нейроэндокринные и поведенческие функции. Примечательно, что психосоциальные расстройства могут оказывать и гораздо большее влияние, чем клинические симптомы у больных туберкулезом [16]. Пожалуй, здесь стоит уделить особое внимание в первую очередь влиянию хронического стресса, который обычно связан с депрессией [17]. Активация воспалительной реакции при туберкулезе может повышать уровень цитокинов и вызывать симптомы депрессии [18], что может привести к возможному обострению туберкулезной инфекции или реактивации. Взаимодействие между липидным метаболизмом, липидным гомеостазом, депрессией также способно запустить сложное и динамичное взаимодействие системы «стресс / патоген». Углубление понимания взаимосвязи между депрессией и туберкулезом в воспалительном и иммунном ответе и в липидном обмене может дать представление о том, как депрессия усиливает туберкулез, и последующую стратегию вмешательства для лечения туберкулеза. Так, например, у пациентов с серьезным депрессивным расстройством провоспалительные цитокины и их рецепторы, белки острой фазы, хемокины и растворимые молекулы адгезии все чаще экспрессируются на ранней стадии и высвобождаются в периферической крови и спинномозговой жидкости [19].

*Ключевые слова:* туберкулез, качество жизни, нервно-психические расстройства, психосоматические нарушения, поведенческие реакции, личностный радикал, расстройства поведения.

Становится очевидным, что потенциальной ролью врожденной иммунной системы в патофизиологии депрессивных расстройств и туберкулезной инфекции

у людей стоит уделять значительное внимание. Так, в настоящее время Т-клетки, которые играют ключевую роль в профилактике и инактивации заболеваний, в настоящее время рассматриваются для активации адаптивных иммунных реакций как у пациентов с депрессией, так и у пациентов с туберкулезом. Когда хроническая депрессия сохраняется, количество Т-клеток и В-клеток может временно увеличиваться, чтобы атаковать вторгающиеся патогены. Их перепроизводство становится неадаптивным или вредным из-за снижения доступности Т-клеток и стимулирующей активности лейкоцитов, что приводит к общему снижению регуляции защитной системы организма.

Что же касается защитного иммунитета, большинство исследований было сосредоточено на CD4+ Т-клетках, но данные пока противоречивы. Тяжелая депрессия связана с более низким количеством CD4+ Т-клеток, что указывает на то, что депрессия может влиять на иммунную функцию [20, 21] и, напротив, несколько исследований показали увеличение процента CD4+ Т-клеток или соотношения CD4/CD8 при депрессивном расстройстве [22–24]. Тем не менее, это соответствует тому, что у пациентов с депрессией был изменен клеточный иммунитет, что может быть связано с повышенной восприимчивостью к туберкулезу, так как, во-первых, дифференцировка и поляризация CD4+ Т-клеток изменяются у пациентов с большим депрессивным расстройством, поскольку различаются соотношения Th1, Th17 и Treg [25, 26], а во-вторых, рецепторы нейротрансмиттеров на Т-клетках изменены, и Т-клетки не могут должным образом функционировать у пациентов с депрессией [27]. Таким образом, несмотря на то что количество CD4+ Т-клеток при депрессии может уменьшаться или не уменьшаться, функции CD4+ Т-клетки могут подавляться из-за снижения пролиферативного ответа Т-клеток и индукции апоптоза Т-клеток [28].

Следует сделать вывод, что распространенность коморбидной депрессии с туберкулезом высока. Однако, интересно и то, что и сама по себе депрессия является фактором риска развития туберкулеза. Во время противотуберкулезного лечения, особенно у больных с деструкцией легких, часто наблюдается несоблюдение режима лечения и побочные эффекты лечения, что может привести к задержке выздоровления или все более тяжелым сопутствующим симптомам, подобным депрессии. Возрастающее число научных публикаций [29–31] указывает и на возможность двунаправленной связи между депрессией и туберкулезной инфекцией, что только подчеркивает актуальность данной проблемы. Безусловно, эта тема и ранее была актуальна, но сейчас она востребована, как никогда, ведь случаи психоэмоциональной зависимости проявляются все чаще, в том числе и у больных как с деструкцией легочной ткани.

В связи с этим, **целью нашего исследования** являлась оценка психоэмоционального профиля больных туберкулезом и возможность его использования для определения модели поведения пациента в условиях длительного лечения туберкулеза органов дыхания.

## Материалы и методы

Под нашим наблюдением находилось 174 пациента, госпитализированных в ГУЗ «ОКТБ» г. Саратова. Перед началом исследования все добровольцы были градуированы на две группы. В I группу вошли 83 больных туберкулезом органов дыхания, у которых специфический процесс характеризовался отсутствием фазы распада (52 мужчины, 31 женщина), средний возраст составил  $38,18 \pm 11,45$  лет, в то время как II группу составили пациенты, легочный процесс которых имел деструкцию — 91 человек (56 мужчин, 35 женщин), средний возраст —  $39,58 \pm 10,98$ . Исследование показателей качества жизни (КЖ) выполняли с помощью русскоязычной версии опросника SF-36, валидированной Межнациональным центром исследования качества жизни г. Санкт-Петербурга. По результатам анкетирования проводили расчет 8 параметров: общее здоровье (GH), физическая активность (PF), роль физических проблем в ограничении жизнедеятельности (RP), боль (BP), жизнеспособность (VT), социальная активность (SF), роль эмоциональных проблем в ограничении жизнедеятельности (RE), психическое здоровье (MH).

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью лицензионной версии программы Statistica 10.0. Для статистического анализа результатов исследования произведена проверка нулевой гипотезы о соответствии их закону нормального распределения, в основе которой лежат вычисления критерия Шапиро-Уилка. Выявлено, что изучаемые показатели не описываются законом нормального распределения, поэтому нами использовались методы непараметрической статистики. Компарирование переменных выполнялись при помощи критерия парных сравнений Вилкоксона. Соотнесение групп осуществлялось с использованием U-критерия Манна-Уитни. В качестве порогового значения статистической значимости принимали  $p < 0,05$ .

## Результаты

Социально-демографические характеристики обследованных больных соответствовали типичному портрету популяции пациентов противотуберкулезной службы. По трудозанятости добровольцы распределились следующим образом: среди пациентов I группы было 38 работающих (45,78%), 43 безработных (51,81%), 2 пенсионера (2,41%), во II группе — 36 работающих (39,54%), 53 безработных (58,24%), 2 пен-



сионера (2,22%). По уровню образования среди пациентов I группы — 42 человека (50,61%) имели среднее образование, 21 (25,31%) — среднее-специальное и 20 (24,08%) — высшее, в то время как среди больных II группы 57 человек (62,64%) имели среднее образование, 18 (19,78%) — среднее-специальное, 16 (17,58%) — высшее. При дифференцировке по семейному положению, было выявлено, что среди добровольцев I группы в семейных отношениях состоят — 38 человек (45,78%), в гражданском браке — 14 (16,88%), не состоят в браке — 31 (37,34%); среди пациентов II группы — 35 человек скреплены узами брака (38,47%), 12 (13,18%) — состоят в гражданском браке, 44 (48,35%) — не состоят в браке. Таким образом, рассматривая социальный статус опрошенных больных, можно сделать вывод, что опрошенные респонденты в обеих группах являлись в преобладающем большинстве неработающими людьми со средним, или в меньшинстве случаев, средне-специальным образованием и только треть опрошенных респондентов (в обеих группах) состояли в официальном браке, однако, любопытно, во II группе среди респондентов основная часть не состоит ни в официальных, ни в гражданских браках. Стоит отметить, что в I группе вредным привычкам (алкоголь, курение, наркомания) были подвержены 65 из 83 человек (78,31%), что не сильно разнится с данными по II группе, где вредным привычкам были подвержены 73 человека из 91 (80,21%).

Клинические формы были представлены по группам следующим образом: в I группе у 42 человек (50,60%) был верифицирован инфильтративный туберкулез, у 20 человек (24,11%) — очаговый, у 12 человек (14,45%) — туберкулема, у 5 (6,03%) — туберкулезный плеврит, у 4 (4,81%) — диссеминированный туберкулез. Во II группе инфильтративный туберкулез был диагностирован — у 64 человек (70,33%), у 17 (18,68%) — туберкулема, у 8 (8,79%) — диссеминированный туберкулез, у 1 человека (1,10%) — очаговый туберкулез и у 1 человека (1,10%) — кавернозный туберкулез. По бактериовыделению больные распределились в группах следующим образом: в I группу (без деструкции легочной ткани) вошли 21 человек с МБТ+; 62 человека — с МБТ-, однако во II группе (с деструкцией) пациентов с МБТ+ было уже — 61 человек, соответственно 30 человек с МБТ-.

В ходе дальнейшего анализа было выявлено, что больные в обеих группах практически одинаково оценивают общее состояние своего здоровья на момент опроса (GH1 60±17,9 и GH2 59±20,3;  $p=0,42$ ). Однако, добровольцы с туберкулезным процессом без распада легочной ткани имеют немного большую физическую активность, чем больные с деструкцией (PF1 82±24,0 и PF2 79±24,8;  $p=0,082$ ).

Пациенты I группы в меньшей степени, чем больные II группы, отмечали ограничения повседневной деятельности, связанные с проблемами с физическим здоровьем (RP1 69±40,4 и RP2 61±40,3;  $p=0,78$ ). Аналогичная ситуация складывается и со степенью ограничения повседневной деятельности эмоциональными проблемами (RE1 73±37,6 и RE2 64±38,9;  $p=0,97$ ).

Обращает на себя внимание и то, что социальная активность пациентов обеих групп находится на равнозначных позициях (SF1 43±15,4 и SF2 46±13,5;  $p=0,54$ ), как и показатели жизненного тонуса пациентов (VT1 66±20,2 и VT2 66±19,9;  $p=0,87$ ), состояние их ментальной сферы (MH1 66±16,2 и MH2 66±17,5;  $p=0,76$ ) и оценки болевых ощущений (BP1 81±25,4 и BP2 77±27,5;  $p=0,42$ ).

Стоит отметить и следующую закономерность: респонденты I группы показали достоверно более высокий уровень ситуативной тревожности по сравнению с анкетирруемыми II группы (СТ1 44±10,8 и СТ2 42±12,8;  $p=0,03$ ) при равнозначном уровне личностной тревожности (ЛТ1 42±8,8 и ЛТ2 42±9,4;  $p=0,07$ ).

## Обсуждение

Стоит обратить внимание, что развитие туберкулеза обусловлено не только неблагоприятными социально-бытовыми условиями и снижением общей резистентности организма, но и стрессовыми воздействиями, что несомненно сказывается на психическом здоровье больных туберкулезом людей. Интересно было бы уточнить, а справедливо ли это в отношении психоэмоционального статуса анкетирруемых больных в нашем исследовании? При анализе результатов была выявлена следующая тенденция — все больные туберкулезом органов дыхания склонны к переоценке своего физического и психического состояния, исходя из оценки их общего состояния здоровья и физической активности.

Однако любопытно и то, что социальная активность пациентов, как и показатели жизненного тонуса, состояние психического здоровья (ментальной сферы) и показатель болевых ощущений у обеих групп больных находится на равнозначных позициях. Отсутствие достоверных различий в субъективной оценке своего качества жизни больными туберкулезом в I и II группах по показателям, характеризующим физическую и психоэмоциональную сферы наглядно демонстрирует неадекватное восприятие своего состояния пациентами с деструкцией легочной ткани, что несомненно может лечь в основу неблагоприятного сценария формирования у них негативного отношения к выполнению рекомендаций медицинского персонала по соблюде-

нию режима и длительности лечения, так как пациенты не ощущают себя больными, а физически крепкими и здоровыми людьми. О высокой вероятности развития у них такого сюжета в отношении лечения свидетельствует и значения показателей ролевого эмоционального функционирования и роли эмоциональных проблем в ограничении жизнедеятельности: несмотря на выявленное у них заболевание, эмоциональные проблемы практически не тяготили больных и мало ограничивали их в жизнедеятельности.

Следует подчеркнуть, что при динамическом изучении прогностических показателей КЖ у больных туберкулезом людей одним из факторов риска появления отклонений в психическом состоянии считаются изменения в уровнях ситуативной и личностной тревожности.

Вероятно, спокойная реакция больных туберкулезом, имеющих деструктивный специфический процесс в легочной ткани, на выявление заболевания и госпитализацию является проявлением нарушения восприятия своего заболевания, что значительно снижает адекватность оценки серьезности и опасности ситуации. Необходимость длительного приема лекарственных препаратов, а также нахождения в стационаре является фактом, дестабилизирующим эмоциональную составляющую отношения к болезни, а при отсутствии патологических симптомов заставляет сомневаться в диагно-

зе и необходимости лечения, что делает неадекватной оценку болезни, что может привести к прогрессированию специфического процесса, формированию лекарственно-устойчивых штаммов возбудителя и, благодаря сохраненным социальным связям, распространению микобактерий в популяции. Показатели КЖ и определение уровня ситуативной тревожности при поступлении больного туберкулезом органов дыхания на стационарный этап лечения могут быть использованы для выявления предпосылок к раннему прогнозированию эффективности лечения больных туберкулезом легких.

## Выводы

Показатели КЖ, несомненно, могут быть использованы для оценки тяжести туберкулезного процесса в легких. Было выяснено, что больным туберкулезом свойственна переоценка своего физического и психического состояния, исходя из оценки их общего состояния здоровья и физической активности. Однако, при динамическом изучении прогностических показателей КЖ у больных туберкулезом людей одним из факторов риска появления отклонений в психическом состоянии нами были выявлены изменения в уровнях ситуативной и личностной тревожности, что свидетельствует о том, что показатели КЖ могут быть использованы для раннего прогнозирования эффективности лечения больных туберкулезом легких.

## ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. Global Tuberculosis Report 2020. WHO; 2020.
2. Dires A, Hagos T, Yitayal M, Amare G, Aschalew AY. Quality of life and associated factors among patients with tuberculosis at the University of Gondar comprehensive specialized hospital, Ethiopia. *Qual. Life Res.* 2021;30 (4): 1173–1181.
3. Чучалин А.Г., Халтаев Н.Г., Абросимов В.Н., Котляров С.Н., Мартынов А.В. Оценка распространенности респираторных симптомов и возможности скрининга спирометрии в диагностике хронических легочных заболеваний. *Пульмонология.* 2010;(2):56–61.
4. Дворкина Н.Я. Инфекционные психозы. *Медицина*, 1973; 184 с.
5. Исаева Е.Р. Психологические адаптационные ресурсы личности в условиях болезни. *Психосоматическая медицина. Труды IX международного конгресса.* СПб.: Человек, 2014; 44–50 с.
6. Abioye IA, Omotayo MO, Alakija W. Socio-demographic determinants of stigma among patients with pulmonary tuberculosis in Lagos, Nigeria. *Afr. Health Sci.* 2011;11(Suppl 1): S100–S104. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
7. Dodor EA, Neal K, Kelly S. An exploration of the causes of tuberculosis stigma in an urban district in Ghana. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2008; 12 (9): 1048–1054.
8. Jaber AA, Khan AH, Syed Sulaiman SA, Ahmad N, Anaam MS. Evaluation of health-related quality of life among tuberculosis patients in two cities in Yemen. *PLoS ONE.* 2016; 11 (6): 156–258.
9. Мoya EM, Biswas A, Chávez Baray SM, Martínez O, Lomeli B. Assessment of stigma associated with tuberculosis in Mexico. *Public Health Action.* 2014; 4 (4): 226–232.
10. Деларю В.В., Юдин С.А., Борзенко А.С. Оказание психологической/психотерапевтической помощи больным туберкулезом людям (по данным социологического исследования) [Электронный ресурс]. *Медицинская психология в России: электрон. науч. журн.* 2013; 1 (18). URL: <http://medpsy.ru> (дата обращения: 01.09.2013).
11. Ayana TM, Roba KT, Mabalhin MO. Prevalence of psychological distress and associated factors among adult tuberculosis patients attending public health institutions in Dire Dawa and Harar cities, Eastern Ethiopia. *BMC Public Health.* 2019; 1:1–9. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
12. Coker A, Kuyinu Y, Mohammed A. Psychological distress and psychiatric symptoms among patients receiving treatment for tuberculosis in a teaching hospital in Lagos, Nigeria. *J. Community Med. Primary Health Care.* 2011; 1–2: 25–40.
13. Peltzer K, Naidoo P, Matseke G, Louw J, Mchunu G, Tutshana B. Prevalence of psychological distress and associated factors in tuberculosis patients in public primary care clinics in South Africa. *BMC Psychiatry.* 2012; 12: 89.

14. Rosenberg SJ, Peterson RA, Hayes JR, Hatcher J, Headen S. Depression in medical in-patients. *Br J Med Psychol*. 1988;61(Pt 3):245–254.
15. McQuiston HL, Colson P, Yankowitz R, Susser E. Tuberculosis infection among people with severe mental illness. *Psychiatr Serv*. 1997; 48: 833–835.
16. Janmeja AK, Das SK, Bhargava R, Chavan BS. Psychotherapy improves compliance with tuberculosis treatment. *Respiration*. 2005; 72: 375–380.
17. Phillips AC, Carroll D, Der G. Negative life events and symptoms of depression and anxiety: stress causation and/or stress generation. *Anxiety Stress Coping*. 2015; 28: 357–371.
18. Konsman JP, Parnet P, Dantzer R. Cytokine-induced sickness behaviour: mechanisms and implications. *Trends Neurosci*. 2002; 25: 154–159.
19. van West D, Maes M. Activation of the inflammatory response system: a new look at the etiopathogenesis of major depression. *Neuro Endocrinol Lett*. 1999; 20: 11–17.
20. Kaharuzza FM, Bunnell R, Moss S, et al. Depression and CD4 cell count among persons with HIV infection in Uganda. *AIDS Behav*. 2006; 10: 105–111.
21. Goyal S, Srivastava K, Kodange C, Bhat P. Immunological changes in depression. *Ind Psychiatry J*. 2017; 26: 201–206.
22. Rothermundt M, Arolt V, Fenker J, Gutbrodt H, Peters M, Kirchner H. Different immune patterns in melancholic and non-melancholic major depression. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2001; 251: 90–97.
23. Seidel A, Arolt V, Hunstiger M, Rink L, Behnisch A, Kirchner H. Major depressive disorder is associated with elevated monocyte counts. *Acta Psychiatr Scand*. 1996; 94: 198–204.
24. Maes M, Stevens W, DeClerck L, et al. Immune disorders in depression: higher T helper/T suppressor-cytotoxic cell ratio. *Acta Psychiatr Scand*. 1992; 86: 423–431.
25. Li Y, Xiao B, Qiu W, et al. Altered expression of CD4(+) CD25(+) regulatory T cells and its 5-HT(1a) receptor in patients with major depression disorder. *J Affect Disord*. 2010; 124: 68–75.
26. Grosse L, Hoogenboezem T, Ambrée O, et al. Deficiencies of the T and natural killer cell system in major depressive disorder: T regulatory cell defects are associated with inflammatory monocyte activation. *Brain Behav Immun*. 2016; 54: 38–44.
27. Patas K, Willing A, Demiralay C, et al. T cell phenotype and T cell receptor repertoire in patients with major depressive disorder. *Front Immunol*. 2018; 9: 291.
28. Naapakoski R, Ebmeier KP, Alenius H, Kivimäki M. Innate and adaptive immunity in the development of depression: an update on current knowledge and technological advances. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2016; 66: 63–72.
29. Золотова Н.В., Баранова Г.В., Стрельцов В.В., Харитонов Н.Ю., Багдасарян Т.Р., Полякова А.С. Динамика туберкулезного процесса у пациентов с различным психологическим статусом. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 96(7):33–38. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-7-33-38>.
30. Luborsky L, McKay JR, et al. The relationship of depression and stressors to immunological assays: a meta-analytic review. *Brain Behav Immun*. 2001; 15: 199–226.
31. Sandoval-Lopez G, Eugeniahernandez M, et al. Th2 cytokine response in major depressive disorder patients before treatment. *J Neuroimmunol*. 2006; 172: 156–165.

---

© Амирова Зоя Рафиковна (zoaamirova@mail.ru), Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru),  
Кондрашкин Иван Евгеньевич (ivan.kondrashckin@yandex.ru), Укатова Татьяна Сергеевна (tan.ukatova@mail.ru),  
Степаненко Элина Александровна (elina13070713@mail.ru), Блохин Игорь Сергеевич (ig.bloxin2010@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СТАТИСТИКА И СИСТЕМАТИКА ОДОНТОГЕННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С УЧЕТОМ ФОНОВОЙ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## STATISTICS AND SYSTEMATICS OF ODONTOGENIC INFLAMMATORY DISEASES TAKING INTO ACCOUNT BACKGROUND SOMATIC PATHOLOGY (LITERATURE REVIEW)

**A. Gromov  
M. Lunev  
D. Petrash  
D. Tishkov**

*Summary.* The article is devoted to the review of literature data on the prevalence of inflammatory diseases of odontogenic etiology developing in the presence of background somatic multiple organ pathology of internal organs. Patients with odontogenic sepsis are characterized by an increase in the prevalence of liver diseases and chronic alcoholism in comparison with the local form of odontogenic infection. In patients with a local form, a statistically significant predominance of diseases of the cardiovascular system should be noted. Respiratory pathology, diseases of the endocrine, urinary, digestive systems and liver are less often diagnosed.

*Keywords:* phlegmon, maxillofacial area, odontogenic infection, sepsis, surgical treatment.

**Громов Александр Леонидович**

Д.м.н

Курский государственный медицинский университет [gromov.alexandr2011@yandex.ru](mailto:gromov.alexandr2011@yandex.ru)

**Лунев Михаил Анатольевич**

К.м.н

Курский государственный медицинский университет

[misha-dok@yandex.ru](mailto:misha-dok@yandex.ru)

**Петраш Денис Александрович**

К.м.н

Курский государственный медицинский университет

[petrash.denis2017@yandex.ru](mailto:petrash.denis2017@yandex.ru)

**Тишков Денис Сергеевич**

К.м.н., доцент

Курский государственный медицинский университет

[den-tishkov@yandex.ru](mailto:den-tishkov@yandex.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена обзору литературных данных о распространенности воспалительных заболеваний одонтогенной этиологии, развивающихся при наличии фоновой соматической полиорганной патологии внутренних органов. Для пациентов с одонтогенным сепсисом характерен прирост распространенности заболеваний печени и хронического алкоголизма в сравнении с местной формой одонтогенной инфекции. У пациентов с местной формой следует отметить статистически значимое преобладание болезней сердечно-сосудистой системы. Реже диагностирована патология органов дыхания, болезни эндокринной, мочевыделительной, пищеварительной систем и печени.

*Ключевые слова:* флегмона, челюстно-лицевая область, одонтогенная инфекция, сепсис, хирургическое лечение.

**П**о данным литературы, удельный вес больных с гнойными заболеваниями лица и шеи составляет около 60–70% от общего числа госпитализируемых в отделения челюстно-лицевой хирургии и 10–20% больных, обращающихся за медицинской помощью в хирургические кабинеты стоматологических поликлиник. Из них в 60–80% случаев диагностированы одонтогенные флегмоны [1,2,4,15,16,25].

Сохраняется прирост «атипично» протекающих форм одонтогенной инфекции, характеризующихся вялотекущей, гипореактивной воспалительной реакцией,

на фоне которых развиваются местные и общие осложнения [5,8,17,21,22].

На фоне сахарного диабета наблюдаются единичные, но крайне тяжелые формы некротизирующего одонтогенного воспалительного процесса, в том числе с распространением на клетчатку и органы средостения [26–29].

Единичные публикации, посвященные одонтогенному сепсису, не дают достоверной статистической информации о распространенности данной патологии

в различных регионах РФ и в других странах. Однако тенденция к приросту количества септических больных в последние десятилетия просматривается достаточно четко. Отмечается увеличение количества пациентов с одонтогенным сепсисом на фоне сопутствующей соматической патологии [3,7,9–13,23,24].

Контактный одонтогенный медиастинит, сепсис, вторичные внутричерепные осложнения, в том числе при наличии фоновых заболеваний, наблюдаются у 0,5–4,1% больных острой одонтогенной инфекцией [10,25]. По мнению ряда авторов, в странах СНГ данная патология регистрируется значительно чаще, чем в мире в целом, что обуславливает высокую степень значимости данной проблемы для РФ [6,20].

В частности, ежегодная заболеваемость одонтогенным медиастинитом по данным Hospital Universitari Vall d'Herbonde Barcelona, с января 1996 года по декабрь 2006 года, составила 5,1 случай на 1000000 населения, всего 43 пациента за 10 лет наблюдений. Приводятся данные о единичных случаях нисходящего некротизирующего медиастинита в клиниках Италии, Испании, Новой Зеландии, Иордании, Тайваня, Англии, Германии и других стран [30,31]. В отдельных публикациях отмечено наличие фоновых соматических заболеваний (сахарный диабет), отягощающих течение основного патологического процесса [14]. Чаще всего одонтогенные воспалительные процессы развиваются у пациентов наиболее трудоспособного возраста (20–50 лет), мужчины составляют большую часть заболевших. Средний возраст больного одонтогенной флегмоной — около 30 лет [19,25].

Одонтогенный хирургический сепсис, контактный одонтогенный медиастинит и вторичные внутричерепные осложнения встречаются у больных в возрасте от 15 до 70 лет. Преобладают мужчины — 73,7%; женщин — 26,3% [24].

Чаще всего одонтогенный сепсис ассоциируется с контактным одонтогенным медиастинитом и одонтогенными воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи (67,8%). Реже сепсис встречается у пациентов с вторичными внутричерепными осложнениями, фурункулами и карбункулами лица [12].

Единичные исследования содержат информацию о распространенности сопутствующей и фоновой патологии у пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области. В частности, около 23,6% пациентов стоматологических поликлиник страдают различными соматическими заболеваниями [18]. Среди пациентов с одонтогенными флегмонами сопутствующая патология встречается в 30–60%

случаев. Чаще всего выявляются заболевания сердечно-сосудистой системы (около 50%) и органов пищеварения (10–12%). Реже встречаются болезни органов дыхания (7–8%), патология эндокринной и нервной систем (около 5%). Еще реже диагностированы инфекционные болезни, ВИЧ — около 4% [12]. По данным литературных источников, одонтогенный сепсис развивается на фоне сопутствующей патологии у 78,1% больных. Наиболее часто выявляются заболевания сердечно-сосудистой (около 50%) и дыхательной систем (48,9%). Реже встречаются заболевания других органов» [10,11].

В 52% случаев у больных с одонтогенным сепсисом наблюдается поражение двух и более систем органов одновременно (множественная фоновая патология) [12,13].

В целом, доступная литература содержит единичные сведения о частоте и распространенности фоновой соматической патологии у пациентов с гнойно-воспалительными процессами челюстно-лицевой области, в основном, с генерализованными формами одонтогенной инфекции. Нередко одни и те же нозологические формы причисляются в одних исследованиях — к сопутствующим заболеваниям, в других — к фоновой патологии без каких-либо оснований и доказательной базы. Нет информации об особенностях распространенности фоновой или сопутствующей соматической патологии у пациентов челюстно-лицевого профиля в зависимости от тяжести состояния, фактора генерализации инфекционного процесса и наличия превалирующих соматических терапевтических заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной, пищеварительной и других систем. Отсутствуют сведения о заболеваниях внутренних органов у больных с одонтогенным сепсисом и местной формой одонтогенной инфекции с учетом современных подходов к диагностике генерализованных воспалительных процессов (критерии «Сепсис-3»).

В общей структуре одонтогенных гнойно-воспалительных процессов преобладает местная форма одонтогенной инфекции (92,5%), одонтогенный сепсис диагностирован в 7,5% случаев.

Хроническая патология внутренних органов диагностирована у 131 пациента с МФОИ (29,6%), у 312 пациентов с МФОИ хронические заболевания отсутствовали (70,4%).

Оценивая нозологическую структуру патологии у пациентов с МФОИ и хроническими заболеваниями внутренних органов, следует отметить статистически значимое преобладание болезней сердечно-сосуди-

стой системы — 67,2%. Реже диагностирована патология органов дыхания, болезни эндокринной, мочевыделительной, пищеварительной систем и печени.

Анализ 36 пациентов с одонтогенным сепсисом (2012–2015 гг., Курск): хроническая патология внутренних органов диагностирована у 19 пациентов (52,8%), из них полиорганная полиморбидная патология — 10 (27,8%). Следовательно, у пациентов с ОС ХП внутренних органов встречается статистически значимо чаще, чем у пациентов с МФОИ ( $p < 0,05$ ).

У пациентов с ОС преобладают болезни пищеварительной системы и печени (болезнь оперированного желудка, хронические вирусные и алкогольные гепатиты, цирроз печени), хроническая алкогольная болезнь, заболевания сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертензия, ИБС), сахарный диабет — более 63%. Несколько реже диагностированы заболевания дыхательной и мочевыделительной систем. Злокачественные новообразования у пациентов с одонтоген-

ным сепсисом встречаются в единичных случаях (около 3%).

Выводы. Сравнение результирующих показателей пациентов с одонтогенным сепсисом с аналогичными показателями пациентов с МФОИ указывает на значительное увеличение распространенности заболеваний печени, хронического алкоголизма (38,9% в сравнении с 6,1% при МФОИ,  $p < 0,05$ ), в основном, за счет хронических вирусных и алкогольного гепатитов, цирроза печени, алкогольной болезни. Болезнь оперированного желудка диагностирована у одного пациента с ОС (как и в случае с МФОИ). Несколько чаще, чем при МФОИ, у пациентов с ОС наблюдается сахарный диабет, заболевания дыхательной и мочевыделительной систем ( $p > 0,05$ ), а изолированная патология сердечно-сосудистой системы встречается статистически значимо реже ( $p < 0,05$ ).

МФОИ — местная форма одонтогенной инфекции  
ОС — одонтогенный сепсис

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агапов, В.С. Пути совершенствования методов лечения больных с одонтогенными флегмонами челюстно-лицевой области / В.С. Агапов, И.А. Пимина. — Текст: непосредственный // Образование, наука и практика в стоматологии: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции, 9–11 февраля 2005 г. — Москва, 2005. — С. 16–17.
- Бажанов, Н.Н. Состояние и перспективы профилактики и лечения гнойных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области / Н.Н. Бажанов. — Текст: непосредственный // Стоматология. — 1997. — № 2. — С. 15–19.
- Будаев, А.П. Опыт применения методики ранней дифференциальной диагностики различных форм одонтогенного сепсиса в условиях Курской областной клинической больницы, прогностические возможности интегральных шкал / А.П. Будаев, А.Л. Громов, А.Г. Зыкин // Стоматология славянских государств: материалы V Международной научно-практической конференции. — Курск: КГМУ, 2012. — С. 92–96. — Текст: непосредственный.
- Воложин, А.И. Роль реактивности организма в выборе стратегии и тактики лечения острых воспалительных процессов в челюстно-лицевой области / А.И. Воложин. — Текст: непосредственный // Стоматология. — 1996. — Спец. выпуск: Материалы 4-го съезда Стоматологической ассоциации России. — С. 49–51.
- Ву Вьет Куонг. Современный взгляд на этиологию и патогенез одонтогенных абсцессов и флегмон челюстно-лицевой области / Ву Вьет Куонг, Д.С. Аветиков, С.Б. Кравченко. — Текст: непосредственный // Вісник проблем біології і медицини. — 2014. — Т. 1, № 2. — С. 79–84.
- Высоцкий, А.Г. Клиника, диагностика и лечение «нисходящего» медиастинита / А.Г. Высоцкий, В.В. Тахтаулов. — Текст: непосредственный // Хірургія України. — 2006. — № 3. — С. 3–5.
- Громов, А.Л. Совершенствование диагностики и лечения тяжелых осложнений одонтогенной инфекции: автореферат дис. ... канд. мед. наук: 14.01.17; 14.01.14 / А.Л. Громов. — Воронеж, 2011. — 22 с. — Текст: непосредственный.
- Громов, А.Л. Сравнительный анализ биомаркеров воспаления у больных с прогрессирующими одонтогенными флегмонами при лечении методом селективной деконтаминации кишечника / А.Л. Громов, А.Г. Зыкин. — Текст: непосредственный // Форум практикующих стоматологов. — 2014. — № 2 (14). — С. 38–39.
- Губин, М.А. Внутричерепные осложнения гнойно-септических стоматологических заболеваний: возможности современного лечения / М.А. Губин, О.В. Лазутиков. — Текст: непосредственный // Российский стоматологический журнал. — 2002. — № 5. — С. 20–25.
- Губин, М.А. Внутричерепные осложнения гнойных заболеваний лица и шеи: монография / М.А. Губин, Н.И. Чевардов, О.В. Лазутиков. — Воронеж, 2000. — 116 с. — ISBN5–87456–223–0. — Текст: непосредственный.
- Губин, М.А. Диагностика и лечение острых прогрессирующих заболеваний челюстно-лицевой области, шеи и их осложнений: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / М.А. Губин. — Москва, 1987. — 357 с. — Текст: непосредственный.
- Губин, М.А. Клинико-лабораторная характеристика осложнений гнойной инфекции у больных из групп риска / М.А. Губин, Ю.М. Харитонов, Р.Н. Кивков. — Текст: непосредственный // Консилиум. — 2004. — № 6. — С. 38.
- Губин, М.А. Осложнения одонтогенных воспалительных заболеваний / М.А. Губин, Ю.М. Харитонов. — Москва: Медицина, 2006. — 664 с. — Текст: непосредственный.

14. Дурново, Е.А. Диагностика и лечение больных с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области с учетом состояния неспецифической и иммунологической резистентности организма: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21: 14.00.36 / Е.А. Дурново. — Москва, 2003. — 47 с. — Текст: непосредственный.
15. Дурново, Е.А. Оптимизация методов диагностики и комплексного лечения больных с острыми одонтогенными воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области / Е.А. Дурново. — Текст: непосредственный // Нижегородский медицинский журнал. — 2003. — № 5. — С. 184–185.
16. Кантемиров, О.И. Лимфотропная антибактериальная терапия в комплексном лечении одонтогенных флегмон челюстно-лицевой области: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / О.И. Кантемиров. — Самара, 2001. — 24 с. — Текст: непосредственный.
17. Караков, К.Г. Клиническая характеристика флегмон челюстно-лицевой области и комплексное лечение с применением иммуномодулятора полиоксидония / К.Г. Караков, М.П. Порфириадис, В.В. Шулаков. — Текст: непосредственный // Врач. — 2008. — № 5. — С. 74–77.
18. Козлов, В.А. Одонтогенный медиастинит / В.А. Козлов. — Текст: непосредственный // Стоматология. — 2006. — № 3. — С. 16.
19. Конев, С.С. Одонтогенные флегмоны, современный взгляд на их формирование (обзор литературы) / С.С. Конев, К.С. Гандылян. — Текст: непосредственный // Научный альманах. — 2016. — № 7–1 (21). — С. 496–499.
20. Перепелицын, В.Н. Ранняя диагностика и комплексное лечение острого гнойного медиастинита / В.Н. Перепелицын, М.А. Огородников. — Текст: непосредственный // Материалы 3-го конгресса ассоциации хирургов. — Москва, 2007. — С. 121–122.
21. Райан, М.А. Сахарный диабет и воспалительные процессы в полости рта / М.А. Райан, Р. Вильямс, С. Гросси. — Текст: непосредственный // Клиническая стоматология. — 2006. — № 4 (40). — С. 62–64.
22. Фомичев, Е.В. Атипично текущие и хронические гнойно-воспалительные заболевания челюстно-лицевой области. Диагностика, лечение и профилактика: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / Е.В. Фомичев. — Москва, 1999. — 40 с. — Текст: непосредственный.
23. Харитонов, Ю.М. Опыт лечения больных с тяжелыми осложнениями одонтогенной инфекции / Ю.М. Харитонов, А.А. Глухов, А.Л. Громов. — Текст: непосредственный // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. — 2011. — Т. 4, № 4. — С. 871–875.
24. Харитонов, Ю.М. Острый одонтогенный сепсис: ранняя диагностика, прогнозирование и лечение: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / Ю.М. Харитонов. — Воронеж, 1999. — 48 с. — Текст: непосредственный.
25. Шаргородский, А.Г. Воспалительные заболевания тканей челюстно-лицевой области и шеи: учебное пособие / А.Г. Шаргородский. — Москва: ВУН-МЦ, 2001. — 517 с. — Текст: непосредственный.
26. APACHE II: A severity of disease classification system / W.A. Knaus, E.A. Draper, D.P. Wagner, J.E. Zimmerman // Critical care medicine. — 1985. — Vol. 13, Iss. 10. — P. 818–829.
27. Baue, A.E. Systemic inflammatory response syndrome (SIRS), multiple organ dysfunction syndrome (MODS), multiple organ failure (MOF): are we winning the battle? / A.E. Baue, R. Durham, E. Faist // Shock. — 1998. — Vol. 10, Iss. 2. — P. 79–89.
28. Can progression of odontogenic infections to cervical necrotizing soft tissue infections be predicted? / K. Zemplenyi, B. Lopez, M. Sardesai, J.K. Dillon // International journal of oral and maxillofacial surgery. — 2017. — Vol. 46, Iss. 2. — P. 181–188.
29. Cervical necrotizing fasciitis of odontogenic origin and hyperbaric oxygen therapy / C.H. Inan, H.M. Yener, M. Yilmaz [et al.] // The Journal of craniofacial surgery. — 2017. — Vol. 28, Iss. 7. — P. 691–692.
30. Cervical necrotizing fasciitis of odontogenic origin in a diabetic patient complicated by substance abuse / R.C. Junior, M.G. Naclerio-Hoem, L.M. Cabral, J.G. Luz // Brazilian dental journal. — 2014. — Vol. 25, Iss. 1. — P. 69–72.
31. Corticosteroids in the treatment of severe sepsis and septic shock in adults: a systematic review / D. Annane, E. Bellissant, P.E. Bollaert [et al.] // JAMA. — 2009. — Vol. 301, Iss. 22. — P. 2362–2375.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОВАРИАЛЬНОГО РЕЗЕРВА У ЖЕНЩИН ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЛЕЧЕНИЯ МИОМЫ МАТКИ

### ANALYSIS OF CHANGES IN OVARIAN RESERVE IN WOMEN AFTER VARIOUS TYPES OF TREATMENT OF UTERINE FIBROIDS

**A. Ibragimova**  
**T. Ivanova**  
**A. Trebunskikh**  
**N. Ayupova**  
**E. Blazhnova**  
**L. Tselkovich**  
**R. Balter**

*Summary.* A comparative assessment of the ovarian reserve of women who have undergone various forms of uterine fibroid therapy and are preparing for ART was carried out. In three stages, 177 patients were examined, 85 of them with previous myomectomy, 92 with embolization of the uterine arteries. An analysis of the success of the use of assisted reproductive technologies (ART) and the justification for the choice of using in vitro fertilization protocols (IVF) in patients with various types of treatment of uterine fibroids is made. It has been established that the content of Anti-Müllerian hormone (AMH) and the function of the ovaries depend on the location of myomatous nodes, as well as on the characteristics of uterine hemodynamics.

*Keywords:* ovarian reserve, uterine fibroids, myomectomy, embolization of uterine arteries.

**Ибрагимова Алина Ришатовна**

К.м.н

Самарский государственный медицинский  
университет  
Самара

*a.r.ibragimova@samsmu.ru*

**Иванова Татьяна Владимировна**

К.м.н

Самарский государственный медицинский  
университет  
Самара

*t.v.ivanova@samsmu.ru*

**Требунских Анна Сергеевна**

Соискатель

Самарский государственный медицинский  
университет;

Врач акушер-гинеколог ГБУЗ СО СГП № 3

Самара

*samaraobsgyn2@yandex.ru*

**Аюпова Надежда Тахировна**

Соискатель

Самарский государственный медицинский  
университет

Самара

*samaraobsgyn2@yandex.ru*

**Блажнова Елена Михайловна**

Соискатель

Самарский государственный медицинский  
университет

Самара

*samaraobsgyn2@yandex.ru*

**Целкович Людмила Савельевна**

Д. м. н

Самарский государственный медицинский  
университет

Самара

*samaraobsgyn2@yandex.ru*

**Балтер Регина Борисовна**

Канд. мед. наук, профессор

Самарский государственный медицинский  
университет

Самара

*samaraobsgyn2@yandex.ru*

Аннотация. Проведена сравнительная оценка овариального резерва женщин, перенесших различные формы терапии миомы матки и готовящихся к ВРТ. В три этапа обследовано 177 пациенток, 85 из них — с проведенной ранее миомэктомией, 92 — с эмболизацией маточных артерий. Сделан анализ успешности применения вспомогательных репродуктивных





**Т**ерапия миомы матки у женщин репродуктивного возраста во многом зависит от клинических проявлений, скорости роста и расположения опухоли, а также от ее способности к пролиферации, от клеточного состава и от численности миоматозных узлов [1, 2]. Все эти данные учитываются при выборе метода лечения [3, 4]. Особое значение выбор терапии приобретает при планировании дальнейшей стимуляции овуляции в протоколах ЭКО и вариантах подсадки эмбриона, поскольку фолликулярный резерв после проведенного вмешательства, а также связанная с полноценным функционированием яичников рецепция эндометрия, имеет определяющее значение [5–7].

Мнение по ведению пациенток с миомой матки у женщин, готовящихся к ВРТ, разделились [8–10]. Часть специалистов отдали предпочтение миомэктомии, часть — эмболизации маточных артерий (ЭМА).

Те клиницисты, которые предпочитают миомэктомию, считают, что такой метод лечения позволяет сохранить овариальный резерв и физиологическую рецепцию эндометрия, что, в свою очередь, обеспечивает успешную имплантацию во время ЭКО [11–13].

Сторонники ЭМА объясняют свою позицию тем, что рецепция эндометрия и фолликулярный резерв не страдают после проведенной процедуры. Между тем рубец на матке после миомэктомии не способствует благоприятному развитию беременности, а соединительная ткань, образовавшаяся в процессе заживления послеоперационной раны, препятствует имплантации в период проведения ЭКО [14, 15].

Учитывая вышеизложенное, *целью исследования* явилась сравнительная оценка фолликулярного резерва женщин, перенесших различные формы терапии миомы матки: эмболизация маточных артерий или миомэктомия.

Для оценки овариального резерва и последствий проведенного лечения миомы матки [16] у женщин было обследовано 177 пациенток, 85 из которых поведена эмболизация маточных артерий. Они составили основную группу. Группа сравнения представлена 92 женщинами.

технологий (ВРТ) и обоснования выбора использования протоколов экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) у пациенток с различными видами лечения миомы матки. Установлено, что содержание Anti-Müllerian hormone (AMГ) и функция яичников зависят от расположения миоматозных узлов, а также от особенностей маточной гемодинамики.

*Ключевые слова:* овариальный резерв, миома матки, миомэктомия, эмболизация маточных артерий.

Им провели миомэктомию. Все женщины были в возрасте 28–35 лет и сопоставимы по основным параметрам состояния здоровья, характеру клинического течения миомы матки [17], расположению и структуре миоматозных узлов. У всех пациенток не было противопоказаний к зачатию и вынашиванию беременности.

Определение AMГ проводилось иммунохемилюминесцентным методом, полученные результаты измерялись в нг/мл. Референсными значениями содержания AMГ в крови считались 0,17–7,37 нг/мл. Если у пациентки содержание AMГ было в пределах менее 0,5–0,9 нг/мл, то овариальный резерв считался сниженным. Нормальным овариальным резервом был установлен AMГ в пределах 1,0–2,5 нг/мл. Содержание этого показателя выше 3,5 нг/мл считалось чрезмерно высоким, такие женщины попадали в группу риска по развитию синдрома гиперстимуляции яичников при планировании протоколов ЭКО.

Определение эстрадиола (17-beta-estradiol, E2) проводилось методом электрохемилюминесцентного иммуноанализа (ECLIA) на 2–3 день менструального цикла. Результаты измерялись в пг/мл. Нормальными значениями в овуляторную фазу цикла считались показатели 12,4–233 пг/мл.

Определение прогестерона (pregn-4-ene-3), также как и эстрадиола, осуществлялось методом ECLIA. Забор крови проходил на 21–23 день менструального цикла. Полученные результаты измерялись в нмоль/л. В секреторную фазу менструального цикла нормальным считался диапазон 5,82–75,9 нмоль/л.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием стандартного пакета Statistica12.6 (разработчик Dell) в системе Microsoft Windows. Описание полученных результатов осуществлялось в соответствии с ГОСТ Р 50779.10–2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения». Оценка значимости различий полученных результатов проводилась с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок, а также –критерия согласия  $\chi^2$  Пирсона. Критическим уровнем значимости установлено значение  $p < 0,05$ .

Таблица 1. Среднее содержание Anti-Müllerian hormone и эстрадиола в крови женщин с миомой матки

Показатель	Основная группа (n=85)	Группа сравнения (n=92)	P <sub>1-2</sub>
Anti-Müllerian hormone (нг/мл)	1,9 (0,75)	2,18 (0,55)	0,14
Эстрадиол (пг/мл)	104,2 (8,18)	115,2 (10,3)	0,40

Примечание. p<sub>1-2</sub> — показатель статистической значимости различий показателей в группах

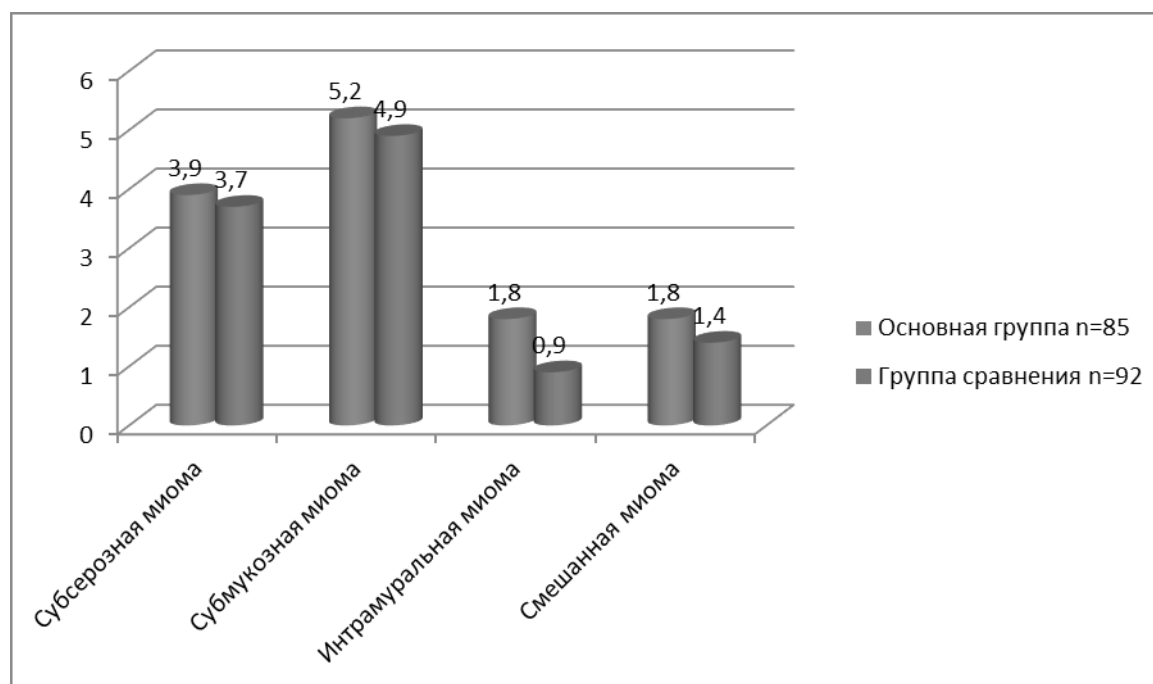


Рис. 1. Содержание АМГ в сравниваемых группах в зависимости от расположения миоматозных узлов

Средние результаты содержания АМГ и эстрадиола обследуемых женщин приведены в табл. 1.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что статистически достоверной разницы в содержании АМГ и эстрадиола у женщин с миомой матки [18], вошедших в группы сравнения, выявлено не было. В основной группе содержание АМГ составило 1,9 (0,75) нг/мл, а в группе сравнения — 2,18 (0,55) нг/мл, p=0,76. Количество эстрадиола также не имело различий: 104,2 (8,18) и 115,2 (10,3) пг/мл соответственно, p=0,40.

Вместе с тем ранжирование содержания АМГ в зависимости не только от проведенного лечения миомы матки, но и от клинко-морфологического состояния узлов внутри групп, показало иные результаты (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что низкое содержание АМГ зарегистрировано у женщин с интрамуральной и смешанной миомой матки в обеих группах, независимо от метода лечения. В основной

группе эти показатели составили 1,8 (0,1) и 1,8 (0,1) нг/мл, в группе сравнения — 0,9 (0,2) и 1,4 (0,2) нг/мл соответственно, p<0,001 и p=0,07.

В это же время у женщин с субмукозной и субсерозной миомой матки уровни АМГ были достаточно высокими, и в основной группе составили 5,2 (0,7) и 3,9 (0,44) нг/мл, в группе сравнения — 4,9 (0,3) и 3,7 (0,60) нг/мл соответственно, p=0,69 и p=0,79. На этом основании можно предположить, что содержание АМГ более зависимо не от объема и способа лечения миомы матки, а от расположения узла по отношению к стенке матки и, по-видимому, от особенностей кровоснабжения и анастомозов с яичниковой артерией.

Сравнительный анализ содержания АМГ в сопоставлении с его же показателями до проведенного лечения свидетельствовал о том, что в обеих группах через год после проведенного вмешательства уровень данного гормона был несколько ниже. Однако статистически значимой разницы определено не было, овуляторный

Таблица 2. Содержание эстрадиола у женщин с миомой матки

Показатель	Основная группа (n=85)	Группа сравнения (n=92)	$P_{1-2}$
Сочетанное	5 1,8 (0,1)	20 1,4 (0,2)	0,07
Субсерозная миома матки	35 3,9 (0,44)	51 3,7 (0,60)	0,79
Субмукозная миома матки	12 5,2 (0,7)	28 4,9 (0,3)	0,69
Интрамуральная миома матки	38 1,8 (0,1)	13 0,9 (0,2)	<0,001

Примечание:  $p_{1-2}$  — показатель статистической значимости различий показателей в группах

Таблица 3. Объем яичников, число антральных фолликулов у женщин сравниваемых групп

Показатель	Основная группа (n=85)	Группа сравнения (n=92)	$p_{1-2}$
Объем яичников (мм <sup>3</sup> )	63,2 (3,4)	78,3 (3,1)	<0,001
Число антральных фолликулов	8,3 (0,4)	8,1 (0,2)	0,65

Примечание:  $p_{1-2}$  — показатель статистической значимости различий показателей в группах

резерв у всех женщин группы был сохранен. В основной группе до лечения уровень Anti-Müllerian hormone составлял в среднем 3,2 (0,4) нг/мл, после лечения — 1,9 (0,75) нг/мл,  $p=0,23$ . В группе сравнения до лечения — 3,4 (0,62) нг/мл, после лечения — 2,18 (0,55) нг/мл,  $p=0,14$ .

Содержание эстрадиола в зависимости от расположения миоматозных узлов отражено в табл. 2.

Полученные данные позволяют говорить о том, что у пациенток с интрамуральной миомой уровень концентрации эстрадиола в основной группе статистически значимо ниже, чем в группе сравнения: 95,9 (3,9) и 116,3 (5,9) пг/мл соответственно,  $p<0,001$ . Это несмотря на то, что у всех женщин результаты входили в нормальный диапазон значений. Также достоверные различия выявлены у женщин с субмукозной миомой матки — в основной группе 93,2 (6,5) пг/мл, в группе сравнения — 123,5 (12,1) пг/мл,  $p=0,03$ . Что касается пациенток с субсерозной миомой матки, то, независимо от способа лечения, содержание эстрадиола в крови у них было примерно одинаковым: 138,2 (11,9) пг/мл в основной группе и 147,2 (4,3) пг/мл в группе сравнения,  $p=0,47$ . У женщин со смешанной миомой матки среднее содержание эстрадиола в основной группе составило 68,4 (6,9) пг/мл, в группе сравнения — 63,1 (7,3) пг/мл,  $p=0,59$ . Отметим, что независимо от способа проведенного лечения, наибольшее содержание эстрадиола было зарегистрировано у женщин с субсерозной миомой матки в обеих группах. У женщин с сочетанным расположением миоматозных узлов регистрировалась самая низкая концентрация эстрадиола.

Учитывая полученную разницу в показателях АМГ и эстрадиола в группах, был проанализирован фолликулярный резерв яичников, основанный на сравнении объема яичников в первую фазу менструального цикла и УЗ-оценке фолликулярного аппарата. Отметим, что ультразвуковое исследование (УЗИ) проводилось на 6–8 день очередного менструального цикла (табл. 3).

Анализ объема и числа фолликулов в яичниках женщин сравниваемых групп свидетельствовал о том, что овуляторный резерв сохранился у всех пациенток, независимо от способа лечения. Среднее число антральных фолликулов в основной группе женщин составило 8,3 (0,4), в группе сравнения — 8,1 (0,2),  $p=0,65$ . Вместе с тем объем яичников статистически значимо различался в группах. В основной группе он составил 63,2 (3,4) мм<sup>3</sup>, а в группе сравнения — 78,3 (3,1) мм<sup>3</sup>,  $p<0,001$  (рис. 2).

Что касается функциональной состоятельности яичников и реакции эндометрия на гормональную нагрузку, то проведенные исследования структуры и толщины эндометрия на 21–23 день цикла свидетельствовали о том, что у большинства женщин в обеих группах толщина эндометрия соответствовала фазе овуляторного менструального цикла.

Женщины сравниваемых групп были распределены по расположению миоматозных узлов для того, чтобы определить степень влияния ЭМА или консервативной миомэктомии на реакцию эндометрия (рис. 3.)

По данным исследования М-эхо у всех женщин результаты укладывались в референсные значения для проведения ВРТ.

Таблица 4. Содержание сывороточного прогестерона у женщин с миомой матки (нмоль/л)

Показатель	Основная группа (n=85)	Группа сравнения (n=92)	P <sub>1-2</sub>
Сочетанное	5 28,2 (5,4)	20 29,1 (2,7)	0,88
Субсерозная миома матки	35 22,6 (1,9)	51 25,2 (1,8)	0,32
Субмукозная миома матки	12 29,9 (4,6)	28 31,0 (2,6)	0,83
Интрамуральная миома матки	38 27,3 (1,4)	13 25,1 (2,4)	0,24

Примечание. p<sub>1-2</sub> — показатель статистической значимости различий показателей в группах

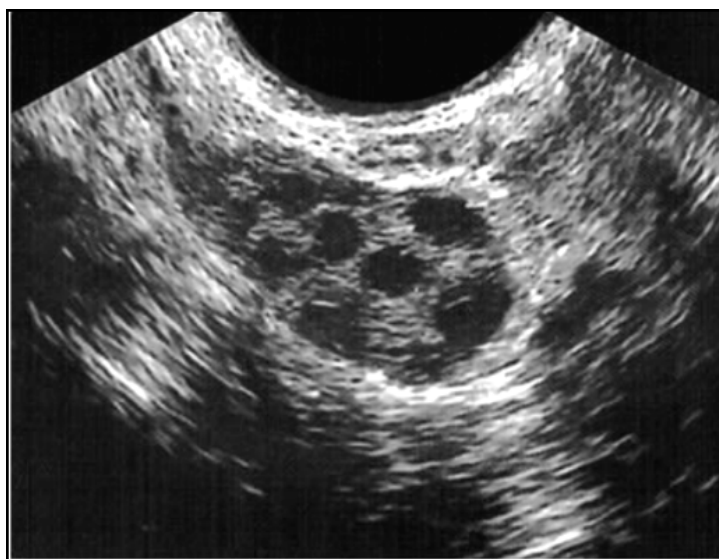


Рис. 2. УЗИ левого яичника.  
Больная А., 11 мес. после перенесенной ЭМА. Собственное наблюдение

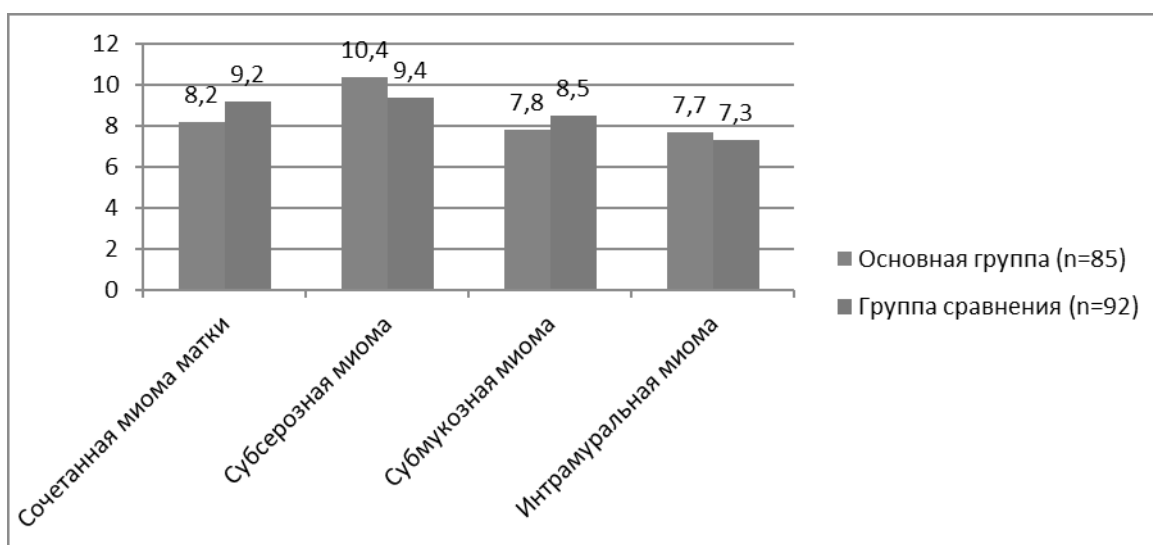


Рис. 3. Толщина М-эхо (мм) у женщин сравниваемых групп по результатам УЗИ (21–23 день менструального цикла)

На 21–23 дни менструального цикла было проведено исследование содержания сывороточного прогестерона (табл. 4).

Рассматривая полученные результаты сывороточно-прогестерона, отметим, что статистически значимых различий в группах женщин с миомой матки выявлено не было. Индивидуальные колебания в группах составили от 10,4 до 55,3 нмоль/л. Ранжирование в зависимости от расположения миоматозных узлов в основной группе показало, что среднее содержание прогестерона у пациенток со смешанной миомой матки составило 28,2 (5,4) нмоль/л, с субсерозной миомой матки — 22,6 (1,9) нмоль/л, с субмукозной миомой — 29,9 (4,6) нмоль/л и с интрамуральной — 27,3 (1,4) нмоль/л. В группе сравнения были аналогичные показатели: 29,1 (2,7), 25,2 (1,8), 31,0 (2,6) и 25,1 (2,4) нмоль/л, соответственно.

**Результаты исследования** показали, что до проведения лечения миомы матки, помимо первичного или вторичного бесплодия, наиболее частой гинекологической патологией женщин сравниваемых групп являлись *меноррагии*. Они приводили к анемизации, а также к альгоменорее. У пациенток основной группы миоматозные узлы располагались интрамурально и регистрировались менометроррагии, которые служили показанием к ЭМА. До проведенного лечения среднее содержание АМГ в основной группе составило 3,2 (0,4) нг/мл, в группе сравнения — 3,4 (0,62) нг/мл. После проведенного лечения содержание АМГ составило

1,9 (0,75) нг/мл, в группе сравнения показатель достиг 2,18 (0,55) нг/мл,  $p=0,76$ . Количество эстрадиола также не имело различий: 104,2 (8,18) и 115 (10,3) пг/мл соответственно,  $p=0,40$ . У женщин с субсерозной миомой матки, по сравнению со стромой, более часто определялось повышение экспрессии ядерных рецепторов к эстрогенам в поверхностном и железистом эпителии. А в случаях интрамурального расположения узлов после проведения ЭМА отмечалось снижение прогестероновых рецепторов. После проведенного протокола ЭКО биохимически беременность подтверждена у 27 (31,7)% пациенток основной группы и у 34 (36,9)% — группы сравнения, ( $p=0,46$ ). У подавляющего большинства женщин с прервавшейся беременностью — 5 (71,4)% пациенток в основной группе и 4 (80)% в группе сравнения — отмечены изменения рецепции эндометрия: умеренно высокие показатели уровня экспрессии ядерных рецепторов прогестерона в строме эндометрия и умеренно повышенная экспрессия ядерных рецепторов эстрогенов в железистом эпителии эндометрия.

Оценивая фолликулярный резерв и функциональную составляющую менструального цикла, отметим, что статистически значимых различий у женщин с миомой матки, независимо от характера лечебного вмешательства, выявлено не было. Однако для объективизации оценки влияния терапии миомы матки на прогноз успешности проведения ВРТ, необходимо дальнейшее исследование состояния рецепторного аппарата эндометрия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Принципы терапии и профилактики рецидивов миомы матки у больных репродуктивного периода: реальность и перспективы / А.И. Давыдов, В.А. Лебедев, В.М. Пашков, М.В. Коваленко, В.В. Панкратов // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии, 2013. № 12 (1). С. 35–42.
2. Contemporary treatment utilization among women diagnosed with symptomatic uterine fibroids in the United States / N.G. Bonine, E. Banks, A. Harrington, A. Vlahiotis, L. Moore-Schiltz, P. Gillard // BMC Womens Health, 2020. Number 20 (1), p. 174. URL: <https://doi.org/10.1186/s12905-020-01005-6>.
3. Bougie O., Suen M.W., Pudwell J. Evaluating the prevalence of regret with the decision to proceed with hysterectomy in women younger than age 35 // J. Obstet Gynaecol Can., 2019; pp. 1701–2163 (19) 30732–7. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jogc.2019.08.006>.
4. Carranza-Mamane B., Havelock J., Hemmings R. The management of uterine fibroids in women with otherwise unexplained infertility // J. Obstet. Gynaecol. Can., 2015. Number 37 (3), pp. 277–285. URL: [https://doi.org/10.1016/S1701-2163\(15\)30318-2](https://doi.org/10.1016/S1701-2163(15)30318-2).
5. Вспомогательные репродуктивные технологии и искусственная инсеминация [Письмо Минздрава РФ от 5 марта 2019. № 15–4/И/2–1908].
6. Взаимосвязь особенностей активации эндометриальных CD56+ естественных киллеров с характером роста миоматозных узлов у пациенток с лейомиомой матки / Д.Н. Воронин, Н.Ю. Сотникова, А.И. Малышкина, А.О. Лицова, Ю.С. Анциферова // Клиническая лабораторная диагностика. 2018. № 63 (2). С. 119–123.
7. Иммуногистохимическая характеристика рецептивности эндометрия в циклах ЭКО / Д.А. Ниаури, А.М. Гзгзян, И.М. Кветной, И.Ю. Коган, Л.Х. Джемлиханова, И.О. Крихели, И.Д. Федорова, Е.А. Лесик, Ю.Н. Шарфи, Ю.С. Крылова, Е.М. Шильникова // Акушерство и гинекология. 2014. № 9. С. 44–50.
8. Uncertainties about laparoscopic myomectomy during pregnancy: a lack of evidence or an inherited misconception? / C. Saccardi, S. Visentin, M. Noventa, E. Comsi, P. Litta, S. Gizzo // A critical literature review starting from a peculiar case. Minim. Invasive Ther. Allied Technol., 2015. Number 24 (4), pp. 189–194. URL: <https://doi.org/10.3109/13645706.2014.987678>.
9. Spencer E.B., Stratil P., Mizones H. Clinical and periprocedural pain management for uterine artery embolization // Semin. Intervent. Radiol, 2013. Number 30 (4), pp. 354–363. URL: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1359729>.
10. Spies J.B. Current evidence on uterine embolization for fibroids // Semin. Intervent. Radiol, 2013. Number 30 (4), pp. 340–346. URL: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1359727>.

11. Кайибханова К.М. Сравнительная оценка функционального состояния яичников и эндометрия у женщин репродуктивного возраста до и после миомэктомии: дис. ... канд. мед. наук. — Москва, 2016. 225 с.
12. Согоян Н.С., Адамян Л.В. Генетические механизмы развития миомы матки // Проблемы репродукции. 2016. № 22 (1). С. 28–34.
13. Опыт органосохраняющих операций у пациенток с миомой матки / О.В. Тарабанова, В.А. Крутова, А.Я. Коваленко, Т.Г. Мельконьянц, Э.В. Баширов, А.А. Ордокова, А.Н. Титова // Доктор. Ру. 2017. № 13 (142)–14 (143). С. 68–74.
14. Эмболизация маточных артерий и беременность: дискуссионные вопросы / Ю.Э. Доброхотова, И.Г. Кнышева, Э.М. Джобава, И.И. Гришин, С.Ж. Дanelян // Акушерство и гинекология. 2013. № 5. С. 42–47.
15. Эмболизация маточных артерий при лейомиоме матки: состояние проблемы / Е.Л. Калмыков, Ф.Р. Рахимов, С.Г. Умарзода, А.К. Баратов // Акушерство и гинекология. 2020. № 9. С. 18–26.
16. Целкович Л.С., Требунских А.С., Балтер Р.Б. Характер и оценка течения настоящей беременности у женщин с миомой матки, перенесших в анамнезе ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА. 2021. С. 175–179.
17. Ибрагимова А.Р., Каторкина Е.С., Требунских А.С. Состояние фето-плацентарного комплекса у беременных с миомой матки после ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 179–172.
18. Ильченко О.А., Иванова Т.В., Требунских А.С. Особенности восстановления специфических функций женщин с миомой матки после ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 168–170.

© Ибрагимова Алина Ришатовна ( a.i.ibragimova@samsmu.ru ), Иванова Татьяна Владимировна ( t.v.ivanova@samsmu.ru ),  
Требунских Анна Сергеевна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ), Аюпова Надежда Тахировна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ),  
Блажнова Елена Михайловна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ), Целкович Людмила Савельевна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ),  
Балтер Регина Борисовна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Самарский государственный медицинский университет

# РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ КОРНЯ АОРТЫ ПО МЕТОДИКЕ DAVID ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ ВАРИАНТАХ НЕДОСТАТОЧНОСТИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

## RESULTS OF AORTIC ROOT RECONSTRUCTION BY THE DAVID METHOD IN VARIOUS ANATOMICAL VARIANTS OF AORTIC VALVE INSUFFICIENCY

*M. Lenkovets*

*Summary.* The article describes the results of reconstruction of the aortic root using the David technique for various anatomical variants of aortic valve insufficiency. It is noted that valve-preserving correction according to this technique is quite effective, since postoperative mortality was 0% against the background of its use. The author formulated the conclusion that the use of aortic root reconstruction using this technique is the most optimal method for patients with various anatomical variants of aortic valve insufficiency.

*Keywords:* aortic root aneurysm, valve-sparing surgery, David technique, aortic valve insufficiency, root dysfunction.

*Ленковец Марина*

*Аспирант*

*Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова*

*Москва*

*mvl-login@bk.ru*

*Аннотация.* В статье описываются результаты реконструкции корня аорты по методике David при различных анатомических вариантах недостаточности аортального клапана. Отмечается, что клапаносохраняющая коррекция по этой методике является достаточно эффективной, так как на фоне ее применения послеоперационная летальность составила 0%. Автором сформулирован вывод о том, что применение реконструкции корня аорты по данной методике является наиболее оптимальным методом для больных, имеющих различные анатомические варианты недостаточности аортального клапана.

*Ключевые слова:* аневризма корня аорты, клапаносохраняющая операция, методика David, недостаточность аортального клапана, дисфункция корня.

**А**невризма корня аорты имеет зачастую катастрофические последствия ввиду возникновения следующих осложнений: разрыв или расслоение, несостоятельность аортального клапана, вызванная анатомо-функциональной дисфункцией корня, и компрессия близлежащих структур. Полная замена корня аорты предполагает протезирование всех синусов с последующей реимплантацией устьев коронарных артерий. В некоторых случаях, при реконструкции корня аорты необходима коррекция патологии аортального клапана, включающая, ставшую классической, операцию Бенталла-Боно, или клапаносохраняющую процедуру. Следует отметить, что методы клапаносохраняющей реконструкции корня аорты претерпели значительные изменения за последние 2–3 десятилетия. В настоящее время, развитие реконструктивной клапаносохраняющей хирургии восходящей аорты связано с такими знаменитыми кардиохирургами, как Magdi Yasoub и Tirone David. Основной целью подобных процедур является замена скомпрометированного сегмента восходящей аорты с одновременным сохранением или восстановлением компетентности аортального клапана, что позволяет избежать протезирования [7].

Наиболее распространенные показания к клапаносохраняющим процедурам включают соединительнотканые нарушения, такие как синдром Марфана и Лойса-Дитца, а также двустворчатый аортальный клапан, однако в последние годы, благодаря совершенствованию хирургической техники, такие операции стали применимы для случаев с деформацией створок клапана.

Возможность выполнения клапаносохраняющих реконструкций корня аорты при различных анатомических и патоморфологических вариантах недостаточности аортального клапана основана на ряде публикаций, показывающих приемлемые ранние и отдаленные послеоперационные результаты. Общие риски пластики аортального клапана в изолированном виде или как компонент сочетанного вмешательства не выше, чем у пациентов с протезированием. Так, например, риск полной АВ-блокады ниже и составляет менее 0,5%.

Кроме того, отдаленный период после реконструктивных операций характеризуется меньшей частотой развития тромбоэмболических осложнений. Данные осложнения встречались лишь у пациентов с сопут-

- ресуспензию — «подвешивание» комиссур АК к реконструированному СТС;
- реимплантацию — аортальное кольцо и створки помещаются внутрь трубчатого дакронового протеза;
- ремоделирование — иссечение всех 3 синусов, выкраивание соответствующего подобранного трубчатого дакронового протеза с созданием неосинусов и подшивания его к аортальному кольцу.

Рис. 1. Главные методы реконструкции корня аорты

ствующей фибрилляцией предсердий и тромбофилией. Также намного ниже частота развития эндокардитов, которая составляет при этом менее чем 0,2%. Общее число клапансвязанных осложнений не превышает 2%, что значительно меньше по сравнению с протезированием. Наиболее частым осложнением этой группы является рецидив регургитации. Таким образом, функциональность в отдаленном периоде является главной контрольной точкой, и зависит, прежде всего, от исходной морфологии и патологии клапана [1].

Реконструкция нативного трехстворчатого аортального клапана включает в себя коррекцию пролапса и ретракции створок. Больше всего результатов опубликовано в контексте коррекции пролапса, причем 5-летняя нормальная функциональность оперированного клапана составляет 95–100%. Большинство реконструкций выполняется путем пликации избыточной ткани створок. Данные, касающиеся использования швов и полосок из PTFE, в литературе представлены скудно. Сопутствующая коррекция фенестраций, усугубляющих степень пролапса, оказалась не связанной со снижением долговечности нормальной работы клапана, несмотря на более сложное вмешательство и использование перикардиальных вставок. Среднеотдаленные результаты, публикуемые касательно укрепления створок по свободным краям, единичны. Реконструктивные процедуры пациентам с рестрикцией створок выполнялись некоторыми учеными, и характеризовались свободой от каких-либо осложнений в течение 3 лет [8].

Восстановление бicuspidального аортального клапана показывает неоднозначные результаты. Хорошие ранние результаты опубликованы в нескольких работах, однако в среднеотдаленном периоде отмечается рост доли реопераций. Сопутствующая дилатация корня аорты — одна из главных причин повторных вмешательств после изолированной пластики аортального

клапана. Последние исследования указывают на треугольную резекцию ткани створок, как на независимую причину дисфункции в отдаленном периоде.

В одной из недавних работ, посвященной оценке отдаленного периода после пластики бicuspidального аортального клапана у 300 пациентов, отмечается, что нарушение ориентации комиссур, использование перикардиальной вставки, длительно существующий пролапс, а также расширение фиброзного кольца являются независимыми факторами риска реопераций. По данным авторов, неблагоприятная анатомия связана с 50% дисфункцией оперированного клапана в течение 5 лет, тогда как благоприятная — с 10%. В настоящее время, по-прежнему неясно, являются ли вышеописанные факторы взаимосвязанными [15].

Стандартизованная тактика относительно коррекции уникаспидальной анатомии, в настоящий момент, отсутствует. Согласно имеющимся публикациям, наиболее предпочтительна бicuspidализация с формированием неокomisсуры напротив естественной, а успешная пластика возможна при менее чем 50% поражении тела створки фиброзом или кальцинозом.

Сегодняшняя тенденция в хирургии восходящей аорты — это сохранение нативной биомеханики её корня. При таких ситуациях клапаносохраняющие операции используются, если имеются интактные створки и дилатации фиброзного кольца при аневризме восходящего отдела аорты. При негрубых изменениях створок, они подвергаются пластическим вмешательствам с дальнейшим протезированием ВА. Главные методы реконструкции корня аорты включают в себя (рисунок 1) [9]:

Ресуспензия применяется при дилатации СТС после восстановления его диаметра. Комиссуры подтя-



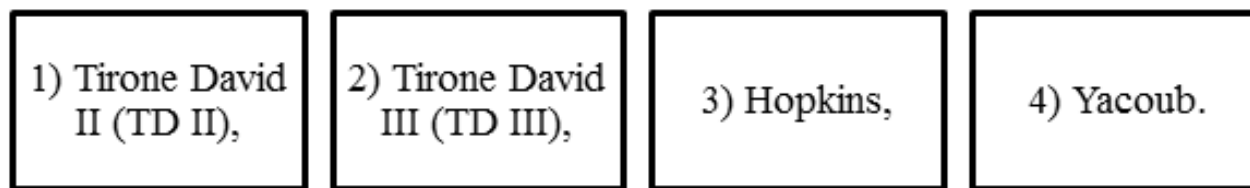


Рис. 2. Основные современные варианты ремоделирования [12]



Рис. 3. Методики реимплантации аортального клапана в протез [5]

гиваются швами на прокладках. При распространении аневризматического расширения на некоронарный синус может быть выполнена методика Wolfe V.G., в которую входит реконструкция СТС и некоронарного синуса (парциальное ремоделирование).

Также основные современные варианты ремоделирования представлены на рисунке 2:

Классическому ремоделированию по TD II присуще иссечение всех синусов, выкраивание устьев коронарных артерий в виде кнопок. Рекомендуется использовать протез меньше на 1–2 мм аортоventрикулярного соединения. Осуществляется тримминг (вырезание) U-образно дистального конца протеза с дальнейшим подшиванием к корню.

Отличие метода TD III от TD II заключается в дополнительной парциальной наружной субвальвулярной аннулопластике. Методики реимплантации аортального клапана в протез представлены на рисунке 3:

Классическая методика TD I применяется при аннулоаортальной эктазии, в случае расширения и корня аорты и базального кольца. Технически: протез подшивается к фиброзному кольцу, при этом комиссуры и основания створок оказываются внутри него.

Kallenbach K. et al. проанализировали отдаленные результаты реимплантации по методике TD I и получили

следующие результаты: 10-летняя выживаемость и свобода от реоперации наблюдалась более, чем у 80% пациентов. Ученые отметили зависимость развития AP >2 ст. от уровня (высоты) коаптации створок: при расположении уровня ниже плоскости основания протеза в несколько раз увеличивается вероятность развития AP >2 ст. в ближайшем послеоперационном периоде. При этом, аналогичная ситуация отсутствует при расположении уровня коаптации створок выше плоскости протеза и расположении на одном уровне. Следовательно, можно сказать, что для оценки адекватности аортального клапана следует учитывать такие параметры, как эффективная высота створок и уровень коаптации.

Исследование David T.E. et al. показало, что при сравнении отдаленных результатов 2 групп пациентов, которым проводились процедуры ремоделирования (TD II) и реимплантации (TD I), в группе пациентов, которым была выполнена процедура ремоделирования, наблюдался значительный прирост случаев умеренной и выраженной аортальной недостаточности через 5 лет после операции. Десятилетняя выживаемость в общей группе пациентов составила  $88\pm 3\%$ , свобода от протезирования —  $95\pm 3\%$ .

При сравнении результатов комбинированной методики ремоделирования и субвальвулярной аннулопластики над классическим ремоделированием и реимплантацией имеются противоречивые данные: процедура реимплантации по TD I при оценке резуль-

татов имела наибольшую выживаемость пациентов и наименьшее число реопераций. При сравнении данных ремоделирования, реимплантации, комбинированной методики с методом использования композитного графта, обнаружены существенные преимущества клапаносохраняющих методик, прежде всего с позиций отдаленной выживаемости, периоперационной летальности, свободы от геморрагических, тромбоэмболических осложнений.

Результативность и стабильные отдаленные результаты клапансберегающей реимплантации аортального клапана (АК) (операция Дэвида) при аневризмах корня аорты с аортальной недостаточностью (АН) у пациентов с интактным трехстворчатым аортальным клапаном (ТАК) хорошо известны. В исследовании T. David 10-летняя свобода от повторной операции составила 95%, от выраженной АН — 85%.

Первые итоги операции Дэвида при двустворчатом аортальном клапане (ДАК) описаны в трудах G. El Khoury, M. Boodhwani, L. de Kerchove и E. Navarra. В частности, доказана возможность выполнения реимплантации и пластики ДАК с отличными ближайшими и среднеотдаленными результатами [3].

Интерес представляют показатели гемодинамики на реимплантированных ДАК. В работе представлены результаты 14 операций Дэвида при ДАК. Средняя эффективная площадь АК составила  $2,9 \pm 1,2$  см<sup>2</sup>, средний градиент —  $5,2 \pm 2,6$  мм рт.ст., длина коаптации —  $12,3 \pm 3,1$  мм. Осложнений в послеоперационном периоде не наблюдалось, регургитации не имелось или она была несущественная. Аналогичные эхокардиографические (ЭхоКГ) результаты при реимплантации ДАК представлены в исследовании: средний градиент составил  $6,1 \pm 2,2$  мм рт.ст., эффективная площадь АК —  $3,1 \pm 0,7$  см<sup>2</sup>.

Более того, показаны достоверные различия гемодинамических показателей между группами с реимплантацией ДАК и ТАК, и в покое, и при велоэргометрической нагрузке в объеме 75 W.J. Bavaria и et. сравнили результаты операции Дэвида V у 89 пациентов с ТАК и 40 с ДАК. Отмечено, что у пациентов с ДАК имеется более выраженная регургитация и больший диаметр фиброзного кольца (ФК) ( $30,0 \pm 4,0$  и  $28,0 \pm 6,0$  мм соответственно). Также всем пациентам с ДАК понадобилась вальвулопластика.

При ТАК она выполнена только в 6% случаев. Летальность, частота инсультов и имплантации кардиостимулятора в группах не различались. Ранняя свобода от регургитации более 2+ степени наблюдалась в 100% в двух группах, показатели трансклапанного градиента

не различались. После года наблюдения в группе больных с ДАК отмечены более высокие показатели трансклапанного градиента. Свобода от реопераций через 5 лет была 100% в группе ДАК и 97% в группе ТАК. Свобода от регургитации более 2-й степени не различалась между группами. Исследователи приходят к выводу, что операция Дэвида демонстрирует эффективные среднеотдаленные результаты в обеих группах, даже при более выраженной АН ДАК, при которой необходима дополнительная пластика створок [14].

Аналогичные результаты представлены в исследовании. Оперированы 233 пациента, из которых у 63 (27%) была ДАК и чаще была выраженная АН. Отличий в непосредственных результатах не наблюдалось, но операции у пациентов с ДАК сопровождалась большей продолжительностью искусственного кровообращения (ИК) (265,0 мин для ТАК и 309,0 мин для ДАК), пережатия аорты (211,0 и 242,0 мин соответственно). Что вызвало необходимость выполнения вальвулопластики, которая проведена у 67% пациентов с ДАК и 37% с ТАК, а также большей долей вмешательств на дуге аорты (ДА) при ДАК. Десятилетняя свобода от реоперации составила 92,2%, выживаемость —  $93,5 \pm 5,1\%$ , свобода от структурной дегенерации —  $96,1 \pm 2,1\%$ , свобода от регургитации более 2+ степени —  $95,3 \pm 2,5\%$  без достоверной разницы между группами с ТАК и ДАК. Однако отмечена существенная разница в 10-летней свободе от реопераций между группами пациентов с регургитацией 0–3-й степени и 4+ степени (95 и 75% соответственно) независимо от морфологического типа клапана.

G. El Khoury и et. провели исследование, в которое вошли 122 пациента в возрасте  $44 \pm 11$  лет, им выполнена пластика ДАК по поводу АН. Выполнено протезирование корня аорты 54 пациентам (76% — операция Дэвида, 24% — Якуба). Остальным выполнена субкомиссуральная аннулопластика. Выживаемость через 8 лет составила  $93 \pm 3\%$ , свобода от реоперации на АК —  $83 \pm 5\%$ , свобода от протезирования АК —  $90 \pm 5\%$ , свобода от АН более 2+ степени через 5 лет —  $94 \pm 3\%$ . Свобода от геморрагических и тромбоэмболических осложнений через 8 лет была  $96 \pm 2\%$ . Исследователи приходят к выводу, что реконструкция ДАК дает отличные ближайшие и отдаленные результаты, а также прекрасную свободу от клапанзависимых осложнений. Но, реконструкция должна относиться не только к створкам, но и корню аорты. Дилатация больше 45 мм и плохое качество стенки аорты при меньшем диаметре нуждаются в стабилизации корня аорты. Эффективным решением является операция Дэвида.

В работе сравниваются ближайшие и отдаленные результаты операций Дэвида у 201 пациента с ТАК и 35

с ДАК. Средний период наблюдения —  $4,5 \pm 2,7$  года (от 0,6 до 13,7 года). 30-дневная летальность — 1,4%, отдаленная — 4%. Свобода от реоперации через 5 лет не различалась между ТАК и ДАК и была в 94 и 97% соответственно. Свобода от реоперации в общей группе через 10 лет — 87%. Причинами повторной операции были АН более 2+ степени — у 6 пациентов, стеноз АК — у 2, эндокардит — у 1 и несостоятельность швов центральной пликация створки — у 1 пациента. Обращается внимание, что у 42 (18%) пациентов с дополнительной пластикой створок 5-летняя свобода от реоперации составила 100%. Итак, продемонстрировано, что операция Дэвида показала прекрасные результаты в независимости от морфологии клапана, а дополнительная пластика створок не являлась предиктором реоперации [6].

Научный интерес представляет исследование J. Bavaria etc. Они сравнили результаты пластики ДАК в совокупности с реимплантацией по Дэвиду и субкомиссуральной аннулопластикой без реимплантации. На момент выписки в группе операции Дэвида (31 больной) пиковый и средний градиенты на АК составили  $11 \pm 5$  и  $5 \pm 3$  мм рт.ст. соответственно, свобода от АН более 1+ степени и пикового градиента более 20 мм рт.ст. была 100%. 5-летняя выживаемость наблюдалась в 100%, свобода от АН более 1+ степени —  $92 \pm 6\%$ . Через 2 года после операции пиковый и средний градиенты на АК составили  $14 \pm 6$  и  $7 \pm 4$  мм рт.ст. соответственно. В группе с субкомиссуральной аннулопластикой без реимплантации (40 больных) результаты были хуже. Пиковый и средний градиенты на момент выписки составили  $19 \pm 10$  и  $10 \pm 5$  мм рт. ст., через 2 года —  $19 \pm 9$  и  $11 \pm 6$  мм рт. ст. Пятилетняя свобода от АН более 1+ степени —  $62 \pm 10\%$ . Свобода от пикового градиента более 20 мм рт.ст. была лишь в 30% наблюдений. При этом фактором риска рецидива АН стал диаметр клапанного кольца более 28 мм.

Вышеизложенное продемонстрировало, что стабилизация корня аорты при ДАК путем реимплантации по Дэвиду является более стабильным и гемодинамически эффективным методом, приводит к снижению трансклапанных градиентов и увеличению свободы от АН и реопераций. Время окклюзии аорты и ИК было существенно больше в группе реимплантации по Дэвиду —  $241 \pm 41$  и  $297 \pm 52$  мин соответственно против  $88 \pm 36$  и  $141 \pm 44$  мин в группе субкомиссуральной пластики. Между тем, это не отразилось на частоте послеоперационных осложнений и летальности. Исследователи отмечают, что при пластике ДАК необходимо выполнять процедуру Дэвида при дилатации корня аорты на уровне синусов Вальсальвы 45 мм и более и при диаметре клапанного кольца 28 мм и более, в независимости от диаметра корня. Такая стратегия дает лучшие

отдаленные результаты благодаря стабильности реконструкции [2].

Но, в науке имеются труды, где результаты реимплантации ДАК не такие однозначные. Например, 13% пациентов повторно оперированы через 5 лет по поводу выраженной АН. По данным L. Svensson, отдаленные результаты также не столь оптимистичны. Так, в группе из 728 пациентов, которым выполнена реконструкция ДАК при среднем сроке наблюдения  $9 \pm 6,2$  года у 25% больных развивалась умеренная, а у 24% — выраженная АН.

Также отсутствует единообразие по вопросу о целесообразности реконструкции ДАК при кальцинозе 2–3-й степени, когда петрификаты располагаются не только в краевых зонах створок, но и в теле створок, комиссурах и ФК [4].

У некоторых больных аневризма корня аорты сочетается с недостаточностью аортального клапана (АК). Часто аортальная регургитация (АР) при внешне интактных створках может быть вызвана нарушением коаптации последних вследствие расширения аорты и пролапса комиссур. На сегодняшний день общепринятой методикой лечения аневризм корня аорты, сочетающихся с недостаточностью АК, является протезирование корня аорты клапаносодержащим протезом. Достаточно новым подходом является протезирование корня аорты с сохранением створок АК. Но, до сих пор нет единообразия в решении этого вопроса.

В 1968 году Bentall и DeBono описали методику одномоментного протезирования восходящего отдела аорты и АК у молодого человека с аневризмой восходящей аорты и выраженной АР. На сегодняшний день операция протезирования корня аорты клапаносодержащим протезом (кондуитом) относительно хорошо изучена и является «золотым стандартом» в хирургическом лечении аневризмы корня аорты, сочетающейся с пороком АК. Плюсами данного подхода являются отработанная методика и хорошие отдаленные результаты. В качестве минусов можно отметить — риск развития осложнений, связанных с наличием механического протеза: инфекционный эндокардит протезированного клапана, тромбоз протеза, тромбоэмболии. Кроме того, имеется риск геморрагических осложнений, обусловленных неадекватным режимом антикоагулянтной терапии.

В 1992 году Tirone David предложил при аневризме корня аорты и интактных створках АК выполнять протезирование восходящей аорты, синусов Вальсальвы и имплантацию устьев коронарных артерий, а створки АК выделять вместе с комиссурами и «подвешивать» их внутри сосудистого протеза, формируя новый АК.

Возможность данных операций очень привлекательна. Сохранение нативного АК способствует, ликвидировав аневризматическое расширение корня аорты и, соответственно, риск жизнеугрожающих осложнений, избавить больного от всех отрицательных сторон наличия механического протеза клапана. Но, имеются некоторые проблемы, при которых клапаносохраняющие операции не применяются так широко, как клапанозамещающие. В частности, это непосредственно выбор варианта сохранности створок АК. Сегодня имеется более полтора десятка методик сохранения створок клапана аорты. По нашему мнению, все подходы можно классифицировать на две группы: реимплантация и ремоделирование. Примером ремоделирования является способ Якуба, когда пациенту с аневризмой корня аорты, АР и отсутствием расширения ФК АК делается протезирование аорты сосудистым протезом, выкроенным в форме трехлепестковой короны, створки АК подшиваются к краям лепестков. Примером реимплантации является метод Дэвида — протезирование корня аорты от уровня ВТЛЖ с «подвешиванием» створок клапана внутри протеза [10].

Достоинством ремоделирования является то, что подшивание створок АК к «лепесткам» протеза технически более просто по сравнению с реимплантацией. В качестве минуса можно отметить невозможность применения метода Якуба у больных с расширением ФК АК и необходимость в дополнительной стабилизации этой области (полоской политетрафторэтилена, опорным кольцом и тому подобным). Это делает операцию более сложной и увеличивает время ИК и ишемии миокарда. В случае отсутствия стабилизации области аортального кольца имеется вероятность прогрессирования расширения комплекса корня аорты и рецидива АР. При реимплантации достигается стабилизация всех элементов корня аорты и значительно снижается вероятность рецидива недостаточности АК. При любых обстоятельствах при аневризме восходящей аорты с АР наиболее эффективен метод реимплантации.

Также в качестве проблемы можно выделить технические аспекты реимплантации АК. Актуальность представляет выбор сосудистого протеза нужного диаметра. Классическим подходом является способ Дэвида, при котором выбирается протез, ориентировочный диаметр которого равен длине свободного края створки АК минус 10% от полученной цифры. По мнению Якуба, для определения требуемой величины комиссуры натягиваются вертикально, определяется позиция створок и их способность к коаптации без пролапса; необходимый диаметр равен расстоянию между вершинами комиссур либо одной трети окружности аорты на уровне синотубулярного соединения. K. Morishita etc. применили следующую формулу:  $d = 2/\sqrt{3} * id$ , где  $d$  — не-

обходимый диаметр протеза,  $id$  — расстояние между вершинами комиссур. Представляется, что анатомические модели, применяемые для вычисления формул требуемых размеров сосудистых протезов, редко могут использоваться на практике, поскольку они построены на основании нормальных значений и неизменных взаимоотношений между элементами корня аорты. Наоборот, в операционной хирург имеет дело с патологией, когда в подавляющем большинстве случаев ФК АК, синусы Вальсальвы, зона синотубулярного соединения неравномерно расширены, створки АК растянуты, а комиссуры удлинены [13].

При таких обстоятельствах главным ориентиром является диаметр ФК АК, измеряемый при ЧПЭхоКГ, а длина свободного края створки и расстояние между комиссурами не играют большой роли, т.к. их можно исправить в процессе реимплантации. Нужный диаметр протеза равнозначен диаметру ФК АК + 4–5 в миллиметрах. Данные показатели демонстрируют удвоенную толщину тканей, которые окажутся между стенкой сосудистого протеза и ФК АК после образования анастомоза между ВТЛЖ и протезом. Результатом неверного выбора диаметра протеза становится резидуальная АР. При диаметре протеза, существенно превышающем диаметр ФК АК, причиной аортальной недостаточности будет отсутствие коаптации между створками, то есть для нормального смыкания длины створок будет недостаточно.

Когда диаметр сосудистого протеза равен или незначительно (на 1–2 мм) превышает диаметр ФК АК, регургитация будет образовываться посредством пролапса створок. Тогда для ликвидации резидуальной АР «малой кровью» хирург может попробовать уменьшить длину свободного края створки посредством ее пликации у комиссуры.

В остальных случаях единственным способом коррекции является имплантация протеза нужного диаметра. Обращается внимание на позиционирование створок на необходимом уровне. Проанализировав 101 операцию, Klaus Pethig etc. выявили, что оптимальным является локализация точки коаптации створок на уровне или немного выше плоскости аортального фиброзного кольца.

Еще одной проблемой выступает анестезиологическое и «перфузиологическое» обеспечение клапаносохраняющих вмешательств. По сравнению с клапанозамещающими, продолжительность ИК, пережатия аорты при клапаносохраняющих операциях существенно шире. Указанное может являться лимитирующим фактором, особенно при необходимости сложных реконструктивных вмешательств на дуге аорты. В частности, при ожи-

даемой продолжительности ИК 210–240 минут и более может быть сделан выбор в пользу клапанозамещающей операции как технически более простой и менее продолжительной даже при неизменных створках АК. При клапаносохраняющих операциях выше риск геморрагических осложнений, что требует адекватного использования антифибринолитических препаратов, компонентов крови и поддержания показателей «красной крови» на уровне, достаточном для осуществления нормального гемостаза.

Наши результаты показывают, что использование классической методики реимплантации АК David I у пациентов с аневризмами восходящего отдела аорты и гемодинамически значимой АР эффективно и относительно безопасно. Степень расширения ФК АК, синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения не влияют на выбор метода коррекции (сохранение либо протезирование клапана). Единственным лимитирующим фактором являются морфологические изменения створок клапана.

Применяя сосудистый протез необходимого диаметра и адекватной реимплантации створок вполне возможно достичь нормального функционирования вновь сформированного клапана аорты. Сегодня продолжаются исследования, оценивающие отдаленные результаты клапаносохраняющих операций.

Таким образом, стабилизация венстрикуло-аортального соединения является главным аспектом эффективности пластики ДАК, т.к. препятствует аннулодилатации, а последняя выступает первоочередной причиной рецидива АН в отдаленном периоде; реимплантация корня ремоделирует АК, снижая напряжение на створках, и формирует более равномерную редукцию клапанного кольца, симметрично распределяя гемодинамическую нагрузку на клапан. Операция Дэвида при ДАК обладает определенной спецификой. Регургитация при аневризме корня аорты с ТАК чаще всего обусловлена нарушением коаптации в результате дилатации (Ib тип по El Khoury). Регургитация на ДАК, помимо дилатации, обусловлена первичной патологией створок (сочетание I, II и III типа по El Khoury), что требует обязательной вальвулопластики. Иногда при ДАК устья коронарных артерий располагаются очень близко к комиссурам, что делает сложным формирование «кнопок» и сохранение

достаточного размера бортика аортального синуса для реимплантации в сосудистый протез [11].

В описанных нами выше клинических случаях правый коронарный синус был очень глубоким, что в сочетании с истонченной стенкой синуса осложняло выделение корня аорты в области межжелудочковой перегородки, что необходимо для наложения проксимального ряда швов. По мнению J. Ikonomidis, в редких случаях это может быть преградой для выполнения операции Дэвида. Он считает, что в такой ситуации альтернатива — ремоделирование корня аорты по Якубу, но отсутствие стабилизации клапанного кольца при данной методике может привести к рецидиву АН. Выходом является стандартная операция Бенталла — Де Боно.

При решении вопроса ориентации комиссуры при реимплантации. J. Bavaria предлагает следующий алгоритм: если одиночная створка занимает более 170° клапанного кольца, комиссуры следует ориентировать на 180°; если объединенная створка занимает большую часть окружности кольца (7/12), комиссуры следует ориентировать по схеме 150–210°.

Таким образом, геометрические особенности и асимметрия корня аорты при ДАК, а также необходимость выполнения вальвулопластики делают процедуру реимплантации более сложной. Однако, большая часть исследований свидетельствует об эффективных ближайших и отдаленных результатах. Клинический опыт, показанный в настоящем обзоре, показывает возможность пластики и реимплантации ДАК при выраженном кальцинозе, с хорошими ближайшими и среднеотдаленными результатами. Между тем, для более объективной оценки эффективности реконструкции ДАК при выраженном кальцинозе необходимо дальнейшее накопление материала и изучение результатов в более отдаленные сроки. На сегодняшний день общепризнанной методикой хирургического лечения аневризм корня аорты, сочетающихся с АР, является имплантация клапаносодержащего протеза. Относительно новым способом является протезирование корня аорты синтетическим протезом с сохранением аортальных створок (реимплантация АК). Использование реимплантации АК по методике David I представляется оптимальным у больных с аневризмами корня аорты, АР и неизменными створками клапана аорты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Song F, Parekh S, Hooper L, et al. Dissemination and publication of research findings: an updated review of related biases. *Health Technol Assess* 2010;14: III, IX–XI, 1–193.
2. Kremer J, Farag M, Zaradzki M, et al. The reimplantation valve-sparing aortic root replacement technique for patients with Marfan syndrome: A single-center experience. *Sci Rep* 2019; 9:12021.

3. Urbanski PP, Jankulowski A, Morka A, et al. Patient tailored aortic root repair in adult marfanoid patients: Surgical considerations and outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155:43–51.e1.
4. Price J, Magruder JT, Young A, et al. Long-term outcomes of aortic root operations for Marfan syndrome: A comparison of Bentall versus aortic valve-sparing procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;151:330–6.
5. Nicolo F, Romeo F, Lio A, et al. Long-Term Results of Aortic Root Surgery in Marfan Syndrome Patients: A Single-Center Experience. *J Heart Valve Dis* 2017; 26:397–404.
6. Moreau de Bellaing A, Pontailier M, Bajolle F, et al. Ascending aorta and aortic root replacement (with or without valve sparing) in early childhood: surgical strategies and long-term outcomes. *Eur J Cardiothorac Surg* 2020;57:373–9.
7. Maria Elena Soto, Eric Ochoa-Hein, Javier E. Anaya-Ayala, Micaela Ayala-Picazo, Solange Gabriela Koretzky Systematic review and meta-analysis of aortic valve-sparing surgery versus replacement surgery in ascending aortic aneurysms and dissection in patients with Marfan syndrome and other genetic connective tissue disorders // *Journal of Thoracic Disease*, Vol 13, No 8 August 2021Б, p.4830–4844.
8. Frank M, Albuissou J, Ranque B, et al. The type of variants at the COL3A1 gene associates with the phenotype and severity of vascular Ehlers-Danlos syndrome. *Eur J Hum Genet* 2015;23:1657–64.
9. Чернявский А.М., Хван Д.С., Альсов С.А., Сирота Д.А., Ляшенко М.М. Реимплантация корня аорты в протез: новый виток клапаносохраняющих операций. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2016; 20(2):49–57. [Chernyavsky A.M., Khvan D.S., Alsov S.A., Sirota D.A., Lyashenko M.M. Reimplantation of the aortic root into a prosthesis: a new round of valve-sparing surgeries. *Circulatory pathology and cardiac surgery*. 2016; 20 (2): 49–57. (In Russ.)]
10. Wolfe W.G., Oldham H.N., Rankin J.S., Moran J.F. Surgical treatment of acute ascending aortic dissection. *Ann Surg* 1983; 738–42.
11. Kallenbach K., Karck M., Haverich A. Valvesparing aortic root replacement: the inclusion (David) technique doi:10.1510/mmcts.2006.001917.
12. David T.E., Feindel S.M., Webb G.D., Colman J.M., Armstrong S., Maganti M. Long-term results of J.M., Armstrong S., Maganti M. Long-term results of aortic valve-sparing operations for aortic root aneurysm *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 132:347–354.
13. Wolfe W.G., Oldham H.N., Rankin J.S., Moran J.F. Surgical treatment of acute ascending aortic dissection. *Ann Surg* 1983; 738–42.
14. Островский Ю.П. Хирургия сердца — М.: Мед. лит., 2007: 562. [Ostrovsky Y u.P. Heart surgery — М.: Med. lit., 2007: 562. (In Russ.)].
15. Тараканова О.Н. Оценка результатов хирургического лечения аневризм восходящей аорты: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2006: 22–23. [Tarakanova O.N. Evaluation of the results of surgical treatment of ascending aortic aneurysms: Author's abstract. dis. ... Cand. honey. sciences. Moscow, 2006: 22–23. (In Russ.)].

© Ленковец Марина (mvl-login@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

# ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И ЛЕЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ПОЛУЧИВШИХ ПОЗВОНОЧНО-СПИНОМОЗГОВУЮ ТРАВМУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕМНЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДЕТСКИХ УДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВА

## FEATURES OF DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC MEASURES IN CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS WHO RECEIVED A SPINAL CORD INJURY AS A RESULT OF A TRAFFIC ACCIDENT WHEN USING SEAT BELTS AND CHILD RESTRAINTS

**A. Maksumov  
O. Iskhakov  
S. Meshcheryakov**

*Summary.* In a situation where a child, getting into an accident, gets a spinal injury with damage to the bone tissue or spinal cord, an extremely correct diagnosis is required, as it makes it possible to prescribe adequate treatment. And this means that it is possible to minimize the damage to health and restore mobility in the spinal column. For the study, a group of 102 children was selected who had an accident inside a passenger car, as a result of which they had various types of injuries of the spinal column. All the necessary complexes of clinical and laboratory studies were carried out with the patient, which made it possible to correctly perform the diagnosis. The work is devoted to the analysis of those methods that, in combination, could give the best result. And this will minimize the damage to health, which, especially in severe traffic accidents. Is observed in the children's group. As a result of the study, it was possible to develop a methodology for conducting the most optimal diagnostic model, which would make it possible to establish an accurate diagnosis as quickly as possible. And on the basis of statistical data obtained during the assessment of injuries of children of different age groups, it was possible to give recommendations from the point of view of the use of various technical restraints that provide not only safety, but also reduce and at the same time alleviate the level of injury.

*Keywords:* trauma, back, thoracic, cervical, spine, children, diagnostic, therapeutic, measures, registration, post-traumatic.

**Максумов Александр Алишерович**

Научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ  
dr.maksumov@gmail.com

**Исхаков Олимджан Садыкович**

Д.м.н., главный научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ

**Мещеряков Семен Владимирович**

К.м.н., научный сотрудник, нейрохирург  
ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии  
и травматологии» ДЗМ

*Аннотация.* В ситуации, когда ребенок, попадая в аварию, получает травму позвоночника с нанесением вреда костной ткани или спинному мозгу, требуется предельно корректная диагностика, так как она дает возможность назначить адекватное лечение. А это значит, что можно минимизировать нанесенный ущерб здоровью и восстановить подвижность в позвоночном столбе.

Для проведения исследования была выбрана группа, состоящая из 102 детей, которые попали в ДТП внутри легкового транспорта, в результате чего у них возникли разные виды травм позвоночного столба. С пациентами были проведены все необходимые комплексы клинических и лабораторных исследований, которые позволили правильно выполнить постановку диагноза. Работа посвящена анализу тех методов, которые в сочетании могли бы дать наилучший результат. А это позволит минимизировать тот ущерб здоровью, который особенно при тяжелых дорожно-транспортных происшествиях, наблюдается в детской группе.

В результате проведенного исследования удалось разработать методику проведения наиболее оптимальной диагностической модели, которая позволила бы предельно быстро устанавливать точный диагноз. А на основе статистических данных, полученных при оценке травм детей разных возрастных групп, удалось дать рекомендации с точки зрения применения разных технических удерживающих средств, обеспечивающих не только безопасность, но и снижение, и одновременно облегчение уровня травмирования.

*Ключевые слова:* травма, спина, грудной, шейный, отдел, позвоночник, дети, диагностических, лечебных, мероприятий, регистрация, посттравматический.

## Введение

**Д**етский травматизм, полученный в результате дорожно-транспортного происшествия (ДТП), представляет самый частый вид травмы в салоне автомобиля, который сопровождается высокими показателями смертности [1,2].

Дети, выжившие в результате серьезных ДТП, как правило, имеют серьезные проблемы со здоровьем, которые в большинстве случаев приводят к инвалидизации ребенка как в ближайшем, так и в отдаленном периодах от момента происшествия.

Важное значение исследователями уделяется диагностическому алгоритму и тактике ведения таких пациентов. Это связано с тем, что своевременный и необходимый объем выполненных исследований позволяет с большей вероятностью определиться с уровнем поражения позвоночника и спинного мозга, развившимися осложнениями.

Среди методов исследования могут быть использованы: спондилография, компьютерная томография (КТ), КТ-миелография, магнитно-резонансная томография (МРТ), вертебральная ангиография (при травме шейного отдела позвоночника).

Изучение литературы свидетельствует о применении комбинированных доступов и остеотомий различных видов. В некоторых случаях не представляется возможным проведение хирургического пособия в полном объеме [3,4].

В связи с этим более подробное изучение основных диагностических и лечебных манипуляций представляется актуальным для определения наиболее информативных и перспективных.

## Цель работы

Анализ диагностических и лечебных мероприятий у детей разных возрастных групп получивших позвоночно-спинномозговую травму в результате ДТП находясь внутри автомобиля при использовании ремней безопасности и детских удерживающих устройств.

## Материалы и методы

Работа строилась на изучении 102 детей в возрасте от 0 до 18 лет, пострадавших в результате ДТП, которые находились внутри салона автомобиля. Дети проходили лечение в научно-исследовательском институте неотложной детской хирургии и травматологии города Москвы в период с 2009 по 2022 года.

Пациенты были разделены на 2 группы. Основную группу составили 52 ребенка, в момент ДТП, находящиеся в салоне автомобиля и при транспортировке которых были использованы РБ и ДУУ (n=52) [7]. Контрольную группу составили 50 детей, пострадавшие в результате ДТП и находящиеся в салоне автомобиля, при транспортировке которых не использовались фиксирующие устройства безопасности (n=50) (Таблица 1).

Отбору подлежали пациенты, получившие позвоночно-спинномозговую травму в сочетании с повреждениями других областей тела.

Данное исследование прошло проверку этическим комитетом и проходило в рамках этических норм.

В обеих группах наиболее часто фиксировались травмы в результате лобового столкновения (39 детей основной группы (75% случаев) и 22 ребенка группы контроля (44% случаев) соответственно). Большинство детей двух сравниваемых групп находились на задних пассажирских сидениях (за пассажиром) при столкновении.

Основные методы исследования: клинический и лабораторно-инструментальный. Лучевые методы исследования: рентгенография компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Оперативное лечение проводилось у 38 человек основной группы (73,08% от группы, n=52) и у 28 человек контрольной группы (56% от группы, n=50) [8, С. 40]. Декомпрессия (передняя, задняя, передняя и задняя) была выполнена у 16 детей основной группы (30,77%) и у 17 детей контрольной группы (34,0%).

Статистический анализ результатов проводился в программе Microsoft Excel на рабочей станции с процессором Intel(R) Core™ i7 8665U 1.9 ГГц — 2.11 ГГц, 16 GB Ram на платформе Windows 10.

В работе использовались параметрические и непараметрические методы статистического анализа. С их помощью на основе рассчитанных данных был вычислен коэффициент статистической значимости (p) изучаемых показателей между группами в заданной выборке.

## Результаты исследования

Анализ результатов рентгенологического исследования представлен в таблице 2.

Повозрастная характеристика исследуемых свидетельствует о достоверном (p < 0,05) преобладании в 2 раза детей контрольной группы в возрасте 13–18 лет, имею-



Таблица 1. Основная гендерно-возрастная характеристика детей.

	Контрольная группа (n=50)		Основная группа (n=52)	
	Абс.	% от группы	Абс.	% от группы
Мальчики, абс., отн.	24	48	22	42,31
Девочки, абс., отн.	26	52	30	57,69
Средний возраст, лет	13,78 ±0,67		10,56±0,53	
Всего, абс., отн.	50	100	52	100

Таблица 2. Характеристика показателя смещения позвонков (до 25%/более 25%) среди исследуемых детей двух групп в соответствии с возрастными периодами

Показатель	0–2		3–6		7–12		13–18	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
<b>Основная группа</b>								
До 25%	1	100	3	75	6	75	5	55,56
Более 25%	0	0	1	25	2	25	4	44,44
Всего	1	100	4	100	8	100	9	100
<b>Контрольная группа</b>								
До 25%	1	100	0	0	0	0	16	66,67
Более 25%	0	0	0	0	0	0	8	33,33
Всего	1	100	0	0	0	0	24*	100

Примечание: \*p <0,05 — достоверность различия признака между группами.

Таблица 3. Сравнительный анализ повреждений спинного мозга по результатам МРТ соответственно возрастной периодизации пострадавших исследуемых групп

Показатель	0–2		3–6		7–12		13–18	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
<b>Основная группа</b>								
Отек	0	0	0	0	0	0	1	16,67
Сдавливание	0	0	0	0	3	42,86	3	50
Гематомилия	1	33,33	2	33,33	1	14,29	1	16,67
Полное анатомическое нарушение	2	66,67	1	16,67	3	42,86	1	16,67
Отрыв корешков	0	0	1	16,67	0	0	0	0
Отек + сдавливание	0	0	1	16,67	0	0	0	0
Отек + гематомилия	0	0	1	16,67	0	0	0	0
Всего	3	100	6	100	7	100	6	100
<b>Контрольная группа</b>								
Отек	0	0	0	0	0	0	0	0
Сдавливание	1	100	0	0	0	0	12	75
Гематомилия	0	0	1	100	0	0	3	18,75
Полное анатомическое нарушение	0	0	0	0	0	0	1	6,25
Отрыв корешков	0	0	0	0	0	0	0	0
Отек + сдавливание	0	0	0	0	0	0	0	0
Отек + гематомилия	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	1	100	1	100	0	0	16*	100

Примечание: \*p <0,05 — достоверность различия признака между группами.

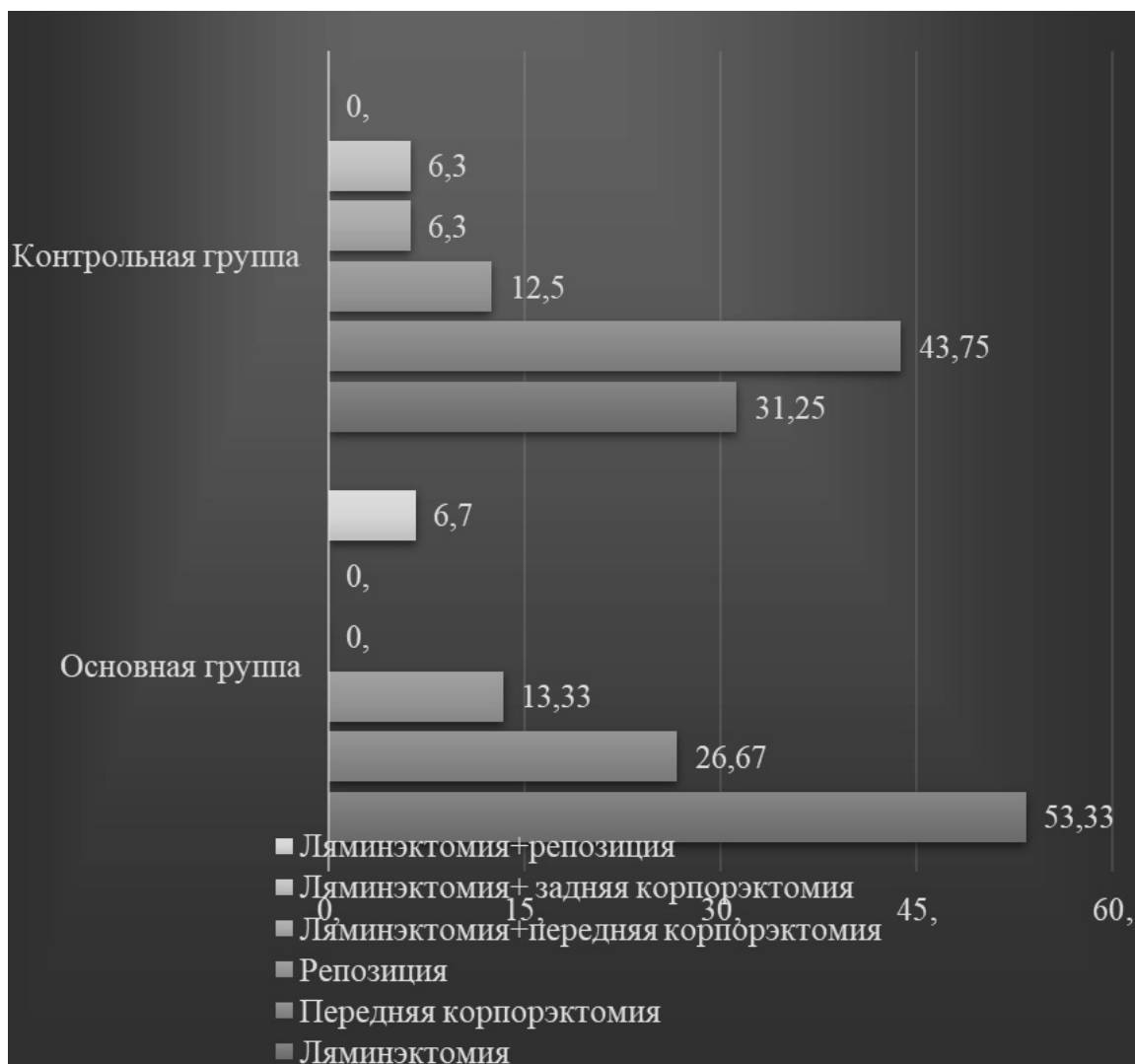


Рис. 1. Основные методы декомпрессии, применяемые у детей основной и контрольной групп (в процентном соотношении).

щих смещение тел позвонков (24 человека, 96% случаев от группы со смещением, 48% от когорты (n=50)) [9]. Отмечалась тенденция более частой регистрации смещения до 25% среди детей всех возрастных периодов контрольной группы по сравнению с основной (34% против 28,85 соответственно) и смещения более 25% аналогичным образом (16% случаев против 13, 46% соответственно). Также отмечено достоверно более частая встречаемость (p<0,05; p<0,01) смещения позвонков в грудном отделе у детей контрольной групп; в поясничном отделе- у детей основной группы всех возрастных периодов.

Повозрастной анализ частоты регистрации посттравматического стеноза свидетельствует о достоверном (p < 0,05) его превышении в 2,27 раза в контрольной группе детей 13–18 лет (24 человека; 96% от группы; 48% от когорты).

Анализ повреждений спинного мозга по результатам МРТ соответственно возрастной периодизации приведен в таблице 3.

Отмечено достоверное (p < 0,05) преобладание в 2,7 раза детей контрольной группы в возрасте 13–18 лет, имеющих повреждение спинного мозга (16 человек; 88,89% от группы с повреждением спинного мозга; 32% от когорты, n=50).

Используемые методы декомпрессии представлены на рисунке 1.

Последовательность выполненных оперативных вмешательств у исследуемых основной и контрольной групп соответственно возрастной периодизации представлена в таблице 4.20.

Таблица 4. Анализ выполненных оперативных вмешательств у исследуемых основной и контрольной групп соответственно возрастной периодизации

Показатель	0–2		3–6		7–12		13–18	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
<b>Основная группа</b>								
Только задняя или передняя декомпрессия	2	100	0	0	2	8,33	0	0
Стабилизация после декомпрессии	0	0	1	25	5	35,71	3	33,33
Декомпрессия и стабилизация в один этап	0	0	1	25	0	0	1	11,11
Стабилизация после декомпрессии + повторные корректирующие и стабилизирующие операции	0	0	0	0	1	7,14	0	0
Только стабилизирующая операция	0	0	2	50	6	42,86	5	55,56
Всего	2	100	4	100	14	100	9	100
<b>Контрольная группа</b>								
Только задняя или передняя декомпрессия	0	0	0	0	0	0	5	20
Стабилизация после декомпрессии	0	0	0	0	0	0	9	36
Декомпрессия и стабилизация в один этап	0	0	0	0	0	0	3	12
Стабилизация после декомпрессии + повторные корректирующие и стабилизирующие операции	0	0	0	0	0	0	2	8
Только стабилизирующая операция	1	100	0	0	1	100	6	24
Всего	1	100	0	0	1	100	25	100

## Обсуждение результатов

Применение детских удерживающих устройств (ДУУ) при транспортировке ребенка в личном автомобиле способствует значительному снижению травматизма и смертности при ДТП, что подтверждается результатами объективных методов исследования [5]. Проведение лабораторно-инструментальных методов исследования (рентгенологических, КТ, МРТ) позволяет своевременно и точно определить участок поражения позвоночника и спинного мозга в случае подозрения на сочетанную патологию [5,6,7]. Результаты рентгенологического исследования в нашей работе свидетельствуют о достоверном ( $p < 0,05$ ) преобладании в 2 раза детей контрольной группы в возрасте 13–18 лет, имеющих смещение тел позвонков (24 человека, 96% случаев от группы со смещением, 48% от когорты ( $n=50$ )). Регистрировалась более частая регистрация смещения до 25% среди детей всех возрастных периодов контрольной группы по сравнению с основной (34% против 28,85 соответственно) и смещения более 25% аналогичным образом (16% случаев против 13, 46% соответственно).

Хирургическое ведение пациентов обусловлено рядом факторов, среди которых объем повреждений,

характер травматического воздействия, соматический статус и др. [6,7]. В нашей работе выполнялись следующие оперативные методики: задняя или передняя декомпрессии, стабилизация после декомпрессии, декомпрессия и стабилизация в один этап, стабилизация после декомпрессии с последующими корректирующими и стабилизирующими операциями.

Проведение дальнейших исследований по изучению лечебно-диагностических мероприятий у пациентов детского возраста с сочетанной позвоночно-спинно-мозговой травмой позволит избежать диагностических ошибок и разработать единый алгоритм лечения

## Выводы

1. Проведенные инструментальные методы исследования (рентгенологический, МРТ) свидетельствуют о достоверно ( $p < 0,05$ ) тяжелом характере повреждений позвоночного столба и спинного мозга среди пациентов контрольной группы.
2. В работе были использованы такие оперативные методики, как передняя, задняя декомпрессии, стабилизирующие и корректирующие методики, последовательность которых определялась рядом факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Александр Алексеевич Безопасность дорожного движения: проблема детского травматизма // Полицейская деятельность. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya-problema-detskogo-travmatizma> (дата обращения: 14.09.2022).
2. Баранов А.В. Современный взгляд на состояние оказания первой помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях. Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2020;9(3):417–421. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-417-421>
3. Брагиш А.В., Касаткина Н.В., Белова С.Н. Особенности оказания первой помощи детям, пострадавшим в ДТП // МНИЖ. 2020. № 5–1 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-okazaniya-pervoy-pomoschi-detyam-postradavshim-v-dtp> (дата обращения: 20.09.2022).
4. Кульпин, С.Е. Сравнительный анализ повреждений, причиняемых водителю и пассажиру переднего сидения при использовании средств внутренней безопасности в случаях фронтального и бокового со стороны водителя столкновениях, в зависимости от марки легкового автомобиля / С.Е. Кульпин, Б.С. Николаев, И.В. Буромский // Медицинская экспертиза и право. — 2013. — № 6. — С. 25–29.
5. Малолеткина Наталья Сергеевна, Королева Ксения Алексеевна ДЕТСКИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЙ ТРАВМАТИЗМ: ПРИЧИНЫ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРОФИЛАКТИКИ // Уголовно-исполнительное право. 2022. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskiy-dorozhno-transportnyy-travmatizm-prichiny-v-rossii-i-zarubezhnyy-opyt-profilaktiki> (дата обращения: 20.09.2022).
6. Моисеева А.Р., Долженко К.М., Колодезная А.С., Детский дорожно-транспортный травматизм в России и его профилактика // Инновационная наука. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskiy-dorozhno-transportnyy-travmatizm-v-rossii-i-ego-profilaktika> (дата обращения: 20.09.2022).
7. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А., Алексеев Ю.Д., Купрюшин А.С. Влияние местоположения и использования удерживающих устройств на особенности детской автомобильной травмы в салоне // Известия вузов. Поволжский регион. Медицинские науки. 2017. № 3 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mestopolozheniya-i-ispolzovaniya-uderzhivayuschih-ustroystv-na-osobennosti-detskoj-avtomobilnoy-travmy-v-salone> (дата обращения: 08.10.2022).
8. Саркисян, Б.А. Характер и локализация повреждений у водителей и пассажиров при смертельной травме в салоне легковых автомобилей при опрокидывании / Б.А. Саркисян, И.В. Паньков // Медицинская экспертиза и право. — 2010. — № 6. — С. 38–41.
9. Сифириди Мария Дмитриевна Проблемы применения правил перевозки детей-пассажиров в салонах легковых автотранспортных средств // Вестник КРУ МВД России. 2019. № 2 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-primeneniya-pravil-perevozki-detej-passazhirov-v-salonah-legkovykh-avtotransportnykh-sredstv> (дата обращения: 08.10.2022).
10. Чипурина, Е.А. Основные направления снижения показателей дорожнотранспортной аварийности в Российской Федерации / Е.А. Чипурина // Образование. Наука. Научные кадры. — 2015. — № 3. — С. 60–62.
11. Pasha, J.; Dulebenets, M.A.; Singh, P.; Moses, R.; Sobanjo, J.; Ozguven, E.E. Towards improving sustainability of rail transport by reducing traffic delays at level crossings: A case study for the State of Florida. *Clean. Logist. Supply Chain.* 2021, 1, 100001. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390921000019> (accessed on 1 November 2021).
12. World Health Organization W. Global status report on road safety 2018. Geneva (Switzerland): World Health Organization; 2018.

© Максумов Александр Алишерович ( dr.maksumov@gmail.com ),  
Исхаков Олимджан Садыкович, Мещеряков Семен Владимирович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ГЕОМАГНИТНАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ И РИСК РАЗВИТИЯ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ДОБРОВОЛЬЦЕВ СРЕДНИХ ШИРОТ ПРОЕКТА «ГЕЛИОМЕД-2» В КОНТЕКСТЕ ИХ ТРЕВОЖНОСТИ

GEOMAGNETIC DISTURBANCE AND THE RISK OF DEVELOPING PSYCHOSOMATIC DISEASES THE VOLUNTEERS OF THE MIDDLE LATITUDES OF THE HELIOMED-2 PROJECT IN THE CONTEXT OF THEIR ANXIETY

**A. Oskolkova  
S. Parshina  
I. Kondrashkin  
M. Polidanov  
V. Karsakov  
T. Afanasyeva  
S. Samsonov**

*Summary.* The article analyzed the influence of space weather factors during the period of minimal activity of the 11-year solar cycle on the psychological personality characteristics of residents of the middle latitudes participating in the Heliomed 2 project through the prism of their anxiety to identify the risk of developing psychosomatic pathology. In total, 840 measurements were made in the work. It was found that the respondents who are carriers of psychological sensitivity to geomagnetic disturbance revealed the following pattern: the higher their level of anxiety as a disposition, the more often the choice of non-adaptive and less often adaptive coping reactions, as well as the desire for isolation, suppression of emotions and self-blame. It is shown that carriers of psychological sensitivity to changes in geomagnetic disturbance with a high level of personal anxiety have the greatest risk of developing neuroses and psychosomatic diseases among the individuals we observed, which determines the expediency of psychological correction of the personality changes established in them.

*Keywords:* psychological sensitivity, geomagnetic disturbance, multi-latitude monitoring, mid-latitudes, personal anxiety, stress-overcoming behavior.

**Осколкова Анна Ивановна**

Д.м.н., профессор, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

**Паршина Светлана Серафимовна**

Д.м.н., доцент, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

**Кондрашкин Иван Евгеньевич**

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

**Полиданов Максим Андреевич**

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского  
maksim.polidanoff@yandex.ru;

**Карсаков Вадим Александрович**

Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

**Афанасьева Татьяна Николаевна**

К.м.н., доцент, Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

**Самсонов Сергей Николаевич**

К.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, ИКФИА СО РАН

*Аннотация.* В статье было проанализировано влияние факторов космической погоды в период минимальной активности 11-летнего солнечного цикла на психологические особенности личности жителей средних широт, участвующих в проекте «Гелиомед 2», через призму их тревожности для выявления риска развития у них психосоматической патологии. Всего в работе было произведено 840 измерений. Установлено, что у респондентов, являющихся носителями психологической чувствительности к геомагнитной возмущенности, была выявлена следующая закономерность: чем выше был их уровень тревоги как диспозиции, тем чаще выбор неадаптивных и реже — адаптивных копинг-реакций, а также — стремление к изоляции, подавлению эмоций и самообвинению. Показано, что наибольшим риском развития неврозов и психосоматических заболеваний среди наблюдаемых нами лиц обладают носители психологической чувствительности к изменениям геомагнитной возмущенности с высоким уровнем личностной тревожности, что обуславливает целесообразность психологической коррекции установленных у них личностных изменений.

*Ключевые слова:* психологическая чувствительность, геомагнитная возмущенность, многоширотный мониторинг, средние широты, личностная тревожность, стресс-преодолевающее поведение.

## Введение

**В**лияние космической погоды, гелиогеофизических и пространственных условий на психическое здоровье населения — актуальная проблема современности, так как изменение климата и погоды, рост числа аномалий, связанных с погодой, несут за собой множество недостаточно изученных психологических последствий в этой сфере [1]. Несмотря на значительные успехи в гелиобиологии, механизм влияния геомагнитной активности на человека полностью не определен, а вопрос «негативного» воздействия геомагнитных возмущений на человеческий организм далек от своего решения. Спекулятивные публикации в прессе создают неправильное представление о том, что любая геомагнитная возмущенность опасна для человека. Возникает парадокс: с одной стороны, многочисленные статистические исследования показывают увеличение вероятности развития серьезных заболеваний, таких как инфаркт и инсульт, в период геомагнитных возмущений. С другой стороны, во многих случаях, в это время подобный эффект не наблюдается [2]. Вероятно, влияние факторов космической погоды на организм человека может варьировать в зависимости от разных причин, в том числе, и от широты его проживания. Хотелось бы надеяться на то, что данное исследование поможет найти ответы на ряд вопросов, связанных с биотропными эффектами комической погоды, которые не до конца изучены, а именно: каков же характер влияния гелиогеофизических факторов на психологическое состояние жителей средних широт.

## Цель

Определить влияние факторов космической погоды в период минимальной активности 11-летнего солнечного цикла на психологические особенности личности жителей средних широт, участвующих в проекте «Гелиомед 2», через призму их тревожности, для выявления риска развития у них психосоматической патологии.

## Материалы и методы

Под нашим наблюдением находилось 40 добровольцев мужского и женского пола [средний возраст — 43,8 (40,1–47,5) года], проживающих в городе Саратове (средние широты), принимающих участие в проекте «Гелиомед-2», который проходит с 2014 года в городе Якутске (субполярные широты), в поселке Тикси (полярные широты) и городе Саратове (средние широты) в период максимальной геомагнитной активности — в марте и апреле (ежегодно). Цель проекта «Гелиомед-2»: определить и сравнить влияние факторов космической погоды на сердечно-сосудистую систему человека и его

психологическое состояние для жителей разных широт. Данное исследование отражает результаты этапа наблюдения 2019 года (период минимальной активности 11-летнего солнечного цикла) особенностями психологического статуса добровольцев, проживающих в средних широтах.

Для исследования психоэмоционального статуса добровольцев в работе использовался опросник Ч. Спилбергера в модификации Ю. Ханина [3], направленный на определение уровней реактивной и личностной тревожности; тест Э. Хайма [4], который позволял выявить особенности построения совладающего поведения в трех сферах: когнитивной, эмоциональной и поведенческой. К двум описанным выше опросникам, был добавлен проективный психогеометрический тест (ПГ-тест) С. Делингер [5]. Для оценки активности факторов космической погоды использовали интегральный показатель гелиогеомагнитной возмущенности — Кр-индекс. Всего в работе было произведено 840 измерений. Все участники проекта перед началом исследования подписали добровольное информированное согласие.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы «STATGRAF Plus for Windows 8,0». Порядок переменных в данной выборке был неправильным, поэтому применяли непараметрические методы математической статистики. Для сравнения переменных использовали критерий парных сравнений Вилкоксона, а для сравнения групп — U-критерий Манна-Уитни. За достоверность принималась данные по значениям не менее 95%.

## Результаты

В данной работе были сформированы две группы, на основе совпадений пиковых показателей реактивной тревожности по Ч. Спилбергеру-Ю. Ханину и значений Кр-индекса, определяемых ежедневно у всех жителей средних широт, участвующих в данном этапе проекта. К 1-й группе отнесли добровольцев, у которых число этих совпадений было более 66,7%, а ко 2-й — тех, у кого аналогичных совпадений было меньше или не было вовсе.

Первая группа добровольцев (обладающих психологической чувствительностью к меняющимся факторам космической погоды) составила 30,0% от общего числа респондентов, а вторая (без вышеуказанной чувствительности) — 70,0%.

Было проведено сравнение особенностей личностного реагирования участников проекта через призму их тревоги как диспозиции. Все добровольцы были поделены на три подгруппы, в зависимости от показа-



Рис. 1. Особенности когнитивной сферы копинг-поведения у добровольцев 1-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).

Примечание. 1) Формы копинг-реакций: А — адаптивные, Н — неадаптивные, О — относительно адаптивные. 2) Обозначения подгрупп: I подгруппа — добровольцы с низким уровнем; II подгруппа — со средним уровнем; III подгруппа — с высоким уровнем личностной тревожности.



Рис. 2. Особенности эмоциональной сферы копинг-поведения у добровольцев 1-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).

Примечание. Обозначения типов копинг-реакций и подгрупп добровольцев те же, что и на рис. 1.

телей личностной тревожности: I — с низким уровнем; II — со средним уровнем и III — с высоким уровнем личностной тревожности.

Отметим, что I подгруппу в 1-й группе сформировали 13,0% добровольцев; II — 58,0% и III — 29,0% лиц, участвующих в исследовании.

Результаты анкетирования по Э. Хайму лиц, психологически чувствительных к изменениям факторов космической погоды (1-й группы), с учетом их личностной тревожности, проиллюстрированы на рис. 1–3.

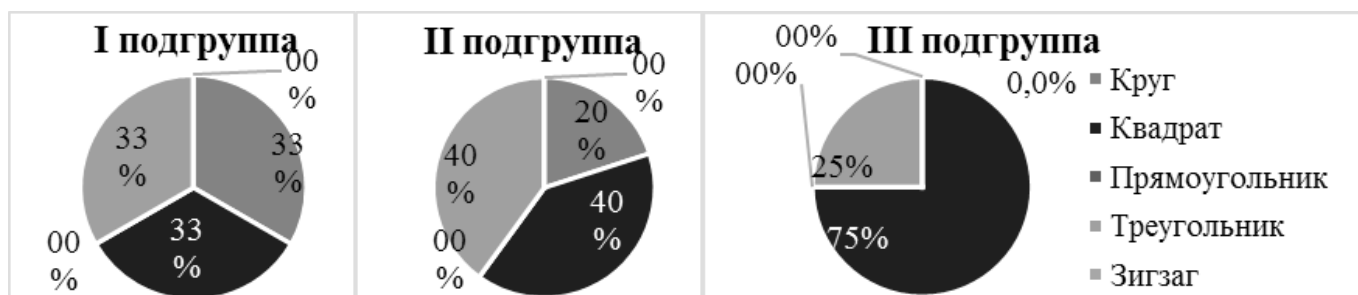
В I подгруппе (с низким уровнем личностной тревожности) жители 1-й группы выбирали исключительно адаптивные когнитивные формы стресс-преодолевающего поведения; во II подгруппе (со средним уровнем

тревоги как диспозиции) — неадаптивные копинг-реакции чаще, чем адаптивные; тогда как III подгруппа (с высоким уровнем личностной тревожности) предпочитала только неадаптивные копинг-формы, а выбор адаптивных копинг-когниций у них отсутствовал (рис. 1,  $p < 0,05$ ).

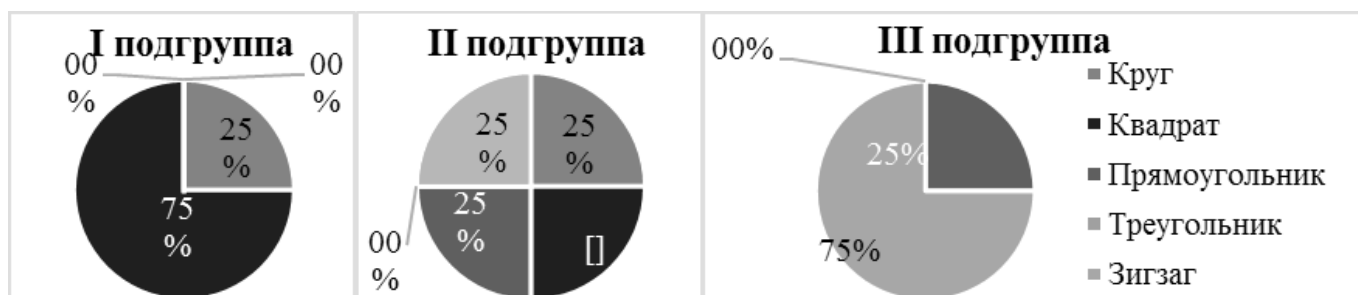
При детальном анализе формирования когнитивной копинг-сферы в данной группе было установлено, что лица I подгруппы значительно чаще анализировали проблемы (66,7%) и реже сохраняли самообладание (33,3%). Представители II подгруппы, выбирающие преимущественно неадаптивные когниции, предпочитали смирение и растерянность (66,7% и 33,7%, соответственно); отдающие предпочтение адаптивным копинг-реакциям — анализировали проблемы (100%); а добровольцы III подгруппы, использующие неа-



Рис. 3. Особенности поведенческой сферы копинг-поведения у добровольцев 1-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).  
Примечание. Обозначения типов копинг-реакций и подгрупп добровольцев те же, что и на рис. 1.



а)



б)

Рис. 4. Результаты работы со стимульным материалом ПГ-теста добровольцев 1-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (фигура выбора и фигура отрицания, в%).  
Примечание. а) — фигура выбора, б) — фигура отрицания.

даптивные когнитивные стили, выбирали смирение и растерянность (по 50%, соответственно).

Представители 1-й группы, I подгруппы, выбирали исключительно адаптивные эмоциональные формы стресс-преодолевающего поведения; во II подгруппе — с одинаковой частотой адаптивные и неадаптивные копинг-реакции; из III подгруппы характеризовались

выбором только неадаптивных когнитивных форм стресс-преодолевающего поведения в эмоциональной копинг-сфере (рис. 2,  $p < 0,05$ ).

При детальном анализе эмоциональной сферы стресс-преодолевающего поведения у лиц 1-й группы, было выявлено, что в I и во II подгруппах, использующих адаптивные копинг-стили, доминировал оптимизм





Рис. 5. Особенности когнитивной сферы копинг-поведения у добровольцев 2-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).

Примечание. Обозначения типов копинг-реакций и подгрупп добровольцев те же, что и на рис. 1.

(100%); а у тех, кто предпочитал неадаптивные реакции, выбор падал на самообвинение (50%) и подавление эмоций (50%), так же, как и в III подгруппе, но в других соотношениях (75% и 25%, соответственно).

Лица 1-й группы, I подгруппы выбирали исключительно адаптивные поведенческие формы; а добровольцы III подгруппы — неадаптивные копинг-стили при построении собственно совладающего поведения. Рассматривая представителей II подгруппы, подчеркнем, что их выбор адаптивных и неадаптивных поведенческих копинг-стилей был паритетным (рис. 3,  $p < 0,05$ ).

Детальный анализ построения поведенческой сферы копинг-поведения участников проекта из 1-й группы, выявил, что лица I подгруппы обладали исключительно конструктивной активностью (100%), добровольцы II подгруппы предпочитали активное избегание сложностей [если их выбор останавливался на неадаптивных копинг-реакциях (100%)], но при этом, для преодоления трудностей они предпочитали сотрудничать со значимыми для них лицами [при использовании адаптивных копинг-стилей (100%)]. Лица III подгруппы выбирали преимущественно активное избегание (66,7%) или же отступление перед своими проблемами (33,3%).

Анализ результатов ПГ-тестирования лиц 1-й группы проиллюстрирован на рис. 4.

По результатам ПГ-тестирования (рис. 4,  $p < 0,05$ ) было выявлено, что добровольцы 1-й группы, I подгруппы на паритетных началах отдавали выбор кругу, квадрату и треугольнику (по 33,3%, соответственно), отвергая квадрат (75%); представители II подгруппы — квадрату и треугольнику (40% и 40%, соответственно),

отрицая зигзаг, квадрат, прямоугольник и круг (по 25%, соответственно); добровольцы III подгруппы предпочитали квадрат (75%), отвергая зигзаг (75%).

Следующим этапом нами был проведен анализ психологических особенностей добровольцев из 2-й группы (психологически не чувствительных к изменениям геомагнитной возмущенности): рис. 5–7 (результаты тестирования по Э. Хайму) и рис. 8 (результаты ПГ-тестирования).

Отметим, что во 2-й группе I подгруппу сформировали 16,0% добровольцев II — 56,0% и III — 28,0% лиц, участвующих в нашем исследовании.

Добровольцы 2-й группы, I подгруппы отдавали предпочтение адаптивным когнитивным формам стресс-преодолевающего поведения. Лица II подгруппы — на паритетных началах выбирали адаптивные и неадаптивные когниции. Представители III подгруппы чаще всего характеризовались выбором неадаптивных когнитивных копинг-форм.

Добровольцы 2-й группы, I подгруппы, использующие преимущественно адаптивные когнитивные копинг-стили, стремились анализировать возникающие проблемы (100%), а среди неадаптивных предпочитали смирение (100%); лица II подгруппы старались либо взвесить и проанализировать причины существующих трудностей [при выборе адаптивных когнитивных копинг-форм (100%)], либо пребывали в растерянности [отдающие выбор неадаптивным копинг-реакциям (100%)]; участники проекта III подгруппы отдавали предпочтение растерянности (если выбирали неадаптивные формы когниций) и проблемному анализу (100%) при выборе адаптивных копинг-форм (66,7%) (рис. 5,  $p < 0,05$ ).



Рис. 6. Особенности эмоциональной сферы копинг-поведения у добровольцев 2-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).

Примечание. Обозначения типов копинг-реакций и подгрупп добровольцев те же, что и на рис. 1.



Рис. 7. Особенности поведенческой сферы копинг-поведения у добровольцев 2-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (в %).

Примечание. Обозначения типов копинг-реакций и подгрупп добровольцев те же, что и на рис. 1.

Из данных, приведенных на рис. 6, следует, что жители средних широт из 2-й группы, II и III подгрупп предпочитали адаптивные эмоциональные копинг-стили ( $p < 0,05$ ); если сравнивать удельный вес их выбора, то он был больше у лиц III подгруппы. Что же касается предпочтения неадаптивных эмоциональных копинг-реакций, то оно намного чаще встречалось у добровольцев I подгруппы [с выбором на паритетных началах адаптивных и неадаптивных форм в данной подгруппе].

При детальном анализе эмоциональной копинг-сферы во всех подгруппах 2-й группы была выявлена сходная тенденция: добровольцы, выбирающие адаптивные формы, проявляли оптимизм (100%), а неадаптивные (из II и III подгруппы) — были подвержены негативным эмоциям: от эмоциональной разрядки (66,7%), до впадения в агрессивность (33,3%), а респонденты I подгруппы проявляли покорность (100%).

Добровольцы 2-й группы, I подгруппы отдавали предпочтение неадаптивным поведенческим копинг-стилям, тогда как лица II подгруппы на паритетных началах выбирали как адаптивные, так и неадаптивные копинг-формы. У Респондентов III подгруппы превалировали адаптивные поведенческие копинг-стили (рис. 7,  $p < 0,05$ ).

Детализация показала, что у добровольцев 2-й группы во всех трех подгруппах среди адаптивных копинг-форм доминировало обращение за помощью к значимым для них лицам (100%), а среди неадаптивных — либо отступление от своих проблем (66,7%) либо избегание их (33,3%).

По результатам ПГ-тестирования жителей, проживающих в средних широтах, не имеющих психологической чувствительности к действию факторов космической погоды (то есть 2-й группы), с учетом их уровня личностной тревожности, был сформирован рис. 8.

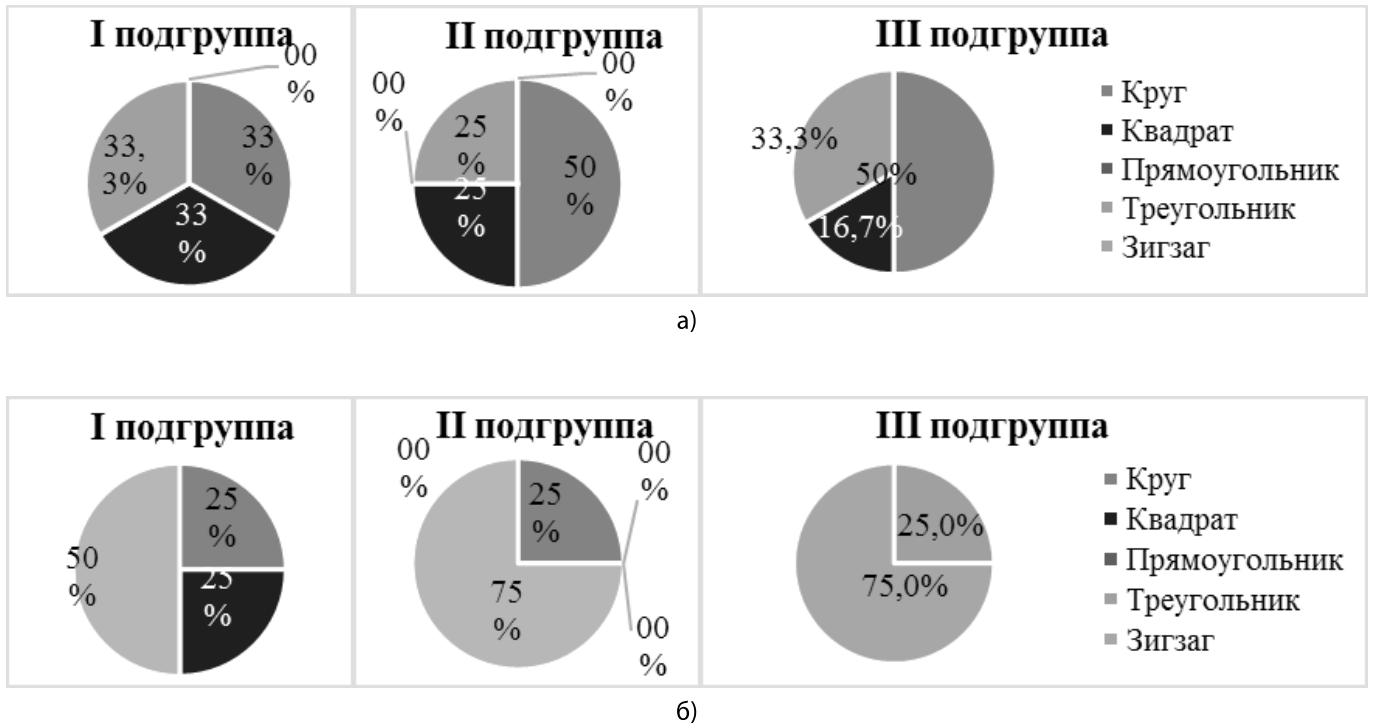


Рис. 8. Результаты работы со стимульным материалом ПГ-теста добровольцев 2-й группы, в зависимости от уровней личностной тревожности (фигура выбора и фигура отрицания, %).

Примечание. а) — фигура выбора, б) — фигура отрицания.

Анализируя работу добровольцев 2-й группы со стимульным материалом ПГ-теста было установлено, что лица как II, так и III подгрупп отдавали предпочтение кругу, а респонденты I подгруппы выбирали в равных долях круг, квадрат и треугольник; при этом лица во всех подгруппах отвергали зигзаг (рис. 8,  $p < 0,05$ ).

### Обсуждение результатов

Обращало на себя внимание, что в год минимальной солнечной активности из 11-летнего цикла (2019), среди добровольцев проекта «Гелиомед-2», проживающих в средних широтах, преобладали лица, не обладающие психологической чувствительностью к изменениям геомагнитной возмущенности: 70% от наблюдаемых нами лиц.

Известно, что повышение уровня тревожности признано независимым фактором риска развития неврозов и психосоматических заболеваний [6,7]. Поэтому все наблюдаемые нами лица были градированы по уровням тревоги как диспозиции (низкому, среднему и высокому, по Ч. Спилбергеру-Ю. Ханину) и дальнейшая оценка особенностей их личностного реагирования проводилась в контексте личностной тревожности.

Было показано, что у жителей средних широт, имеющих психологическую чувствительность к меняющейся геомагнитной возмущенности, отчетливо прослеживалась следующая тенденция: чем выше был уровень их личностной тревожности, тем чаще выбор неадаптивных и реже — адаптивных копинг-стратегий, причем эта тенденция была справедлива для всех трех сфер стресс-преодолевающего поведения. Интересно, что у добровольцев без психологической чувствительности к геомагнитной возмущенности, проживающих в средних широтах, подобная закономерность была отмечена только в когнитивной сфере защитно-компенсаторного поведения и не была характерна для эмоциональной и поведенческой копинг-сфер.

Чем выше был уровень личностной тревожности у респондентов 1-й группы, тем чаще они испытывали растерянность, подавляли свои эмоции и обвиняли себя в возникающих проблемах, стремясь их избежать и реже анализировать причины возникновения этих проблем; чаще пессимистично оценивали как собственные возможности, так и исход происходящих событий. Хотелось бы отметить, что у них прослеживалась еще одна тенденция: по мере возрастания уровня тревоги как диспозиции чаще становился выбор квадрата при ПГ-тестировании, что свидетельствовало об их желании избежать большого скопления людей, работать в ко-

манде, нести ответственность не только за себя и свои действия, но и за других людей, а также об их стремлении к уединению, планированию и порядку (это вполне объяснимо для лиц, воспринимающих широкий круг ситуаций как угрожающие).

Результаты анализа психологических особенностей участников очередного этапа многоширотного мониторинга, живущих в средних широтах самоценны, поскольку исследование было проведено в период наименьшей солнечной активности за 11-летний цикл. В работах ряда авторов [8–10] было показано, что наиболее выраженные биотропные эффекты космической погоды установлены на высоких широтах именно при минимальной солнечной активности. В связи с этим, выявленные нами психотропные воздействия геомагнитной возмущенности на жителей средних широт, также могут быть обусловлены тем, что в год проведения исследования активность солнца была самой низкой в 11-летнем цикле.

### Заключение

Данное исследование было проведено в год минимальной солнечной активности 11-летнего цикла (2019 год, март-апрель) среди добровольцев проекта

«Гелиомед-2», проживающих в средних широтах, среди которых преобладали лица, не имеющие психологической чувствительности к изменениям геомагнитной возмущенности.

У респондентов, являющихся носителями психологической чувствительности к изменениям геомагнитной возмущенности, была выявлена следующая закономерность: чем выше был их уровень тревоги как диспозиции, тем чаще выбор неадаптивных и реже — адаптивных копинг-реакций, а также — стремление к уединению, проблемному анализу, планированию, порядку, подавлению эмоций и самообвинению; отказ брать ответственность на себя за других людей.

Таким образом, наибольшим риском развития невротических и психосоматических заболеваний среди добровольцев проекта «Гелиомед-2», проживающих в средних широтах, обладают лица, имеющие психологическую чувствительность к изменениям геомагнитной возмущенности с высоким уровнем личностной тревожности, что обуславливает целесообразность психологической коррекции установленных у них личностных изменений.

Конфликт интересов не заявляется.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирский Б.М. Космическая погода и здоровье человека. Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2012; (2): 1–16.
2. Клейменова Н.Г. Влияние космической погоды на человека. Земля и Вселенная 2013; 6: 74–82.
3. Ханин Ю.Л. Краткое руководство к применению шкалы реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Л.: ЛНИИ ФК 1976; 18 с.
4. Heim E. Coping und Adaptivitat: Gibt es Geeignetes oder Ungeeignetes Coping? Psychother Psychosom Med. Psychol. 1988; (1): 8–17.
5. Dellinger S. Psycho Geometrics. How to Use Geometric Psychology to Influence People. New Jersey: Prentice Hall 1989; 199 p.
6. Смулевич А.Б. Психосоматические расстройства: Руководство для практических врачей, 2019: 774 с.
7. Цыганков Б.Д., Пастух И.А. Особенности когнитивных нарушений у больных с коморбидными рекуррентным аффективным и паническим расстройствами. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 7 (120): 23–28.
8. Шумилов О.И., Касаткина Е.А., Клейменова Н.Г., Храмов А.В., Мегорская И.П. Суициды и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в связи с факторами космической погоды в высоких широтах. Геофизические процессы и биосфера 2020; 19 (2): 45–56.
9. Kodochigova A.I., Polidanov M.A., Samsonov S.N. Psychological characteristics of the heliomed 2 project volunteers and geomagnetic disturbance at high latitudes. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 853(1): 012–027. DOI:10.1088/1755-1315/853/1/012027
10. Владимирский Б.М. Космическая погода и «взрывы» творческой продуктивности: «осевое время» — взгляд из XXI в. Геофизические процессы и биосфера 2021; 20 (2): 16–37.

© Осколкова Анна Ивановна, Паршина Светлана Серафимовна,

Кондрашкин Иван Евгеньевич, Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru),

Карсаков Вадим Александрович, Афанасьева Татьяна Николаевна, Самсонов Сергей Николаевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## МЕХАНИЗМЫ ХРОНИЗАЦИИ ВОСПАЛЕНИЯ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА

### INFLAMMATORY CHRONIC MECHANISMS OF PERIODONTAL TISSUE

**A. Petrova  
M. Malezhik  
O. Zhilyaeva**

*Summary.* Any chronic disease is known to be the final stage of a long pathophysiological process in the body induced by the influence of adverse factors that have a direct or indirect impact on the development of the disease. The paper presents a review of the data from Russian and foreign issues on the main etiological factors of periodontal diseases, as well as pathophysiological mechanisms of their development from the point of view of modern dentistry.

*Keywords:* gingivitis, periodontitis, pathogenesis.

**Петрова Александра Моисеевна**

Кандидат медицинских наук, Читинская государственная медицинская академия  
Petam2014@yandex.ru

**Малежик Маргарита Сергеевна**

Читинская государственная медицинская академия  
rita.malezhik@mail.ru

**Жилева Ольга Андреевна**

Кандидат культурологии, Читинская государственная медицинская академия  
ol-zh@yandex.ru

*Аннотация.* Известно, что любое хроническое заболевание является заключительным этапом продолжительного патофизиологического процесса, возникшего в организме под влиянием неблагоприятных факторов, которые оказывают прямое или косвенное влияние на развитие заболевания. В данной статье представлен обзор данных отечественной и зарубежной литературы об основных этиологических факторах развития заболеваний пародонта, а также патофизиологические механизмы их развития с точки зрения современной стоматологии.

*Ключевые слова:* гингивит, пародонтит, патогенез.

**Б**лезни тканей пародонта как у взрослых, так и у детей, относятся к числу наиболее распространенных заболеваний. В структуре заболеваний пародонта преобладают гингивиты, большую часть из которых составляет катаральный [2, 4, 5, 8, 15].

Морфологически и функционально незрелые, развивающиеся и постоянно перестраивающиеся ткани пародонта у детей, способны неадекватно реагировать даже на незначительные повреждающие факторы и обуславливать особенности развития различных форм гингивитов. У детей 6–12 лет в период сменного прикуса слой эпителия утолщается, эпителиальные сосочки приобретают более рельефную форму и глубину, базальная мембрана утолщается и ее коллагеновые структуры становятся плотнее и ориентированнее. В этом возрасте происходит постепенное созревание коллагена и уменьшается склонность к диффузным реакциям. Проницаемость гистогематических барьеров снижается также в связи с появлением периваскулярных скоплений круглоклеточных элементов (лимфоцитов, гистиоцитов). Это создает предпосылки к затяжному, хроническому течению патологических процессов в десне [2, 4, 12, 15].

Наиболее частой причиной гингивита у детей являются микроорганизмы зубного налета и изменяющийся

гормональный фон [2, 4, 6, 7, 11]. Считают, что 80–90% случаев гингивитов вызвано деятельностью микроорганизмов зубного налета. К настоящему времени из тканей больного пародонта выделено около 500 видов микроорганизмов, большую часть из которых составляют условные патогены. С воспалением десны (гингивитом) причинным образом связаны факультативные анаэробы *Streptococcus Intermedius*, *Streptococcus Sanguis*, *Actinomyces Odontolyticus*, *Actinomyces Naeslundii*, *Veillonella Parvula* [2, 5, 6, 12, 13].

Исследования последних лет показали, что такие пародонтопатогенные микроорганизмы, как *Porphyromonas Gingivalis*, *Prevotella Intermedia* и *Tannerella Forsythia*, присутствуют не только в зубодесневых карманах пациентов с маргинальным пародонтитом, но и также колонизируются в наддесневом зубном налете. Этот факт свидетельствует о возможности жизнедеятельности грамотрицательных анаэробных микроорганизмов в аэробных условиях, в том числе и у лиц со здоровым пародонтом [2, 12, 14].

Взаимосвязь между возникновением, прогрессирующим развитием заболеваний пародонта и наличием микроорганизмов в зубодесневой бороздке давно доказана. Обнаружена начальная колонизация *Tannerella Forsythia* на слизистой оболочке щек у новорожденных (0–4 мес.)

и языке, а более 60% здоровых детей в возрасте от 6 до 12 лет имели *Tannerella Forsythia* в десневой борозде. Первоначальная колонизация *Prevotella Intermedia* определялась в полости рта у детей в зубодесневой борозде в возрасте от 6 до 12 лет, а *Porphyromonas Gingivalis* — в возрасте 19—44 лет [3, 4, 5, 12, 16].

Микроорганизм, их экзо- и эндотоксины над и под десной вызывают первичное повреждение (альтерацию) эпителия десневой борозды и расположенных под ним элементов. Повреждению ткани хозяина способствуют такие факторы, как тромбин, просеринэстераза, кинин, фибриноген, активированные фракции комплемента и т.д., которые вместе с микробными метаболитами стимулируют запуск следующей стадии воспаления [12].

На этапе экссудации в соединительной ткани десны разрушаются белково-гликозаминогликановые комплексы и накапливаются продукты распада тканей: свободные аминокислоты, уроновые кислоты, аминокислоты, полипептиды. В очаге повреждения десны нарастает осмотическое давление, происходит задержка воды, развивается отек, набухание. Из-за накопления молочной кислоты и жирных кислот в тканях развивается ацидоз и гипоксия.

Наблюдается стойкое расширение сосудов десны (гиперемия), повышается проницаемость стенок сосудов для лейкоцитов и макрофагов, которые мигрируют в ткань и активно участвуют в воспалительном процессе. Эти клетки выбрасывают в тканевую среду протеолитические ферменты — эластазы и коллагеназы, разрушающие коллагеновые фибриллы периодонтальной связки. Эта стадия клинически определяется как гингивит и проявляется гиперемией, отеком, кровоточивостью, болезненностью тканей десны [2, 6].

Если воспалительная реакция ограничивается образованием медиаторов воспаления, то процесс протекает остро и локально. При хроническом воспалении в десне повышается проницаемость эпителия, нарушается микроциркуляция в соединительнотканной основе десны, ткани инфильтрируются макрофагами и лейкоцитами, нарастают склеротические изменения [2, 5, 6, 11].

В последние годы большое значение в развитии воспаления пародонта придают процессам свободного радикального окисления (СРО), нарушениям антиоксидантной защиты (АОЗ) [6, 9].

Ведущими звеньями патогенеза являются нарушения микроциркуляции, сопровождающиеся повышением сосудисто-тканевой проницаемости с экссудацией белков плазмы крови в стенки сосудов и периваску-

лярную ткань. Апоптоз клеток и клеточная альтерация различного генеза опосредуется иммунологическим дисбалансом, и определяется цитокиновой регуляцией, поэтому хронический воспалительный процесс обусловлен не только повреждающим воздействием возбудителя на слизистую оболочку, но и развитием иммунодефицитного состояния. Как известно, медиаторами межклеточных коммуникаций при иммунном ответе и в развитии воспаления являются цитокины [6, 9].

Отдельная роль в патогенезе хронического воспаления в тканях пародонта отводится иммунной системе [3, 8, 10]. Макрофаги, лимфоциты и тучные клетки, постоянно совершающие экскурсии к поверхности десны, моментально реагируют на любые изменения со стороны внешней среды, быстро включая защитные механизмы. О включении в механизм патогенеза воспалительных заболеваний пародонта звена специфической иммунной защиты свидетельствует высокая частота обнаружения у больных с пародонтитами положительных кожных проб на десневой антиген. Многие микробные продукты (экзо- и эндотоксины) идентифицированы как активаторы опосредованного пути воздействия на макроорганизм. Ученые таким веществам микробной природы присвоили название «модулины» [6].

У взрослых пациентов ранее были изучены состав и свойства компонентов врожденного и адаптивного иммунитета в десневой жидкости в норме и патологии. Установлено, что в норме в десневой жидкости содержатся IgA, IgA-s, IgM, IgG и подклассы, не определяется IgE, ИЛ-6, ФНО-α. При катаральном гингивите увеличивалось содержание IgA, IgA-s, IgM, увеличивался уровень ФНО-α, ИЛ-6, 8, а суммарное содержание IgG снижалось [1, 3, 10].

Известно, что острый и хронический воспалительный процесс протекает с обязательным включением ферментных систем кровотока, активирующихся по типу «каскада»: системы свёртывания крови, фибринолиза, калликреин-кининовой системы, системы комплемента. Протеазы указанной системы способны пролонгировать и углублять течение воспалительного процесса, так как могут выступать в качестве вторичных патогенов, усиливающих компонент воспалительных реакций — альтерацию [1, 3].

Ранее было показано, что в составе смешанной слюны присутствовали практически все факторы свёртывания крови, что обеспечивает высокий тромботический потенциал ротовой жидкости [1, 10, 11]. Однако до сих пор композиция этих молекул в слюне, как инициаторов острого и хронического воспаления практически не рассматривалось, что и побудило нас к настоящему исследованию.

Суммируя вышесказанное, до сих пор остается не изученными отдельные направления патогенеза хронизации острого гингивита, особенно у детей раннего возраста. Совершенно не исследовано звено патогенеза, реализуемое комплексом адгезивных молекул, а также группой Chesr-Point молекул.

Не уточнены гемостатические реакции, способные хронизировать вторичную альтерацию и выступить в качестве флогогенов 2-го порядка и представленных, в основном, протеазами ферментативного каскада кровотока — системой свертывания крови и фибринолиза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Выявление иммуноглобулинов, антител против белков теплового шока и цитокина IL-8 в слюне больных хроническими заболеваниями пародонта / Ю.И. Пинелис, М.С. Малежик, Л.П. Малежик, Н.Н. Цыбиков // Медицинская иммунология. — 2010. — Т. 12, № 4–5. — С. 421–424.
2. Гончарик А.В. Заболевания пародонта / П.В. Гончарик, А.В. Кравченко, Г.Д. Панасюк, А. — Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЗЧ», 2018. — 37 с.
3. Доманова А.Т. Биологические свойства десневой жидкости в патогенезе хронических генерализованных гингивита и пародонтита: специальность 14.03.03 «Патологическая физиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Доманова Елена Тольевна. — Чита, 2015. — 22 с.
4. Клиника, диагностика и лечение заболеваний пародонта в детском возрасте / Н.Х. Хамитова, Е.В. Мамаева [и др.]. — Казань: Медицинская литература, 2009. — 192 с.
5. Костригина Е.Д. Современный взгляд на этиопатогенез пародонтита (обзор литературы) / Е.Д. Костригина, Л.А. Зюлькина, П.В. Иванов. — DOI 10.21685/2072–3032–2017–3–13 // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2007. — № 3 (43). — С. 118–128.
6. Логинова Н.К. Патофизиология пародонта: методическое пособие / Н.К. Логинова, А.И. Воложин. — Москва: Медицина, 2013. — 80 с.
7. Роль условно-патогенной микрофлоры полости рта в развитии воспалительных заболеваний пародонта и слизистой полости рта (обзор литературы) / И.Н. Усманова, М.М. Туйгунов, Л.П. Герасимова [и др.]. — DOI 10.14529/ozfk150207 // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». — 2015. — Т. 15, № 2. — С. 37–44.
8. Рыбаков А.И. Система профилактики кариеса зубов и заболеваний пародонта / А.И. Рыбаков, Г.Н. Пахомов // Стоматология. — 2008. — № 3. — С. 1–7.
9. Сухова Т.В. Особенности свободнорадикального окисления, антиоксидантной защиты и состояния нервной системы у больных хроническим генерализованным пародонтитом: специальность 03.00.04 «Биохимия»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Сухова Татьяна Владимировна. — Москва, 2000.
10. Уровень белка теплового шока-70, цитокинов и аутоантител к ним в сыворотке крови, ротовой и зубодесневой жидкости при пародонтите / Н.Н. Цыбиков, С.В. Баранов, Б.И. Кузник [и др.] // Стоматология. — 2014. — № 1. — С. 16–18.
11. Фаустов Л.А. Методологические основы научных представлений об этиологии и патогенезе заболеваний / Л.А. Фаустов // Хронический генерализованный пародонтит: клиническая и экспериментальная фармакотерапия метаболическими корректорами. — Краснодар: Просвещение-Юг, 2012. — С. 23–31.
12. Цепов Л.М. Концепция одномоментной элиминации пародонтопатогенной микрофлоры в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита. Часть 2. Клиническая эффективность различных подходов в комплексной терапии хронического генерализованного пародонтита легкой степени / Л.М. Цепов, А.И. Николаев, Д.А. Наконечный // Пародонтология. — 2017. — Т. XXII, № 2 (83). — С. 3–8.
13. Чубаров Т.В. Нарушение гормональной регуляции метаболизма костной ткани и значение гормонов щитовидной железы в развитии остеопенического синдрома // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. — 2015. — Т. 14, № 3. — С. 490–494.
14. Microbial Shifts During Dental Biofilm Re-Development in The Absence of Hygiene in Periodontal Health and Disease / N.G. Uzel, F.R. Teles, R.P. Teles [et al.]. — DOI 10.1111/j.1600–051X.2011.01730.x // J. Clin. Periodontol. — 2011. — Vol. 38. — P. 612–620.
15. Prophylactic Stomatology: Uchebnik [Preventive dentistry: Textbook] / Je M. Kuz'mina, O.O. Janushevich [et al.]. — Moscow: Practical Medicine, 2016.
16. The Use of Led Radiation in Prevention of Dental Diseases / N.S. Moiseeva, Yu.A. Ippolitov, D.A. Kunin [et al.] // The EPMA Journal. — 2016. — Vol. 7, № 51. — P. 24.

© Петрова Александра Моисеевна ( Petam2014@yandex.ru ),

Малежик Маргарита Сергеевна ( rita.malezhhik@mail.ru ), Жилиева Ольга Андреевна ( ol-zh@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ НА ДОГОСПИТАЛЬНОМ ЭТАПЕ

## ANTIARRHYTHMIC THERAPY EFFECTIVENESS EVALUATION IN PATIENT WITH ATRIAL FIBRILLATION AND HIGH VENTRICULAR RATE BEFORE HOSPITALIZATION

**I. Polyakov  
D. Zinatullina  
D. Alkova  
M. Vorontsova**

**Summary.** The purpose of this work was to evaluate the antiarrhythmic therapy effectiveness in paroxysmal atrial fibrillation (AF) in elderly patients before hospitalization. A retrospective content analysis of call maps was performed in 224 patients with paroxysmal AF who were treated with a rhythm control strategy. Patients older than 60 years (n=171) constituted group 1 of the study, and group 2 included patients younger than this age (n=53). The assessment of the functional status of the cardiovascular system and the state of the hemodynamic and after the treatment was carried out by measuring blood pressure, electrocardiography. The effectiveness of amiodarone before hospitalization in paroxysmal AF in the elderly has been investigated. Administration of potassium and magnesium aspartate preparations in combination with amiodarone has not been shown to be effective. To achieve the maximum effect, patients over 60 years of age are recommended to administer the maximum dose of amiodarone (450 mg). All patients in this age group are recommended for immediate hospitalization.

**Keywords:** atrial fibrillation, rhythm control, antiarrhythmic therapy, amiodarone, elderly people.

**Поляков Игорь Алексеевич**

Ассистент, Самарский государственный  
медицинский университет

**Зинатуллина Диляра Сабировна**

К.м.н., доцент, Самарский государственный  
медицинский университет  
dsadri@mail.ru

**Алькова Диана Павловна**

Самарский государственный медицинский  
университет  
Alkova.007@gmail.com

**Воронцова Марина Константиновна**

Самарский государственный медицинский  
университет  
Alkova.007@gmail.com

**Аннотация.** Целью данной работы стала оценка эффективности антиаритмической терапии при пароксизмальной форме фибрилляции предсердий у пациентов пожилого на догоспитальном этапе. Был проведен ретроспективный контент-анализ карт вызовов 224 пациентов с пароксизмальной формой ФП, которым применялась стратегия контроля ритма. Пациенты старше 60 лет (n=171) составили группу 1 исследования, а группа 2 включала больных младше этого возраста (n=53). Оценку функционального статуса сердечно-сосудистой системы и гемодинамики до и после проведенного лечения проводили при помощи измерения артериального давления, электрокардиографии. Изучена эффективность амиодарона на догоспитальном этапе при пароксизмальной форме фибрилляции предсердий у пожилого возраста. Введение препаратов калия и магния аспаргината в комбинации с амиодароном не показали своей эффективности. Для достижения максимального эффекта больным старше 60 лет рекомендовано вводить максимальную дозу амиодарона (450 мг). Всем пациентам этой возрастной группы рекомендована немедленная госпитализация в профильный стационар.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий, контроль ритма, антиаритмическая терапия, амиодарон, пожилые люди.

### Вступление

**Ф**ибрилляция предсердий (ФП) впервые была описана Уильямом Харви в 1628 году, как диссоциация между периферическим пульсом и сердцебиением [1, 2].

Во всем мире отмечают увеличение продолжительности жизни человека. Ожидается, что численность

населения старше 65 лет вырастет с 12% в 2010 году до 22% в 2040 году [3, 4]. С увеличением средней продолжительности жизни частота встречаемости и распространенность фибрилляции предсердий достигли масштабов эпидемии сердечно-сосудистых заболеваний XXI века. Так, в 2016 году примерно у 43,6 млн. человек регистрировалась ФП. Распространенность ФП в мире составляет 2–4% и прогнозируется ее 2–3-кратный рост из-за увеличения продолжительности жизни



в общей популяции и интенсификации поиска недиагностированной ФП [5, 6, 7].

В Российской Федерации за период с 2010 по 2017 годы распространенность данной патологии увеличилась на 44% и составляет более 70% всех нарушений ритма; количество вызовов к пациентам с фибрилляцией предсердий за период 2013–2019 увеличилось на 22% [8, 9, 10].

Частота встречаемости фибрилляции предсердий с возрастом увеличивается: от менее 0,5% в возрасте 40–50 лет и до 5–15% в 80 лет. У людей в возрасте старше 80 лет ФП регистрируется у 8–10%, а в возрасте от 60 до 65 лет — менее чем у 1% населения [11, 12].

Увеличение распространенности ФП с возрастом можно объяснить биологическим старением, отличительным признаком которого является хроническое субклиническое воспаление — непрерывная активация системного иммунного ответа низкой степени. В свою очередь воспаление связано с повышенными концентрациями активных форм кислорода, эндотелиальной дисфункцией, катаболизмом коллагена, увеличением активности трансформирующий фактор роста  $\beta 1$  (TGF- $\beta 1$ ) и изменениями во внеклеточном матриксе [13].

Помощь, оказываемая на догоспитальном этапе, играет решающую роль, поскольку ФП является наиболее распространенной аритмией при госпитализации в отделения неотложной помощи, составляя 0,5–1% [14, 15, 16, 17].

Однако данные о лечении ФП, особенно в отношении неотложной терапии, все еще противоречивы. Помимо немедленной электрической кардиоверсии у гемодинамически нестабильных пациентов, существуют большие различия в использовании контроля частоты и ритма — основных подходов к лечению ФП. В руководствах Европейского Кардиологического Общества до сих пор нет определенных рекомендаций за или против любого из подходов, поскольку эти две стратегии не показывают существенной разницы в результатах [14, 16, 18].

Пароксизмы ФП у различных пациентов протекают индивидуально, поэтому необходимо систематизировать имеющиеся клинические рекомендации для оптимальной работы скорой медицинской помощи. Необходимо классифицировать тяжесть пароксизмов ФП для облегчения принятия решений выездному персоналу скорой медицинской помощи, рационального распределения вызовов ее диспетчерской службой, а также оценки тяжести пациентов на раннем госпитальном этапе и в непрофильных отделениях стационара [19].

## Цель

Целью данной работы стала оценка эффективности антиаритмической терапии при пароксизмальной форме фибрилляции предсердий у пациентов пожилого на догоспитальном этапе.

## Материалы и методы

Был проведен ретроспективный контент-анализ карт вызовов 224 пациентов с пароксизмальной формой ФП менее 48 часов, которым применялась стратегия контроля ритма. Критериями исключения были пациенты с острым коронарным синдромом, онкологией, кардиомиопатиями, ФП на фоне интоксикации, пациенты с ФП более 48 часов. Возраст пациентов варьировал от 34 до 96 лет (средний показатель составлял  $67,5 \pm 10,6$  лет). Обследованные были разделены на 2 группы: пациенты старше 60 лет ( $n=171$ ) составили группу 1, а группа 2 включала больных младше этого возраста ( $n=53$ ). Средний возраст пациентов группы 1 составлял  $71,3 \pm 0,6$  лет, группы 2— $53,4 \pm 0,7$  лет.

Оценку функционального статуса сердечно-сосудистой системы (определение частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД) и гемодинамики до и после проведенного лечения проводили при помощи измерения артериального давления и электрокардиографии. Стандартную электрокардиографию выполняли в 12 общепринятых отведениях (стандартных, усиленных от конечностей и грудных V1–V6) на электрокардиографе ЭК12Т-01 («НПП «Монитор», Россия) по стандартной методике.

Купирование приступа ФП проводили при помощи амиодарона в дозе от 150 до 450 мг (средняя доза составляла  $311,1 \pm 4,1$  мг) с дополнительным введением 10 мл калия и магния аспарагината (452 мг калия аспарагината + 400 мг магния аспарагината).

Обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. и StatTech v. 1.2.0.

## Результаты и их обсуждение

Среднее время на вызове у пациентов старше 60 лет составляло  $67,3 \pm 2,1$  мин., в группе 2— $65,0 \pm 1,8$  мин.

При оценке эффективности амиодарона у пациентов различного возраста при лечении пароксизмов ФП было установлено, что после его введения у больных старше 60 лет ( $n=171$ ) документировано достоверное снижение значений ЧСС ( $134,1 \pm 1,6$  уд. в мин. и 100,5

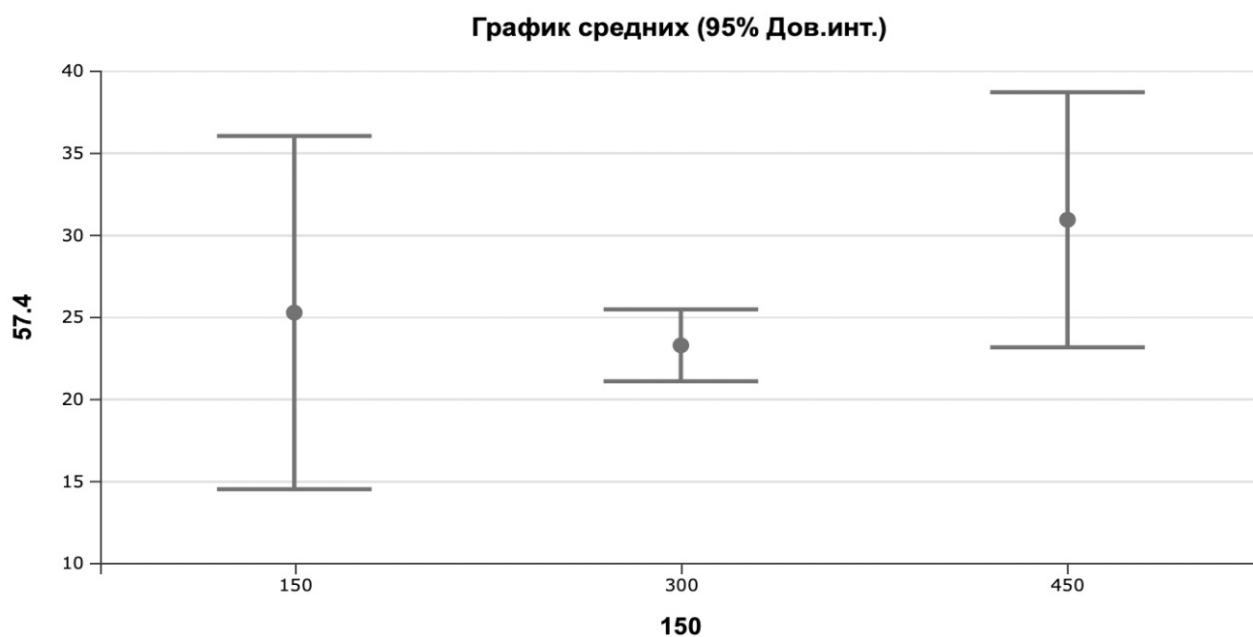


Рис. 1. Средний процент снижения ЧСС при различных дозах амиодарона у пациентов старше 60 лет.

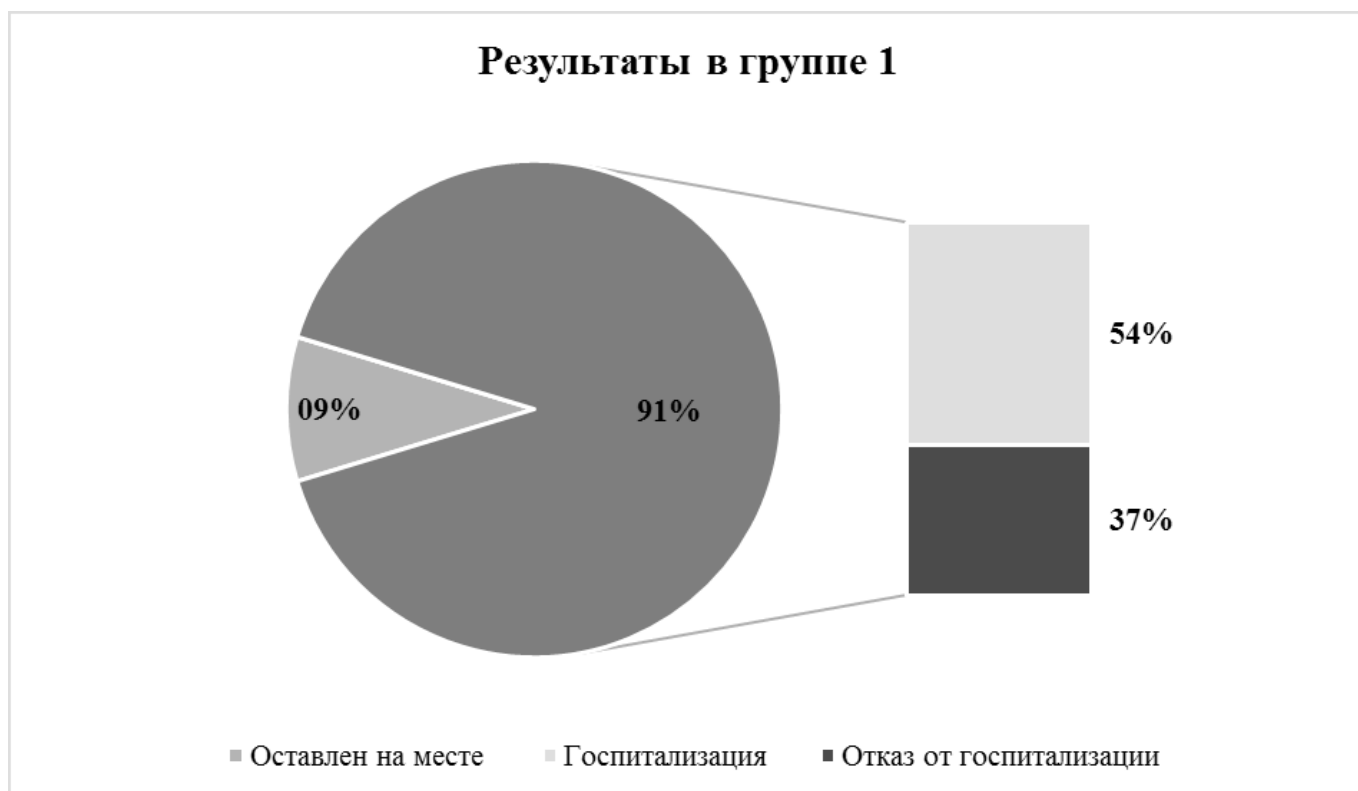


Рис. 2. Структура результатов проведенного лечения у пациентов группы 1 (n=171).

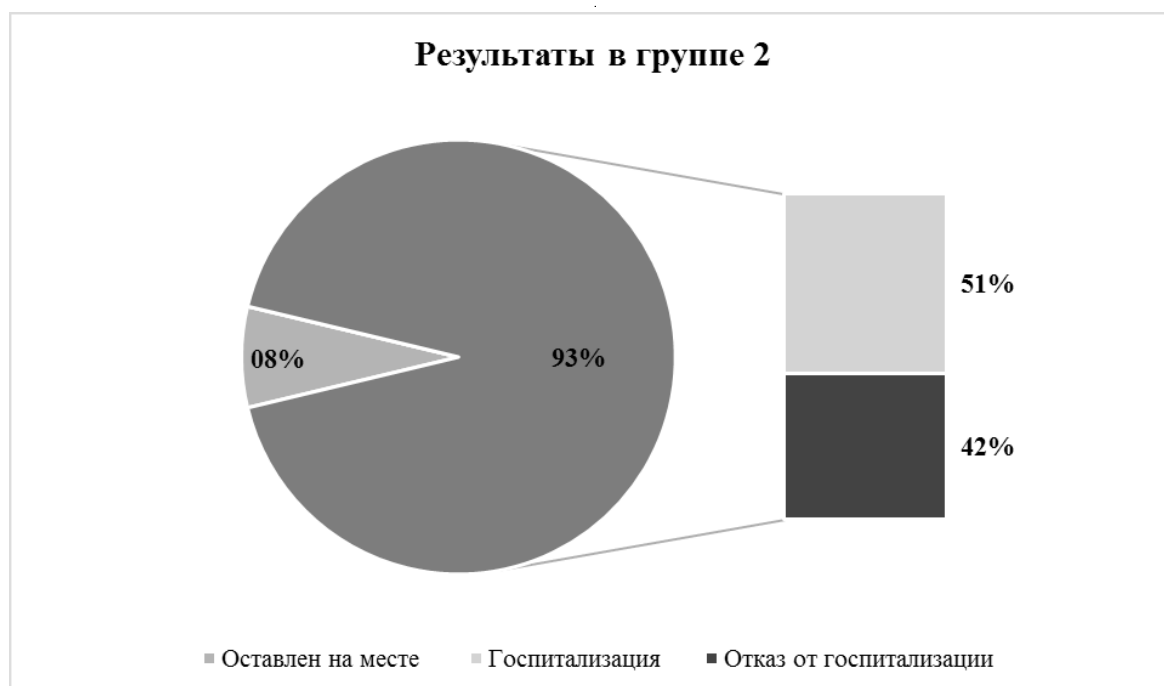


Рис. 3. Структура результатов проведенного лечения у пациентов группы 2 (n=53).

$\pm 1,7$  уд.,  $p=0,000$ ) и САД ( $145,0 \pm 2,0$  мм. рт. ст. и  $132,5 \pm 1,4$  мм. рт. ст.,  $p=0,000$ ), что не было документировано у пациентов младшего возраста.

Несмотря на высокую занятость бригады пациентом (среднее время на вызове у пациентов старше 60 лет составляло  $67,3 \pm 2,1$  мин., в группе 2— $65,0 \pm 1,8$  мин.), восстановление ритма сердца после введения амиодарона было зарегистрировано в 12,9% случаев ( $n=22$ ) в группе 1 и у 13,2% обследованных ( $n=7$ ) в группе 2, что меньше данных литературы [20, 21].

Было документировано, что у больных группы 1 значения ЧСС в среднем снизились на  $24,9 \pm 1,1\%$ , у пациентов младше 60 лет — на  $23,8 \pm 1,7\%$ .

У пациентов старше 60 лет установлена статистически значимая ( $p=0,02$ ) зависимость среднего процента снижения ЧСС от дозы амиодарона: при введении 450 мг указанный показатель составлял  $31,0 \pm 15,6\%$ , когда при 300 мг — только  $23,3 \pm 13,1\%$  (рис. 1), что можно объяснить наличием более выраженного ремоделирования миокарда у людей старшего возраста.

По данным Мерай И.А. и соавт. [22], введение калия и магния аспаргината совместно с амиодароном улучшает прогноз при восстановлении синусового ритма у пациентов с ФП в стационаре, при этом применение такой комбинации на догоспитальном этапе остаётся не до конца изученным, и в то же время широко ис-

пользоваться бригадами скорой медицинской помощи [23]. Применение препаратов калия и магния аспаргината в комбинации с амиодароном у пациентов нашей когорты не показало статистически значимой эффективности при купировании пароксизмов ФП ( $p=0,22$  в группе 1,  $p=0,35$  в группе 2).

Доставка в стационар требовалась большинству обследованных нашей когорты: 90,6% ( $n=155$ ) в группе 1 (рис. 2), из них 54,1% ( $n=84$ ) госпитализированы и 36,5% ( $n=71$ ) от госпитализации отказались, и 92,5% ( $n=49$ ) в группе 2 (рис. 3), из них 51,0% ( $n=25$ ) госпитализированы и 41,5% ( $n=25$ ) от госпитализации отказались. В исследовании Gulizia M.M. et al. [24] с участием 6275 пациентов с ФП или трепетанием предсердий выявлено, что доля пациентов, которым потребовалась госпитализация составляла 27,8%.

### Заключение

В настоящей работе исследована эффективность амиодарона на догоспитальном этапе при пароксизмальной форме фибрилляции предсердий у пожилого возраста. Введение препаратов калия и магния аспаргината в комбинации с амиодароном не показали своей эффективности. Больным старше 60 лет рекомендовано вводить максимальную дозу амиодарона (450 мг). Всем пациентам этой возрастной группы рекомендована немедленная госпитализация в профильный стационар.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Murtaza M, Baig MMA, Ahmed J, Serbanoiu LI, Busnatu SS. Higher Mortality Associated With New-Onset Atrial Fibrillation in Cancer Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. // *Front Cardiovasc Med.* — 2022. — V. 9. — P. 867002.
2. Wang YC, Xu X, Hajra A, et al. Current Advancement in Diagnosing Atrial Fibrillation by Utilizing Wearable Devices and Artificial Intelligence: A Review Study. // *Diagnostics (Basel).* — 2022. — V. 12 (3). — P. 689.
3. Kornej J, Börschel CS, Benjamin EJ, Schnabel RB. Epidemiology of Atrial Fibrillation in the 21st Century: Novel Methods and New Insights. // *Circ Res.* — 2020. — V. 127 (1). — P. 4–20.
4. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. // *Eur Heart J.* — 2021. — V. 42 (5). — P. 373–498.
5. Benjamin EJ, Muntner P, Alonso A, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, Das SR, et al.; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. // *Circulation.* — 2019. — P. 139. — P. e56–e528.
6. Fordyce CB, Roe MT, Ahmad T, Libby P, Borer JS, Hiatt WR, Bristow MR, Packer M, Wasserman SM, Braunstein N, et al. Cardiovascular drug development: is it dead or just hibernating? // *J Am Coll Cardiol.* — 2015. — V. 65. — P. 1567–1582.
7. Staerk L, Sherer JA, Ko D, Benjamin EJ, Helm RH. Atrial fibrillation: epidemiology, pathophysiology, and clinical outcomes. // *Circ Res.* — 2017. — V. 120. — P. 1501–1517.
8. Плавун, Н.Ф. Клинико-статистический анализ пациентов с фибрилляцией предсердий / Н.Ф. Плавун, Н.И. Гапонова, В.А. Кадышев и др. // *Архивъ внутренней медицины.* — 2018. — Т. 8. — № 5. — С. 389–393.
9. Колбин, А.С. Социально-экономическое бремя фибрилляции предсердий в России: динамика за 7 лет (2010–2017 годы) / А.С. Колбин, А.А. Мосилян, Б.А. Татарский // *Вестник аритмологии.* — 2018. — № 92. — С. 42–48.
10. Лукьянова, И.Ю. Медикаментозная кардиоверсия пропafenомом у больных с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий на догоспитальном этапе / И.Ю. Лукьянова, А.В. Кузнецов, Ю.В. Соколов // *Скорая медицинская помощь.* 2017. — № 2. — С. 31.
11. Аракелян, М.Г. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020 / М.Г. Аракелян, Л.А. Бокерия, Е.Ю. Васильева и др. // *Российский кардиологический журнал.* — 2021. — Т. 26. — № 7. — С. 190–260.
12. Zimetbaum, P. Atrial Fibrillation. // *Ann. Intern. Med.* — 2017. — V. 166. — P. ITC33–ITC48.
13. Shen MJ, Arora R, Jalife J. Atrial Myopathy. // *JACC Basic Transl Sci.* — 2019. — V. 4. — P. 640–654.
14. World Health Organisation Geneva: World Health Organisation; 2019 Apr 17. WHO Releases First Guideline on Digital Health Interventions Available at: [https://www.who.int/news-room/detail/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions?](https://www.who.int/news-room/detail/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions)
15. Zeballos-Palacios CL, Hargraves IG, Noseworthy PA, et al. Developing a Conversation Aid to Support Shared Decision Making: Reflections on Designing Anticoagulation Choice. // *Mayo Clin Proc.* — 2019. — V. 94 (4). — P. 686–696.
16. Gupta S, Lutnik M, Niederdöckl J, Schnaubelt S. From Bench to Bedside-Implementing the New ABC Approach for Atrial Fibrillation in an Emergency Department Setting. // *Int J Environ Res Public Health.* — 2022. — V. 19 (8). — P. 4797.
17. Ahmed I, Ahmad NS, Ali S, et al. Medication Adherence Apps: Review and Content Analysis. // *JMIR Mhealth Uhealth.* — 2018. — V. 6. (3). — P. e62.
18. Atzema CL, Singh SM. Acute Management of Atrial Fibrillation: From Emergency Department to Cardiac Care Unit. // *Cardiol Clin.* — 2018. — V. 36 (1). — P. 141–159.
19. Поляков, И.А. Экстренная помощь пациентам с фибрилляцией предсердий на догоспитальном этапе: современный взгляд на проблему / И.А. Поляков, И.Г. Труханова, Д.С. Зинатуллина // *Практическая медицина.* — 2020. — Т. 18. — № 1. — С. 13–17.
20. Khan I.A., Mehta N.J., Gowda R.M. Amiodarone for pharmacological cardioversion of recent-onset atrial fibrillation // *Int. J. Cardiol.* 2003. — Vol. 89. — P. 239–248.
21. Trappe H.J. Treating critical supraventricular and ventricular arrhythmias // *J. Emerg. Trauma Shock.* 2010. — Vol. 3 (2). — P. 143–152.
22. Мерай И.А., Павликова Е.П., Александрия Л.Г., Терез Я.М. Калия и магния аспарагинат при восстановлении и сохранении синусового ритма у больных с устойчивой формой фибрилляции предсердий // *Consilium Medicum.* 2007. — No 11. — С. 81–83.
23. Труханова, И.Г. Безопасность применения пропafenона у пациентов с органической патологией миокарда на догоспитальном этапе / И.Г. Труханова, Д.С. Зинатуллина, И.А. Поляков, С.Х. Садреева // *Скорая медицинская помощь.* — 2021. — № 2. — С. 32–37.
24. Gulizia MM, Cemin R, Colivicchi F, et al. Management of atrial fibrillation in the emergency room and in the cardiology ward: the BLITZ AF study. // *Europace.* — 2019. — V. 21 (2). — P. 230–238.

© Поляков Игорь Алексеевич, Зинатуллина Диляра Сабировна ( dsadri@mail.ru ),

Алькова Диана Павловна ( Alkova.007@gmail.com ), Воронцова Марина Константиновна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АБЛЯЦИЯ ЭНДОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ПРЕДРАКОВЫХ СОСТОЯНИЙ И РАННИХ СТАДИИ РАКА ЭНДОМЕТРИЯ

## ABLATION OF THE ENDOMETRIUM AS A TREATMENT FOR PRECANCEROUS CONDITIONS AND EARLY STAGES OF ENDOMETRIAL CANCER

**I. Tripac  
V. Stratan  
V. Tutuianu  
V. Sitnic  
A. Dobrovolskaia  
A. Misina**

*Summary.* Endometrial ablation is indicated for benign diseases of the endometrium, precancerous conditions and cancer of the uterine body in the early stage (IA) in pre- and postmenopausal patients who show ineffectiveness, resistance or contraindications to hormonal therapy or radical surgical treatment due to severe extragenital pathology. The results of the study allow us to recommend endometrial ablation as an alternative to classical methods of treatment in patients with atypical endometrial hyperplasia and early stages of endometrial cancer.

*Keywords:* endometrial cancer, atypical endometrial hyperplasia, minimally invasive surgery, endometrial ablation.

**Трипак Ирина Евгеньевна**

Кандидат медицинских наук, Институт Онкологии  
Респ. Молдовы  
i\_iacovlev@yahoo.com

**Стратан Валентина Георгиевна**

Кандидат биологических наук, Институт  
Онкологии Респ. Молдовы

**Цуцуяну Валерий Григорьевич**

Научный сотрудник, Институт Онкологии Респ.  
Молдовы

**Сытник Виктор Юрьевич**

Научный сотрудник, Институт Онкологии Респ.  
Молдовы

**Добровольская Алена Викторовна**

Молдавский Государственный Медицинский  
и Фармацевтический Университет Респ. Молдовы  
«Н. Тестемицану»

**Мишина Анна Евгеньевна**

Доктор медицинских наук, Институт Матери  
и Ребенка Молдовы

*Аннотация.* Абляция эндометрия показана при доброкачественных заболеваниях эндометрия, предраковых состояниях и раке тела матки в ранней стадии (IA) у пациенток в пре- и постменопаузе, у которых выявляется неэффективность, резистентность или противопоказания к гормональной терапии или радикальному хирургическому лечению в связи с тяжелой экстрагенитальной патологией. Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать абляцию эндометрия как альтернативу классическим методам лечения у пациенток с атипичской гиперплазией эндометрия и ранними стадиями рака эндометрия.

*Ключевые слова:* рак эндометрия, атипичская гиперплазия эндометрия, миним-инвазивная хирургия, абляция эндометрия.

## Введение

**Р**ост заболеваемости раком эндометрия диктует необходимость не только своевременного выявления данной патологии, но и адекватного лечения. В последнее десятилетие в Республике Молдова, как и в большинстве стран мира, наблюдается четкая тенденция роста заболеваемости раком эндометрия с 13,7 случаев в 2000 г. до 15,0 случаев (на 100 тыс. женщин) в 2019 г. [5]. При этом преобладают ранние стадии процесса — I–II (64%), что на сегодняшний день является хорошим и перспективным показателем, говорящим о достаточном внимании к ранней диагностике [5]. Чаще всего рак возникает на фоне предраковых

изменений эндометрия, частота малигнизации которых колеблется в достаточно больших пределах (23–57,1%) и определяется морфологическими особенностями заболевания, частотой его рецидивов, возрастом пациентки (пре- и постменопауза), а также эндокринные и метаболические нарушения (ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия) [1]. Риск малигнизации полипов эндометрия и гиперплазии эндометрия (железистой, железисто-кистозной, аденоматозной) без морфологических признаков клеточной атипии составляет 1–5%, что позволяет их отнести к фоновым состояниям, а не к предраковым. В этом смысле наибольший интерес представляет изучение атипичской гиперплазии и ранних стадий рака эндометрия.

## Материалы и методы

В период 2018–2020 гг. гистерорезектоскопию выполнили 87 пациенткам позднего репродуктивного возраста, в пре- и постменопаузе. Весь спектр исследований, лечения и наблюдения за пациентами до и после абляции осуществлялся в условиях поликлиники Новамед.

Морфологическое исследование биоптата из полости матки и оперативных отделов выполнено в патоморфологической лаборатории «СИНЭВО».

Все больные были разделены на две группы. В первую группу (основную) вошли 75 пациенток с фоновыми изменениями — железистой гиперплазией и полипами эндометрия. Вторую группу составили 12 женщин, которым была выполнена электрохирургическая абляция эндометрия по поводу атипической гиперплазии (n=9) и ранней стадии рака эндометрия (n=3).

Средний возраст больных в основной группе составил  $45,06 \pm 1,23$  года, во второй  $56,26 \pm 1,03$  года.

Цели исследования были:

1. Разработка показаний к абляции эндометрия.
2. Разработка методов предоперационной подготовки и определение условий повышения эффективности эндоскопических операций у больных с атипической гиперплазией эндометрия и раком эндометрия в ранней стадии.
3. Анализ эффективности деструкции слизистой оболочки матки методом плазменной вапоризации эндометрия.
4. Изучение морфологических изменений операционных препаратов, глубины деструкции в эндометрии и миометрии при абляции эндометрия.
5. Определение противопоказаний к абляции эндометрия.
6. Оценка непосредственных результатов абляции эндометрия как метода лечения предраковых состояний и ранних стадий рака эндометрия.

## Результаты

Принципиально новым методом деструкции эндометрия является плазменная вапоризация, представляющая собой выпаривание тканей под действием плазмы [11].

Процедуру проводят с помощью биполярного электрода в режущем режиме, используя специальный электрод — вапоротрод. Форма вапоротрода может быть разной, но она должна сочетать в себе большую рабочую поверхность с острыми краями по периметру.

Это дает возможность более глубокого проникновения в ткани и при достаточной мощности более глубокой деструкции эндометрия.

Техника обработки внутренней поверхности матки вапоротродом такая же, как и при коагуляции, так как электрод также представляет собой валик, который можно последовательно перемещать по поверхности.

Однако, учитывая способность вапоротрода вызывать нагрев глубоких слоев миометрия, область трубных углов обрабатывают шаровым электродом в режиме коагуляции (электрическая мощность — 120 Вт) для предотвращения перфорации матки.

Абляция эндометрия была выполнена у 12 пациенток с атипической гиперплазией (n=9) и раком эндометрия на ранней стадии (n=3) путем плазменной вапоризации ткани эндометрия. Для вапоризации использовали шарообразный роликовый вапоротрод. Резекцию тканей проводили электрической петлей с углом наклона 90 градусов. Разные эффекты парообразования достигались не только за счет использования разных электродов, но и за счет программируемых выходных параметров электрогенератора. Разнообразие эндоскопического и морфологического строения эндометрия обусловило применение методов электрохирургической абляции с разной силой тока и глубиной деструкции.

Гистероскопические признаки атипической гиперплазии эндометрия в виде утолщенной, неравномерно складчатой поверхности слизистой оболочки матки, с наличием мягких разрастаний с неровными контурами, распространяющимися в устья маточных труб и с выраженным сосудистым рисунком, обусловили преобладающее использование методики коагуляции, обеспечивающей наиболее равномерное удаление эндометрия (рис. 1).

Деструкция эндометрия методом вапоризации в резекционном режиме и коагуляция шаровым электродом при мощности тока 80–120 Вт выполнена у 12 пациенток со следующей патологией эндометрия: у 9 женщин с атипической гиперплазией эндометрия и у 3 женщин с начальным раком эндометрия IA стадии (рис. 2,3).

Продолжительность операции в каждом исследованном случае варьировала от 30 до 55 минут. Время, необходимое для разрушения эндометрия, зависело не только от размеров зоны распространения по стенкам полости матки и, соответственно, от величины обрабатываемой поверхности, но и от характера патологии эндометрия, что также определяло скорость движения электрода. Наиболее длительными были

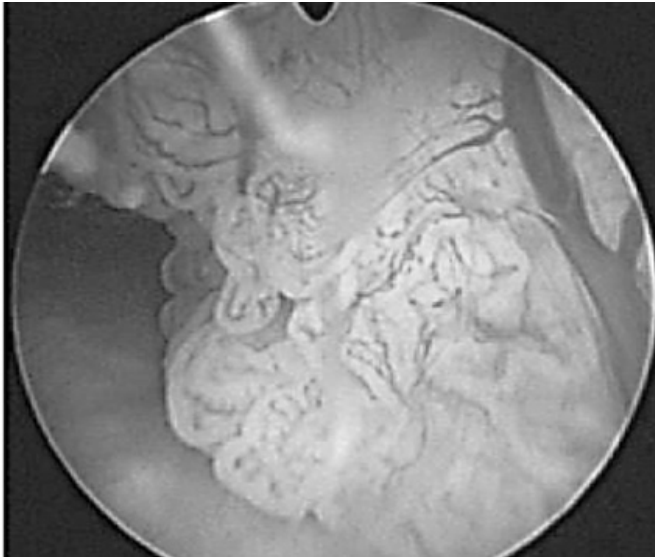


Рис. 1. Рак эндометрия при гистерорезектоскопии



Рис. 2. Резекция рака эндометрия IA стадии

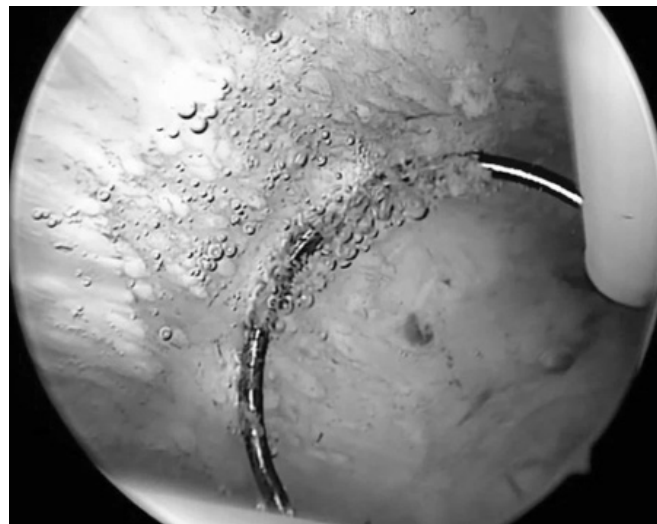


Рис. 3. Резекция рака эндометрия IA стадии

операции по разрушению неподготовленного эндометрия. В подавляющем большинстве случаев мы имеем дело с женщинами с атипической гиперплазией эндометрия ( $n=5$ ), которым предоперационное внутриматочное выскабливание не проводилось. В таких случаях эндометрий оставался толстым, складчатым, устья маточных труб часто не визуализировались из-за отека слизистой оболочки матки, что требовало более длительного электрохирургического лечения.

Следует отметить, что скорость прохождения электрода по внутренней поверхности матки не фикси-

ровалась (в среднем 3–4 мм/сек), являясь субъективным параметром.

Выбранная скорость движения активного электрода определялась изменением цвета и внешнего вида эндометрия. Ткани, подвергнутые электродеструкции, приобретали характерную желто-коричневую окраску и теряли мягкую структуру.

После гистерорезектоскопической абляции эндометрия все исследуемые пациентки находились в стационаре под нашим наблюдением в течение 4 часов.

В связи с риском развития септических осложнений в послеоперационном периоде всем женщинам с профилактической целью назначали противовоспалительную терапию сроком на 7 дней. При выписке из стационара всем пациенткам проводили УЗИ органов малого таза, обращая внимание на состояние матки и наличие остаточной жидкости в полости матки. УЗИ позволило исключить гематому, обусловленную стенозом внутреннего шейного отверстия, при электрохирургическом лечении области перешейка. Адювантная гормональная терапия не назначалась.

В дальнейшем ультразвуковой контроль проводили регулярно 1 раз в месяц в течение 3 месяцев, затем 1 раз в 3 месяца, а в дальнейшем, при отсутствии данных за рецидив заболевания, 1 раз в 6 месяцев в течение 2 лет.

При УЗИ, проводимом как трансабдоминально, так и трансвагинально, оценивали следующие показатели: длину тела матки, переднезадний размер, размер м-эхо, структуру и расположение участков эндометрия, при их наличии, облитерация полости матки за счет образования синехий, а также размеров и строения яичников.

В случае увеличения м-эхо по данным УЗИ более чем на 4 мм через 6 месяцев после операции (когда пришло время отторжения корки коагуляции) выполняли аспирационную биопсию эндометрия. Через 6 месяцев с момента абляции всем пациенткам была выполнена контрольная гистероскопия с прицельной биопсией эндометрия для определения состояния внутренней поверхности полости матки.

## Выводы

1. Абляция эндометрия показана при доброкачественных заболеваниях эндометрия, предра-

ковых состояниях и раке тела матки в ранней стадии (IA) у пациенток в пре- и постменопаузе, у которых выявляется неэффективность, резистентность или противопоказания к гормональной терапии или радикальному хирургическому лечению в связи с тяжелой экстрагенитальной патологией (ожирение, сахарный диабет и др.). Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать абляцию эндометрия как альтернативу классическим методам лечения (заместительная гормональная терапия и иссечение матки с придатками) у пациенток с атипичской гиперплазией эндометрия и ранними стадиями рака эндометрия.

2. Для повышения эффективности эндоскопической операции и предупреждения значительной интравазации интерстициальной жидкости абляцию следует проводить в I фазу менструального цикла (9–10-е сутки).
3. Наиболее эффективными являются режимы резекции и вапоризации. Вапоризация является наиболее безопасным способом абляции эндометрия, так как исключает кровотечение и перфорацию стенки матки.
4. Гистологическое исследование оперативных отделов вскоре после абляции показало большую глубину некроза при электродеструкции эндометрия в режимах вапоризации и резекции. Поэтому глубина некроза тканей при вапоризации составляла 0,4–1 см, а при коагуляции — до 0,4 см.
5. Абляция противопоказана в следующих случаях: инвазивный рак эндометрия и выраженная органическая патология эндометрия (миома матки более 12 недель, аденомиоз II–III степени).
6. Повышение эффективности эндоскопической хирургии (95%) зависит от эффективности диагностического этапа и выбора адекватного метода абляции (коагуляция, резекция, вапоризация).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бохман Я.В. Руководство по онкогинекологии. «Медицина», Л. с. 464.
2. Al Hilli, M.M. Hopkins, M.R. Famuyide Endometrial cancer after endometrial ablation: systematic review of medical literature. J Minim Invasive Gynecol. 2011; 18: 393–400
3. Duckitt K. Managing perimenopausal menorrhagia. Maturitas. 2010; 66: 251–256
4. Cromwell D.A., Mahmood T.A., Templeton A. van der Meulen J.H. Surgery for menorrhagia within English regions: variation in rates of endometrial ablation and hysterectomy. BJOG. 2009; 116: 1373–1379
5. Cancer Registru IMSP IO
6. McCausland A.M., McCausland V.M. Long-term complications of endometrial ablation: cause, diagnosis, treatment, and prevention. J Minim Invasive Gynecol. 2007; 14: 399–406
7. National Comprehensive Cancer Network Practice Guidelines in Oncology Uterine neoplasms, version 1.2014. J Natl Compr Canc Netw. 2014; 12: 248–280
8. Huang G.S. Gebb, J.S. Einstein M.H. et al. Accuracy of preoperative endometrial sampling for the detection of high-grade endometrial tumors. Am J Obstet Gynecol. 2007; 196: 243.e1–243.e5



9. Svirsky R., Smorgick N., Rozowski U. et al. Can we rely on blind endometrial biopsy for detection of focal intrauterine pathology? *Am J Obstet Gynecol.* 2008; 199: 115.e1–115.e3
10. Steed H.L., Scott J.Z. Adenocarcinoma diagnosed at endometrial ablation. *Obstet Gynecol.* 2001; 97: 837–839
11. Morelli M., Rocca M.L., Mocciano R. et al. Sonographic findings in postmenopausal women with a prior endometrial ablation: interpretation and management of women with endometrial thickening and bleeding. *J Minim Invasive Gynecol.* 2015; 22: 489–494

---

© Трипак Ирина Евгеньевна ( i\_iacovlev@yahoo.com ), Стратан Валентина Георгиевна,  
Цуцьяну Валерий Григорьевич, Сытник Виктор Юрьевич,  
Добровольская Алена Викторовна, Мишина Анна Евгеньевна.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СОСТОЯНИЕ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19 В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

## STATE OF CANCER CARE IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

**T. Khutiev**  
**U. Beslekoev**  
**B. Naniev**  
**N. Khutieva**  
**I. Khutieva**

*Summary.* The article presents an analysis of the state of treatment, diagnostic and preventive care for malignant neoplasms before and during the Covid-19 pandemic (2019–2020) in the Republic of North Ossetia-Alania (RNO-Alania). It was noted that against the background of the average annual decline in the population of 1806 people from 2016–2019, in 2020 (during the pandemic Covid — 19) the population decline was 3080 people, which is 1.7 times (by 41.36%) more. The number of patients diagnosed for the first time with malignant neoplasms in 2020 was 1.19 times (18.9%) lower than in 2019, and the number of deaths was 1.06 times (6.5%) lower than in 2019. The Covid — 19 pandemic is not a reason to suspend primary and secondary cancer prevention, early diagnosis (screening) and timely treatment of patients with tumor diseases.

*Keywords:* cancer, incidence, mortality, screening, Covid-19.

**Хутиев Цара Сардионович**

Доктор мед. наук, профессор, Северо-Осетинская государственная медицинская академия  
 Tsarokh@mail.ru

**Беслекоев Урузмаг Соломонович**

Кандидат мед. наук, доцент, Северо-Осетинская государственная медицинская академия  
 Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

**Наниев Батраз Леонидович**

Кандидат мед. наук, Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, Владикавказ

Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

**Хутиева Надежда Цараевна**

Кандидат мед. наук, Северо-Осетинская государственная медицинская академия  
 Tsarokh@mail.ru

**Хутиева Ирина Константиновна**

Кандидат мед. наук, врач акушер-гинеколог Пригородная ЦРБ; Северо-Осетинская государственная медицинская академия  
 Tsarokh@mail.ru

*Аннотация.* Представлен анализ состояния лечебно-диагностической и профилактической помощи при злокачественных новообразованиях до и в период пандемии Covid-19 (2019–2020 гг) в Республике Северная Осетия-Алания (РСО-Алания). Отмечено, что на фоне среднегодового снижения численности населения в 1806 человек с 2016–2019 гг., в 2020 г. (в период пандемии Covid — 19) убыль населения составила 3080 человек, что в 1,7 раз (на 41,36%) больше. Количество больных, диагностированных впервые с злокачественными новообразованиями в 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилось в 1,19 раз (на 18,9%), а число случаев смерти в 1,06 раз (на 6,5%). Пандемия Covid — 19 не повод для приостановки первичной и вторичной профилактики рака, ранней диагностики (скрининга) и своевременного лечения больных с опухолевыми заболеваниями.

*Ключевые слова:* рак, заболеваемость, смертность, скрининг, Covid-19.

## Введение

**П**андемия Covid-19 привела к небывалому кризису не только в системе здравоохранения, но и в общественной жизни всех, без исключения, стран мира. Не будет преувеличением отметить, что ни в каком историческом периоде жизни людей в прошлом, даже в эпидемии более опасных, чем пандемия коронавирусной инфекции, мировое сообще-

ство не испытывало такого стресса, находилось в состоянии такой тревоги и панического страха смерти, как в период пандемии Covid — 19. Пандемия коронавирусной инфекции не только обострила известные всем и лежащие на поверхности проблемы здравоохранения республики и России в целом, но и вскрыла ряд новых медицинских и даже не медицинских (политических) проблем не только на федеральном, но и мировом уровнях.

В заявлении директора Европейского регионального сектора ВОЗ д-ра Hans Henri P. Kluge (4.02.2021 г., Дания) сказано, что среди множества угроз, связанных с пандемией Covid — 19, есть угроза эпидемии рака и мы не должны ее игнорировать. Для стран Европейского региона ВОЗ обеспечение непрерывной онкологической помощи в условиях борьбы с Covid — 19 стало невероятно сложной задачей. Ситуации с злокачественными новообразованиями в период пандемии коронавирусной инфекции часто называют «смертельной взаимозависимостью». Карантин, локдаун и огромная нагрузка на системы здравоохранения, занятые борьбой с Covid — 19 нарушили существующие порядок и принципы оказания онкологической помощи по всему Европейскому региону, привели к значительной задержке постановки диагноза и начала лечения, что прямо сказывается на шансах излечиться и на выживаемость сотен тысяч больных.

Первый анализ о важнейших факторах риска тяжелого течения коронавирусной инфекции и смерти от ее осложнений у пациентов с онкологическими заболеваниями и принимавших активную химию и лучевую терапию, был представлен китайскими авторами (Liang W и соав.) [14].

Международным центром по борьбе с Covid-19 (Center for Disease Control and Prevention, CDC) также были выделены факторы высокого риска заражения коронавирусной инфекцией, тяжелого течения и смерти: возраст старше 65 лет, ожирение ( $\geq 40$ кг), наличие сахарного диабета, хронических заболеваний сердца, почек, печени, онкологические заболевания и пациенты, получающие специфическое противоопухолевое лечение [9,16].

В рекомендациях ESMO (Европейское общество медицинской онкологии) в группу высокого риска инфицирования и развития тяжелых осложнений Covid-19 отнесены пациенты, получающие химию и лучевую терапию или получившие терапию в течение последних 3 месяцев; перенесшие трансплантацию костного мозга в последние 6 месяцев, а также те, кто получает иммуносупрессивную терапию и пациенты с онкологическими заболеваниями [10,15].

Высокий риск заражения, развитие тяжелых осложнений и смерти от коронавирусной инфекции у онкологических пациентов связаны прежде всего за счет иммунодепрессии на фоне основного заболевания и активного противоопухолевого лечения [7,11]. В крупном популяционном анализе онкологов Великобритании ([www.thelancet.com/oncology](http://www.thelancet.com/oncology)), убедительно доказано, что риск смерти от новой коронавирусной инфекции в 2 раза выше у больных, получающих хими-

отерапию, в независимости от возраста, пола и локализации опухоли.

Американское общество клинической онкологии (ASCO) рекомендует отложить любые посещения клиники, проводить скрининги и диагностические процедуры по поводу рака, если это отсрочка не угрожает прогрессированием или ухудшением прогноза заболевания [12].

И.В. Колядина считает, что инфицирование Covid — 19 не является абсолютно фатальной для онкологических больных. Однако крайне важно своевременная диагностика коронавирусной инфекции с использованием всего комплекса диагностических приемов, включая ПЦР — тестирование и КТ легких и рекомендует госпитализации в инфекционный стационар для получения максимально эффективного лечения [3,4].

По данным Clovis Klock, Julia Cristhina et al. Диагностика некоторых видов злокачественных новообразований, количество биопсии и оперативных вмешательств в 2020 году по сравнению с 2019 г. снизились, что может быть связано с закрытием диагностических центров, отделении больниц, а также страхом перед пациентами, обращающимися за медицинской помощью [13].

Фебрильная нейтропения (ФН), как осложнение химиотерапии, является фактором высокого риска не только для заражения Covid-19, но и тяжелого течения заболевания и риска смерти от инфекции. Поэтому онкологические сообщества за рубежом рекомендуют в период пандемии профилактику ФН гранулоцитарными и колониестимулирующими факторами (Г-КСФ) [2].

Эксперты Российского общества клинической онкологии (Russco) также относят онкологических пациентов и получающих химиотерапию в группу высокого риска по тяжёлому течению Covid-19 и поддерживают расширение показаний для профилактического назначения Г-КСФ для пациентов с риском ФН более 10%, а также рекомендуют проведение профилактической антибиотикотерапии [5].

По данным Кобяковой О.С. и соав. в 2020 году по сравнению с 2019 годом выявляемость больных в ранних стадиях (I — II стадиях) снизилась, снизилась также смертность, одногодичная летальность и вырос удельный вес больных, состоящих на учете 5 лет и более [2].

На 19 ноября 2020 г. количество инфицированных Covid-19 в мире составило 56341231 человек, из которых у 1351237 (2,04%) причиной смерти был вирус. На 19 ноября 2020 г. ковидинфицированных в России

насчитывалось 1991998 человек, из которых умерли от вируса 34387 (1,73%) больных [2].

На 1 августа 2022 г. по данным ковид-центра республики в мире официально зарегистрировано 577млн. ковидинфицированных больных, из которых умерло 6,4млн. (1,11%). В России на 1 августа 2022 г. количество больных выявленных с Covid-19 составило 18,3млн., а умерло 375тыс. (2,05%), что в 1,84 раз (на 45,58%) больше, чем в мире. В РСО-Алания на этот период времени количество ковидинфицированных больных составило 41151 (5,91%) населения и умерло 1255 (3,05%), что в 2,75 раз (на 63,6%) больше, чем в мире и 1,49 раз (на32,79%) больше, чем в России.

Из вышеизложенного следует, что пандемия Covid-19 существенно изменила тактику ведения пациентов с онкологическими заболеваниями. Карантин не только задерживает постановку диагноза, но и начало лечения и проведение его в адекватном варианте. Что больные раком находятся в группе риска тяжелого течения и смерти от коронавирусной инфекции. Влияние и последствия этой инфекции у больных раком прогнозировать весьма сложно. В этой связи анализ состояния онкологической помощи больным с опухолевыми заболеваниями в Республике представляет определенный интерес.

Цель исследования: изучить состояние онкологической помощи и пути ее совершенствования при злокачественных новообразованиях в период пандемии Covid — 19 в республике.

Материал и методы. Использованы данные форм государственной статистической отчетности Республиканского онкологического диспансера (РОД): № 7 "Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями"; № 5 (Таблица С51) "Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти"; Таблица 4 РН Численность населения по полу и возрасту по ГОССТАТ республики. Флюорографические исследования населения с 2015–2020 гг. по данным поликлиники № 7, данные профилактических цитологических исследований населения централизованной цитологической лаборатории РОД, данные ковид-центра Республики. Анализ полученных данных и сопоставление их друг с другом до и в период пандемии Covid — 19. Обработка данных с помощью программы Microsoft Office Excel 2014 и результаты представлены в абсолютных цифрах, процентах, грубых и стандартизованных показателях.

### Результаты исследования

Мы проанализировали и дали сравнительную оценку показателям лечебно-диагностической и про-

филактической помощи при злокачественных новообразованиях до и в период пандемии Covid-19в Республике. Численность населения Республики в 2019 году (698047 человек) по сравнению с 2015 годом (705270) снизилась в 1,01 раза на 7223 (1,03%) и составляет в среднем 1806 человек в год. Население 2020 г. (694967) по сравнению с 2019 г. снизилось в 1,004 раза на 3080 (0,44%) человек, что в 1,7 раза (на 41,36%) больше среднегодового показателя (2016–2019гг). Убыль населения в основном за счёт возрастных групп: 0–4 лет и 15–29 лет (13,8%), 45–59 лет (4,0%), 75–79 лет (20%) и 85–89 лет (2,1%). В возрастных группах: 5–14 лет, 30–44 лет, 60–74 лет, 80–84 лет и 90–100 лет и более отмечен прирост населения. Абсолютное число первично выявленных случаев рака в 2019 г. (2346 больных) по сравнению с 2015 г. (2314) выросло в 1,01 раза на 32 (1,38%), число диагностированных случаев рака 2020 г. (1974) по сравнению с 2019 г. (2346) снизилось в 1,19 раза на 372 (18,84%). Из 2346 больных раком (2019 г.) мужчины составили 1044 (44,50%) и женщины — 1302 (55,50%). «Грубый» показатель заболеваемости у мужчин и женщин составили 336,08 и стандартизованный — 206,38 на 100 тыс. населения. У мужчин эти показатели — 332,81 и 231,23, а у женщин — 347,54 и 195,27 на 100 тыс. населения соответствующего пола соответственно. Число случаев смерти у мужчин и женщин составило 1048 больных. Мужчин — 544 (51,9%) и женщин — 504 (48,1%). Индекс достоверности учета (ИДУ) составил 0,4. ИДУ- отношение числа умерших к числу заболевших, является одним из наиболее правдивых показателей оценки состояния онкологической помощи населению [6] и по величине делится на 3 уровня:

1. Высокий уровень ИДУ — 0,7>
2. Средний уровень ИДУ — 0,5–0,69
3. Низкий уровень ИДУ — < 0,5.

«Грубый» показатель смертности у мужчин и женщин составил 150,13 и стандартизованный 85,02 на 100 тыс. населения. У мужчин — 168,21 и 117,25, а у женщин — 134,53 и 65,66 на 100 тыс. населения соответствующего пола соответственно. Опухоль активно выявлена у 482 (22,61%) случаев. Диагноз морфологически верифицирован у 2262 (96,75%) больных. Одногодичная летальность составила 969 (4,96%), а летальность на первом году с момента установления диагноза 482 (23,47%). Количество пациентов, состоящих на диспансерном учете 5 лет и более 9884 (58,16%). В I стадии опухоль выявлена у 650 (27,8%) больных, II стадии — 592 (25,32%), III — 427 (18,26%) и IV стадии — 529 (22,63%). Стадия не установлена у 140 (6,0%) пациентов. Радикальное лечение в течение года выполнено у 1133 (48,46%) больных. Только хирургическое лечение — 444 (39,19%), только лучевое — 158 (13,95%) и только лекарственное — 34 (3,0%). Комбинированное или комплексное лечение

в течение года проведено у 482 (42,54%) и химио-лучевое лечение у 15 (1,32%) больных.

Анализ данных флюорографии лёгких в 2019 г. по поликлинике № 7 свидетельствует, что из 37984 пациентов патологии выявлены у 23904 (62,93%), из которых РЛ — 7 (0,03%), подозрение на РЛ — 12 (0,05%), туберкулез легких (активной фазы) — 7 (0,03%), саркаидоз — 10 (0,04%), бронхиты — 14681 (61,42%), пневмосклерозы и ограниченные фиброзы 9159 (38,31%), плевриты — 5 (0,02%), пневмотораксы — 2 (0,008%), пневмонии бактериального происхождения — 21 (0,09%), вирусные (Covid-19) пневмонии — не была.

Центральной цитологической лабораторией (РОД) в 2019 г. были проведены профилактические исследования из патологических выделений, пунктатов, мазков отпечатков у 79871 пациента. Из них у 427 (0,53%) выявлено: рак разной локализации — 8 (1,87%), подозрения на рак — 13 (3,0%), дисплазия (Д) II ст. — 269 (63,0%) и дисплазия (Д) III ст. — 137 (32,1%).

В 2020 г. (период пандемии Covid-19) злокачественные опухоли в республике диагностированы у 1974 больных. Мужчин было 900 (45,6%) и женщин — 1074 (54,4%). «Грубый» показатель заболеваемости у мужчин и женщин составил 284,0 и стандартизованный — 174,7 на 100 тыс. населения. У мужчин этот показатель — 279,4 и 198,0, а у женщин — 288,0 и 163,7 соответственно. Число случаев смерти составило 984. ИДУ- 0,5. Мужчин было 508 (51,6%) и женщин — 476 (48,4%). «Грубый» показатель смертности у мужчин и женщин составил 141,6 и стандартизованный — 79,9 на 100 тыс. населения. У мужчин этот показатель — 157,7 и 106,9, а у женщин — 127,7 и 63,9 соответственно. Активное выявление больных с опухолью составило 440 (24,33%). Диагноз морфологически верифицирован у 1898 (96,15%) пациентов. Одногодичная летальность составила 866 (4,56%), а летальность на первом году с момента установления диагноза 453 (21,25%). Число больных, состоящих на диспансерном учете 5 лет и более — 10412 (59,64%). В I стадии опухоль выявлена у 486 (24,62%) случаев, — 577 (29,23%), — 306 (15,5%) и II стадии — 478 (24,21%). Стадия не установлена у 127 (6,4%) пациентов. Радикальное лечение в течение года проведено у 950 (48,79%) больных. Только хирургическое — 369 (38,84%), только лучевое — 105 (11,05%), только лекарственное — 18 (1,89%), комбинированное или комплексное — 447 (47,05%) и химиолучевое — 11 (1,16%) случаев.

В 2020 г. в поликлинике № 7 флюорографии легких выполнено у 32962, среди которых различные заболевания обнаружены у 20095 (60,96%). Из них РЛ — 5 (0,02%), подозрение на РЛ — 8 (0,04%), туберкулез легких — 8 (0,04%), саркоидоз — 6 (0,03%), бронхи-

ты — 11428 (56,87%), пневмосклероз и ограниченный фиброз — 8451 (42,05%), плевриты — 6 (0,03%), пневмотораксы — 4 (0,02%), пневмония бактериального происхождения — 18 (0,09%) и вирусного (Covid-19) пневмонии — 161 (0,8%).

В 2020 г. профилактические цитологические исследования проведены из патологических выделений, пунктатов, мазков отпечатков у 38 912 пациентов. Из них у 183 (0,47%) выявлено: рак — 4 (2,19%), подозрения на рак — 3 (1,64%), Д II — 107 (58,47%) и Д III — 69 (37,7%).

В 2020 г. из-за вспышки коронавирусной инфекции в онкоурологическом и гематологическом отделениях РОД закрывался дважды. Количество ковидинфицированных онкологических больных составило 147 пациентов, а с 2021 по 31.07.2022 г. достигло до 206 человек и выросло в 1,41 раза на 59 (28,65%) больных.

Следует отметить, что проблем, связанных с Covid-19 в Республике, впрочем как и везде в РФ не мало, главными из которых являются: дефицит инфекционных коек и специалистов-инфекционистов; реаниматологов; отсутствие специфического надежного, особенно в начальном периоде пандемии, медикаментозного лечения коронавирусной инфекции; дефицит кислорода в ковид-госпиталях из-за отсутствия его производства в Республике (например, в ковид-госпитале на базе Ардонской центральной районной больницы); серьезная авария в системе снабжения кислородом в ковид-госпитале на базе Клинической больницы скорой медицинской помощи в г. Владикавказ с экстренным переводом больных в ковид-госпиталь Республиканской клинической больницы; отсутствие мобильных и стационарных (в поликлиниках, больницах) цифровых высокоинформативных флюорографов для диагностики вирусных пневмонии на местах и т.д.

## Обсуждение

Итак, на фоне снижения численности населения Республики на 1,03% с 2016 по 2019 г. отмечен рост числа случаев рака на 1,45%. В 2020 году (период пандемии Covid-19) диагностика злокачественных опухолей по сравнению с 2019 г. снизилась в 1,19 раза на 372 (18,84%), у мужчин на 144 (16,0%) и женщин — 228 (21,23%). «Грубый» показатель заболеваемости у мужчин и женщин снизился в 1,18 раза (на 18,34%) и стандартизованный — в 1,18 раза (18,13%). У мужчин снижение по «грубому» показателю в 1,19 раза (на 19,11%), а по стандартизованному в 1,17 раза (на 16,77%). У женщин снижение по «грубому» показателю в 1,21 раза (на 20,66%) и стандартизованному в 1,19 раза (на 19,30%) соответственно.

Таблица 1. Продолжительность жизни больных по данным канцер-регистра 2004–2018 гг. (%)

I ст — 425 (2,99)	До 9 мес. 16,0	1 г. 22,12	2 г. 13,41	3 г. 9,65	4 г. 8,0	5лет 7,53	6лет 4,24	7лет 4,0	8лет 4,24	9лет 2,12	10лет 2,35	>10 6,35
II ст — 3445 (24,25)	27,41	25,31	13,27	8,3	6,5	4,82	3,57	3,08	2,06	1,42	1,34	2,9
III ст — 4383 (30,85)	42,58	26,99	10,86	6,23	3,74	2,9	1,89	1,44	1,25	0,68	0,34	1,12
IV ст — 5955 (41,91)	70,91	16,66	4,85	2,64	1,65	1,06	0,65	0,57	0,39	0,22	0,12	0,29
В среднем	39,22	22,77	10,60	6,7	4,97	4,08	2,59	2,27	1,98	1,11	1,04	2,67
14208 (100)	Менее 5 лет — 84,26					5–10лет — 15,74%						

Количество смертных случаев в 2020 году по сравнению с 2019 годом снизилось в 1,06 раз на 64 (6,11%). ИДУ вырос на 0,1 и характеризует снижение уровня учета и качества оказания онкологической помощи больным. «Грубый» показатель смертности у мужчин и женщин снизился в 1,06 раза (на 6,02%) и стандартизованный показатель в 1,06 раза (на 6,41%). У мужчин «грубый» показатель смертности снизился в 1,07 раза (на 6,66%) и стандартизованный — 1,1 раза (на 9,68%). У женщин этот показатель снизился в 1,05 раза (на 5,35%) и 1,03 раза (на 2,75%) соответственно. Активная выявляемость больных с опухолями снизилась в 1,1 раза на 42 (9,54%), а морфологическая верификация диагноза в 1,19 раза на 364 (19,18%). Одногодичная летальность снизилась в 1,12 раза на 103 (11,89%), а летальность на первом году с момента установления диагноза в 1,06 раза на 29 (6,4%). Количество пациентов, наблюдавших 5 лет и более выросло в 1,05 раза на 528 (5,07%). Выявляемость больных в I стадии заболевания снизилась в 1,34 раза на 164 (33,74%), и II — в 1,03 раза на 15 (2,6%). Аналогичные данные приводит Кобякова О.С. и соав. [2]. Снижение показателя III стадии — в 1,39 раза на 121 (39,54%) и IV стадии в 1,11 раза на 51 (10,67%). Число не установленных стадии опухоли снизилось в 1,10 раза на 13 (10,24%). Показатели радикального лечения в течение года снизились в 1,19 раза на 183 (19,26%), только хирургического лечения в 1,2 раза на 75 (20,23%), только лучевого в 1,5 раза на 53 (50,48%) и только лекарственного лечение в 1,89 раза на 16 (88,89%). Число больных, получивших комбинированное или комплексное лечение, сократилось в 1,08 раза на 35 (7,83%), а химиолучевое лечение в 1,36 раза на 4 (36,36%).

Флюорография легких в 2020 г. по сравнению с 2019 г. по данным поликлинике № 7 снизилась в 1,15 раз (15,24%). Количество выявленных больных РЛ снизилась в 1,4 раза (на 40%), а подозрение на РЛ в 1,5 раза (на 50%). Вирусной (Covid-19) природы пневмонии составили 0,8%, бактериальной этиологии снизились в 1,17 раз (на 16,67%). Выявляемость туберкулеза лёгких выросла в 1,14 раз (на 12,5%). Количество бронхитов снизилось в 1,28 раз (на 28,47%), а пневмоклеро-

зов и ограниченных фиброзов в 1,08 раза (на 8,38%). Случаи соркоидоза сократились в 1,67 раз (на 66,67%). Число плевритов выросло в 1,2 раза (на 16,67%), а пневмотораксы в 2 раза (на 50%).

Число профилактических цитологических исследований 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилась в 2,05 раза (на 105,26%). Количество выявленных случаев рака сократилось в 2 раза (на 100%), подозрения на рак в 4,3 раза (на 333,3%), Д II — в 2,5 раза (на 151,4%) и Д III в 1,99 раз (на 98,55%).

Наш анализ канцер-регистра РОД (таблица 1) показал, что из 14208 больных со злокачественными новообразованиями в ранней I–II стадии было 3870 (27,24%) и III–IV стадии — 10338 (72,76%). В I стадии менее 5 лет прожили 69,18%, от 5 до 10 лет — 22,13% и 10 лет и более — 8,7% больных. II стадии менее 5 лет прожили — 80,79%, от 5 до 10 лет — 14,95% и 10 лет и более — 4,29% пациентов. В III стадии менее 5 лет прожили 90,4%, от 5 до 10 лет — 8,16% и 10 лет и более — 1,46% больных. В IV стадии менее 5 лет прожили 96,71%, от 5 до 10 лет — 3,01% и 10 лет и более — 0,29: больных. Итак, в общей сложности менее 5 лет прожили 84,26%, 5 лет и более — 15,74%.

### Заключение

В республике наметилась тенденция к снижению численности населения одной из причин, которой высокая смертность от рака. Среднегодовое снижение численности населения с 2016 по 2019 гг. составило 1806 человек, а в 2020 году (в период пандемии Covid — 19) население сократилось на 3080 человек, то есть в 1,7 раз (на 41,36%) больше. Абсолютное число диагностированных больных с злокачественными опухолями в 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилось в 1,19 раза (на 18,84%), а случаев смерти в 1,06 раз (на 6,11%). Активная выявляемость больных раком снизилась в 1,1 раза (на 9,54%), а показатель морфологической верификации диагноза в 1,19 раз на 364 (19,18%). Одногодичная летальность снизилась в 1,12 раз (на 11,89%),

а летальность на первом году с момента установления диагноза в 1,06 раз (на 6,4%). Количество наблюдаемых 5 лет и более больных выросло в 1,05 раза (на 5,07%). Выявляемость больных в I стадии заболевания снизилась в 1,33 раза (на 33,74%), II стадии в 1,03 раза (на 2,6%), III стадии в 1,39 раз (на 39,54%) и IV стадии в 1,11 раз (на 10,67%). Показатель радикального лечения больных снизился в 1,19 раз (на 19,26%), только хирургического лечения в 1,2 раз (на 20,33%), только лучевого в 1,5 раз (на 50,48%), только лекарственного лечения в 1,89 раз (на 88,89%). Количество больных, получивших комбинированное или комплексное лечение, снизилось в 1,08 раз (на 7,83%) и химиолучевое лечение в 1,36 раза (на 36,36%).

В 2020 г. поликлиника № 7 флюорографии легких по сравнению с 2019 г. снизились на 15,24%, больных РЛ на 40% и подозрение на РЛ на 50%. Коронавирусные пневмонии составили 0,8%, выявляемость туберкулеза

легких выросла на 12,5% за счет цифровой флюорографии, которую начали применять в 2020 г.

На 1 августа 2022 г. количество Covid-19 инфицированных в республике составляет 41151 (5,91%) населения, из них умерло 1255 (3,05%) человек, что в 1,5 раза (на 32,8%) больше, чем в России в целом и в 1,7 раза (на 63,6%) больше, чем в мире. Пандемия Covid-19, на наш взгляд, не факт для приостановки первичной и вторичной профилактики, ранней диагностики (скрининга) и своевременного лечения опухолевых заболеваний, но с безусловным соблюдением всех карантинных условий. Исключение составляют ковидинфицированные больные, тяжесть состояния которых по раку требует отсрочки профилактических, диагностических и лечебных процедур. В профилактике коронавирусной инфекции у онкологических больных значимая роль принадлежит активной иммуностимулирующей, общеукрепляющей и дезинтоксикационной терапии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Држевецкая К.С., Корженкова Г.П. Проведение скрининга рака молочной железы в условиях неблагоприятной эпидемиологической ситуации Covid-19. Исследования и практика в медицине 2021, т. 8. № 3. С. 34–44.
2. Кобякова О.С., Стародубов В.И., Маношкина Е.М., Ступок В.С. Роль пандемии новой коронавирусной инфекции в формировании динамики основных показателей федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями». Вопросы онкологии 2022. Том 68. № 2. С. 131–139.
3. Колядина Ирина Владимировна COVID-19 и рак молочной железы: о чем должен знать онколог? <https://rosoncology.ru/2020>.
4. Колядина И.В. Рак молочной железы и Covid-19: Уроки пандемии 2020.
5. Практические рекомендации Российского общества клинической онкологии по оказанию онкологической помощи в условиях пандемии Covid-19. 2020.
6. Мерабишвили В.М. Индекс достоверности учета — важнейший критерий объективной оценки деятельности онкологической службы для всех локализаций злокачественных новообразований, независимо от уровня летальности больных. Вопросы онкологии, 2019. Том 65. № 4. С. 510–515.
7. Сарибекян Э.К., Мамедов М.К. Взаимодействие онкологических заболеваний и коронавирусной инфекции. В кн. «Ведение пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями в условиях пандемии и карантина: междисциплинарный подход». М. 2020.
8. Хутиева Н.Ц., Хутиев Ц.С., Беслекоев У.С., Хутиева И.К., Наниев Б.Л. Выживаемость при злокачественных новообразованиях в республике Северная Осетия-Алания 2014–2018. Ж-л. Аллергология и иммунология. 2021. Том 22. № 1. С. 43–44.
9. ASCO Global Webinar Series: Cancer Care Experiences and Lessons During the COVID-19 Pandemic. April 14, 2020.
10. ESMO management and treatment, adapted recommendation in the Covid-19 era: breast cancer 2020.
11. Dail M, Liu D, Liu M, Zhou F, Li G, Chen Z, et al. Patients with Cancer Appear More Vulnerable to SARS-Cov-2; Multicenter Study during the COVID-19 Outbreak. *Cancer Discov.* 2020 Jun; 10(6): 783–791. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-20-0422>.
12. London J.W. et al. Effects of the COVID-19 pandemic on cancer-related patient encounters. *JCO Clinical Cancer Inform*, 2020.
13. Klock Clovis, Julia Cristhina Monteiro, Borges, Giuliano Santes, OGATA, Daniel Cury. Влияние пандемии covid-19 на диагностику рака в патологоанатомической службе на юге Бразилия. *Revista Cientifica Multidis-cliplinar Nucl do Conhecimento*. Vol. 14. С. 182–190.
14. Lianq W, Guan W, Chen R, Wanq W, Li J, Xu K, et al. Cancer patients in SARS-Covid-2 infection: a nationwide analysis in China. *Lancet Oncol.* 2020 Mar; 21(3): 335–357 [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30096-6](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30096-6)
15. Miyachita H, Mikati T, Chopra N, Yamada T, Chernyavsky S, Risk D, Cruz C. Do Patients with Cancer Have a Poorer Prognosis of COVID? An Experience in New York City. *Annals of Oncology.* 2020 doi: <https://doi.org/10.1016/i.annonc.2020.04.006>.
16. Zhanq J, Wanq X, Li J, Hu K, Chen G, et al. Risk factors for disease severity, unimprovement, and mortality in COVID-19 patients in Wuhan, China. *Clin Microbiol infect* 2020 Jun-26(6):767–30222. <https://doi.org/10.1016/icmi.2020.04.012>.

© Хутиев Цара Сардионович (Tsarokh@mail.ru), Беслекоев Урузмаг Соломонович (Kafedrakhirurgii0101@mail.ru),

Наниев Батраз Леонидович (Kafedrakhirurgii0101@mail.ru), Хутиева Надежда Цараевна (Tsarokh@mail.ru),

Хутиева Ирина Константиновна (Tsarokh@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## РАК ЛЕГКОГО И COVID-19: СОСТОЯНИЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

### LUNG CANCER AND COVID-19: THE STATE OF TREATMENT, DIAGNOSTIC AND PREVENTIVE CARE IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

**N. Khutieva**  
**T. Khutiev**  
**U. Beslekov**  
**I. Khutieva**  
**B. Naniev**

*Summary.* The article deals with the problems of lung cancer and Covid-19. The separate attention is given to the diagnostics and treatment of the disease. The separate emphasis is made on the prophylactic help to the patients with lung cancer in the republic of North Ossetia-Alania before and during the Covid-19 pandemic. The problem of low indices of active detection of lung cancer, which are directly connected with the low diagnostic capabilities of film fluorography and absence of mobile high-informative low-dose digital fluorographs in polyclinics of the Republic, were outlined. Proposals and recommendations for early diagnostics of lung cancer and timely treatment start of patients are formulated.

*Keywords:* lung cancer, diagnosis, prevention, treatment, Covid-19, Republic of North Ossetia-Alania.

**Хутиева Надежда Цараевна**

Кандидат мед. наук, Северо-Осетинская  
государственная медицинская академия  
Tsarokh@mail.ru

**Хутиев Цара Сардионович**

Доктор мед. наук, профессор, Северо-Осетинская  
государственная медицинская академия  
Tsarokh@mail.ru

**Беслекоев Урузмаг Соломонович**

Кандидат мед. наук, доцент, Северо-Осетинская  
государственная медицинская академия  
Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

**Хутиева Ирина Константиновна**

Кандидат мед. наук, врач акушер-гинеколог  
Пригородная ЦРБ; Северо-Осетинская государственная  
медицинская академия  
Tsarokh@mail.ru

**Наниев Батраз Леонидович**

Кандидат мед. наук, Северо-Осетинская  
государственная медицинская академия  
Владикавказ  
Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются проблемы рака легкого и Covid-19. Отдельное внимание уделено диагностике и лечению болезни. Также отдельный акцент сделан на профилактической помощи больным с раком легким в республике Северная Осетия-Алания до и в период пандемии Covid-19. Обозначены проблемы низких показателей активной выявляемости рака легких, которые имеют непосредственную связь с низкими диагностическими возможностями пленочной флюорографии и отсутствием мобильных высокоинформативных низкодозных цифровых флюорографов в поликлиниках Республики. Сформулированы предложения и рекомендации для ранней диагностики рака легких и своевременного начала лечения больных.

*Ключевые слова:* рак легких, диагностика, профилактика, лечение, Covid-19, Республика Северная Осетия-Алания.

**Р**ак легкого (РЛ) в структуре заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований стабильно занимает лидирующее положение в России и во многих экономически развитых странах мира и является не только медицинской, но и социальной проблемой. По распространенности

он уступает только раку молочной железы и составляет 2,2млн. (11,4%) в структуре всех впервые выявленных злокачественных новообразований. А по летальности РЛ стоит на первом месте — 1,8млн. (18%) от общего числа случаев смерти от онкологической патологии. Пишет A Cancer Journal (2020 г.). Несмотря на давно раз-



работанных и внедренных в практическое здравоохранение скрининговых программ и достижений в области высокоинформативных методов инструментальной диагностики злокачественных опухолей, у подавляющего большинства пациентов РЛ диагностируется в запущенной стадии, когда шансы на излечение практически сводятся к минимуму [1,2,3,5,6,8].

Пандемия Covid-19 еще в большей степени снизила и без того низкий уровень состояния оказания лечебно-диагностической и профилактической помощи при РЛ не только в отдельно взятом регионе или России в целом, но и по всему миру. Выживаемость больных 5 лет и более в мире не превышает 20%. Карантин и социальная изоляция, связанные с коронавирусной инфекцией нарушили алгоритм диагностики и принципы оказания онкологической помощи больным РЛ. Приостановлено проведение скрининга РЛ, диспансеризация больных с предраковыми заболеваниями, снизилась возможность ранней диагностики и своевременное начало лечения больных и т.д. [9]. Lianq W. и соав. в феврале 2020 г. первыми сообщили о том, что у больных с опухолевыми заболеваниями и те, кто принимает химиотерапию более тяжелое течение и более высокий риск смерти от коронавирусной инфекции по сравнению с неопухолевыми заболеваниями [12]. Miyashita H. et al. в апреле 2020 г. сообщили, что у пациентов с злокачественными опухолями старше 65 лет риск тяжелого течения Covid-19 более высок, но без повышения риска смерти, а моложе 50 лет наоборот, более высокий риск смерти по сравнению с аналогичной группой без онкопатологии, что является следствием иммуносупрессии после активного лечения основного заболевания [16]. По данным других авторов летальность от коронавирусной инфекции увеличивается с возрастом (>60 лет), у пациентов с хроническими заболеваниями сердца, легких, печени, почек, сахарным диабетом, онкологической патологией и связана с иммунодепрессивным состоянием, вызванным этими хроническими заболеваниями раковой опухолью и противоопухолевой химио и лучевой терапией [10, 13, 14, 15]. Смертность ковидинфицированных больных зависит и от локализации опухоли. Garassino M.C, Whisenant J.G. Сообщают о повышенном риске смерти от Covid-19 у больных мелкоклеточном и немелкоклеточном раке легкого, мезотелиомой и нейроэндокринными заболеваниями легких [11].

Пандемия коронавирусной инфекции обнажила много, в том числе организационных проблем в оказании лечебно-диагностической и профилактической помощи при раке легкого в республике.

Нами проведен анализ состояния оказания онкологической помощи при раке легкого в республике

до и в период пандемии Covid-19. В 2019 г. до пандемии Covid-19 РЛ был диагностирован у 156 пациентов (6,6%) из всех вновь выявленных больных с злокачественными новообразованиями в республике. Мужчины составили 128 (82,05%) и женщины 28 (17,95%). Соотношение мужчины и женщины 4,6:1. «Грубый» показатель заболеваемости у мужчин и женщин составил 22,35 и стандартизованный (мировой стандарт) — 13,79 на 100000 населения. У мужчин «грубый» показатель заболеваемости — 39,58 и стандартизованный — 29,55 и у женщин — 7,47 и 3,37 соответственно. Количество случаев смерти от РЛ составило 158 человек мужчины — 125 (79,11%) и женщины — 33 (20,89%) соотношение мужчин и женщин 4,8:1. Индекс достоверности учета составил 1,01. ИДУ — один из наиболее правдивых показателей оценки состояния онкологической помощи населению. Различают три уровня оценки индекса: высокий уровень ИДУ — 0,7>. Средний уровень ИДУ — 0,5–0,69 и низкий уровень ИДУ < 0,5 [4]. «Грубый» показатель смертности от РЛ у мужчин и женщин составил 22,63 и стандартизованный — 13,52 на 100000 населения. У мужчин «грубый» показатель смертности — 38,65 и стандартизованный — 28,33 и у женщин — 8,81 и 3,76 соответственно.

Активная выявляемость больных РЛ составила всего 2 (1,28%). Морфологическая верификация диагноза у 143 (92,26%). Одногодичная летальность составила 143(23,75%) и летальность на первом году с момента установления диагноза — 95 (60,9%). На диспансерном учете 5 лет и более находилось 200 (51,15%) пациентов. В I стадии РЛ выявлен у 4 (2,58%), на II стадии — 16 (10,32%), III стадии — 53 (34,19%) и IV стадии — 82 (52,9%) больных. Радикальное лечение в течении года получили 31 (19,87%) больной, из них только хирургическое — 7(22,58%) и комбинированное или комплексное лечение 24 (77,42%).

В 2020 г. (период пандемии Covid-19) РЛ диагностирован у 122 пациентов (6,2%) из всех вновь выявленных опухолевых заболеваний, что в 1,27 раз на 34 (21,79%) меньше показателей 2019 г. Мужчины оставили 93 (76,23%) и женщин — 29 (23,77%). Соотношение мужчин и женщин 3,2: 1. «Грубый» показатель заболеваемости РЛ у мужчин и женщин составил 17,55 и стандартизованный 10,85 на 100000 населения, что в 1,27 раза (на 27,35%) по «грубым» и в 1,27 раза (27,1%) по стандартизованному показателю ниже, чем в 2019 году. У мужчин «грубый» показатель — 28,87 и стандартизованный — 20,98 на 100000 мужского населения, что в 1,37 раза (на 37,10%) и в 1,41 раза (на 40,85%) ниже показателей 2019 г. У женщин «грубый» показатель заболеваемости составил 7,78 и стандартизованный — 4,10 на 100000 женского населения, что в 1,04 раза (на 3,98%) по «грубому» и в 1,22 раза (на 17,8%) по стандартизованному показателю больше, чем в 2019.

Количество умерших больных составило 132 на 26 (16,46%) меньше. ИДУ вырос в 1,07 раз (на 6,78%) и соответствует 1,08, что демонстрирует снижение и без того низкий уровень состояния онкологической помощи больным РЛ в республике. Мужчины составили 107 и женщины 25. Соотношение мужчин и женщин 4,3:1. «Грубый» показатель смертности у мужчин и женщин составил 18,99 и стандартизованный –11,34 на 100000 населения, что в 1,19 раз (на 19,17%) по «грубому» и в 1,19 раз (на 19,22%) по стандартизованному ниже, чем показатели 2019 г. У мужчин «грубый» показатель смертности — 33,22 и стандартизованный — 23,45 на 100000 мужского населения, что в 1,16 раз (на 16,34%) по «грубому» и в 1,21 раз (на 20,81%) по стандартизованному ниже аналогичных показателей 2019 г. У женщин «грубый» показатель смертности 5,70 и стандартизованный –3,35 на 100000 женского населения, что в 1,31 раз (на 31,49%) по «грубому» и в 1,12 раз (на 12,24%) по стандартизованному показателю ниже показателей 2019 г.

Число активно выявленных РЛ в 2020 г. — 18 (15,79%) и выросло на 16 больных в 9 раз (на 88,89%) по сравнению в 2019 г. Ежегодное массовое флюорографическое обследование на рак легкого в 2020 г. не проводилось, а выявляемость 18 против 2 случаев РЛ в 2019 г. относится к пациентам, у которых было подозрение на Covid-19 или были ковидинфицированы и опухоль у них обнаружена компьютерной томографией. Одногодичная летальность составила 106 (20,54%) в 1,35 раза на 37 (25,87%) ниже, а летальность на первом году составила — 94 (60,26%) в 1,01 раза на 1(1,05%) ниже показателя 2019 г. Морфологическая верификация диагноза у 113 (94,95%), что в 1,26 раза на 30(21,0%) ниже показателя 2019 г. На диспансерном наблюдении 5 лет и более находилось 211 (52,62%), что в 1,05 раза на 11(5,21%) больше предшествующего года. В I стадии РЛ выявлен у 6 (5,04%) в 1,5 раза на 2 (33,33%) человек больше, II стадии — 23 (19,33%) в 1,44 раза на 7 (30,43%) больных больше, III стадии — 21 (17,65%) в 2,5 раза на 32(60,38%) больше и IV стадии — 69 (57,98%) в 1,19 раза на 13(15,85%) ниже показателей 2019 г. Ра-

дикальное лечение в течении года выполнено у 21 (17,65%) в 1,48 раза на 10 (32,26%) человек меньше, чем в 2019 г., только хирургическое — 6 (28,57%) в 1,17 раза на 1(14,28%) больной меньше и комбинированное или комплексное лечение у 15 (71,43%) в 1,6 раза на 9 (37,5%) меньше чем в 2019 г.

По нашим данным РЛ, выявляемость которого в подавляющем большинстве случаев в запущенной стадии, имеет самую высокую смертность среди других злокачественных новообразований. В течении первого года от РЛ умирает 89,3% больных, второго — 5%, третьего — 2,1%, четвертого — 1,1%, пятого — 0,9%, от 6 до 10 лет –1,3% и более 10 лет — 0,3%. Менее 5 лет прожили 97,5% и 5 лет и более 2,5% больных [7].

### Заключение

В 2020 г. (в период пандемии Covid-19) показатели заболеваемости и смертности при РЛ снизились по сравнению с 2019 г. Низкие показатели активной выявляемости РЛ имеют непосредственную связь с низкими диагностическими возможностями плечной флюорографии, и отсутствием мобильных высокоинформативных низкодозных цифровых флюорографов в поликлиниках Республики. Активная диагностика РЛ у 15,79% в 2020 г. является результатом КТ, проведенной у подозрительных на Covid-19 и ковидинфицированных больных, у которых опухоль была случайной находкой. Рост ИДУ до критического уровня (1,08) — показатель низкой лечебно диагностической и профилактической помощи при РЛ в республике.

Для республики необходимо иметь низкодозные высокоинформативные мобильные флюорографы для скрининга рака и туберкулез легких. Пандемия Covid-19, как нам представляется, не повод для прекращения скрининга РЛ, ранней его диагностики и своевременного начала лечения больных, с обязательным соблюдением всех карантинных условий. Исключение составляют больные с запущенной формой РЛ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Арсеньев А.И., Новиков С.Н., Канаев С.В., Барчук А.А., Антипов Ф.Е. Перспективы использования стерейотоксической лучевой терапии при первичных и олигометастатических опухолевых поражениях легких // Вопросы онкологии. 2021. Том 67. № 3. С. 323–331
2. Арсеньев А.И., Новиков С.Н., Канаев С.В. и соав. Стереотоксическая лучевая терапия и лечение ранних форм немелкоклеточного рака легкого // Вопросы онкологии. 2018. Том 64. № 5. С. 638–644.
3. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (Заболеваемость и смертность). Под редакцией А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой М.: МНИОИ им. П.А. Герцена-филиал ФГБУ «НМИЦ Радиологии» Минздрава России 2019.
4. Мерабишвили В.М. Индекс достоверности учета-важнейший критерии объективной оценки деятельности онкологической службы для всех локализаций злокачественных новообразований, независимо от уровня деятельности больных // Вопросы онкологии. 2019. Том 65, № 4. С. 510–515.

5. Мерабишвили В.М., Юркова Ю.П., Щербаков А.Н., Левченко Е.В., Барчук А.А., Кротов Н.Ф., Мерабишвили Э.Н. Рак легкого (с33,34). Заболеваемость, достоверность учета, локализационная и гистологическая структура (популяционное исследование) // Вопросы онкологии. 2021. Том 67. № 3. С. 361–367.
6. Мерабишвили В.Н., Юркова Ю.П., Левченко Е.В., Щербаков А.М., Кротов Н.Ф. Состояние онкологической помощи в России: Рак легкого, выживаемость больных (популяционное исследование на уровне федерального округа) // Вопросы онкологии. 2021. Том 67. № 4. С. 492–500.
7. Хутиев Ц.С., Беслекоев У.С., Хутиева Н.Ц., Хутиева И.К., Наниев Б.Л., Рак легкого: заболеваемость, смертность, выживаемость в Республике Северная Осетия-Алания в 2004–2019 гг. // Ж-Л: Аллергология и иммунология. 2021. Том 22. № 1. С. 42.
8. Bray F., Ferlay J., Soerjomataram L., Siegel R.L., Torre L.A., Jemal A. Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 2018; 68 (6): 394–424.
9. Saini KS, Taqliamento M, Lambertini M, McNally R, Romano M, Leone M, Curigliano G, de Azambuja E. Mortality in patients with cancer and coronavirus disease 2019: A systematic review and pooled analysis of 52 studies. Eur J Cancer. 2020 Sep 2. PMID: 32971510; PMCID: PMC7467090.
10. Zhang J., Whong X., Jia X., Li J., Hu K., Chen G., et al. Risk factors for disease severity, unimprovement, and mortality in Covid-19 patients in Wuhan, China. Clin Microbiol Infect. 2020 Jun 26 (6):767–30222.
11. Garassino M.C., Whisenant J.G., Huanq L.S., Trama A, Torri V, Aqustoni F, et al. Covid-19 in patents with thoracic malignancies (TERAVOLT): first results of an international, registry-based, cohort study. Lancet Oncol. 2020;21: 914–22
12. Liang W., Guan W., Chen R., Wong W., Li J., Xu K., et al. Cancer patients in SARA- Cov-2 infection: a nationwide analysis in China. Lancet Oncol. 2020 Mar; 21 (3): 335–337.
13. Dai M., Liu D., Liu M., Zhou F., Li G., Chen Z., et al. Patients with Cancer Appear More Vulnerable to SARS-COV-2: A multicenter Study during the Covid-19 Outbreak. Cancer Discov 2020 Jun;10 (6): 783–791. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-20-0422>.
14. Onder G, Rezza G, Brusaferro S. Case-Fatality Rate and Characteristics of Patients Dying in Relation to COVID-19 in Italy. JAMA. 2020;323:1775–6.
15. Mehta V, Goel S, Kabarriti R, Cole D, Goldfinger M, Acuna-Villaorduna A. et al. Case Fatality Rate of Cancer Patients with COVID-19 IN A New York Hospital System. Cancer Discov. 2020; 10: 935–41.
16. Miyashita H., Mikami T., Chopra N., Yamada T., Chernyavsky S., Rizk D., Cruz C. Do patients with Cancer Have a Poorer Prognosis of Covid-19? An Experience in New York City. Annals of Oncology. 2020.

---

© Хутиева Надежда Цараевна (Tsarokh@mail.ru), Хутиев Цара Сардионович (Tsarokh@mail.ru),  
Беслекоев Урузмаг Соломонович (Kafedrakhirurgii0101@mail.ru), Хутиева Ирина Константиновна (Tsarokh@mail.ru),  
Наниев Батраз Леонидович (Kafedrakhirurgii0101@mail.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





**Н**а современном этапе развития общества клиническая и эстетическая реабилитация пациентов с рубцовыми деформациями кожных покровов приобретает все большую социальную значимость. Особенно актуальным становится лечение рубцовых деформаций челюстно-лицевой области, поскольку наличие деформаций в области лица резко снижает качество жизни пациентов. Одной из причин развития рубцовых деформаций челюстно-лицевой области является очаговая склеродермия [1, с.52].

Очаговая склеродермия: этиология, патогенез, клиническая картина.

Очаговая склеродермия — заболевание, характеризующееся появлением воспалительных, склеротических и/или атрофических изменений в пораженных участках кожи и подлежащих тканях. В МКБ-10 данное заболевание рассматривается в категории L94 «Другие локализованные изменения соединительной ткани» [13, с.481].

В патогенезе заболевания основную роль отводят аутоиммунным нарушениям, микроциркуляторным расстройствам и непосредственным проявлениям заболевания в соединительной ткани (в начале — избыточный синтез коллагена, в финальной стадии — фиброз, гиалиноз и уменьшение коллагенообразования). Изменения в соединительной ткани связаны с целым каскадом аутоиммунных процессов, сопровождающиеся продукцией широкого спектра антител и образованием иммунных комплексов. Самым частым иммунологическим феноменом, имеющий важное прогностическое значение при склеродермии — наличие антинуклеарных антител. Непосредственным эффектом действия антинуклеарных антител является поражение микроциркуляторного русла, в первую очередь клеток эндотелия сосудов. Повреждение поверхности сосудистого эндотелия является первым ультраструктурным изменением при склеродермии, выявляющиеся до развития фиброза. Повреждение микроциркуляторных сосудов приводит к ремоделированию сосудов с гипертрофией интимы, мышечной оболочки и фиброзом адвентиция, что при-

ческих хирургов. Аутологичная жировая ткань вызывает возрастающий научный интерес и считается идеальным филлером в силу своей биосовместимости, легкости получения и малотравматичностью операции для пациента. В связи с этим показания к применению липофилинга возрастают и становится методом выбора для устранения рубцовых деформаций и гемиатрофий вследствие очаговой склеродермии.

*Ключевые слова:* очаговая склеродермия, рубцовые деформации, методы лечения, восстановление, коррекция, липофилинг, устранение дефектов, мезенхимальные стволовые клетки жировой ткани (МСК ЖТ).

водит к прогрессирующему сужению просвета и облитерации сосудов. Потеря микроциркуляторных сосудов ассоциируются с тканевой гипоксией, которая в норме индуцирует экспрессию сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF) и его рецепторов. Но несмотря на тканевую гипоксию и постоянный ангиогенный стимул, склеродермия характеризуется недостаточным ангиогенезом и прогрессирующим исчезновением кровеносных сосудов. Недавние исследования указывают на то, что недостаточный ангиогенез обусловлен уменьшением циркулирующих костно-мозговых эндотелиальных CD34+ прогениторных клеток, а также нарушением дифференциации этих клеток в зрелые эндотелиальные клетки. CD34+ клетки — это костно-мозговые гемопоэтические стволовые клетки, которые мобилизуются в периферическую кровь в ответ на стресс-индуцирующие повреждения. Клетки CD34+ содержат эндотелиальные предшественники, способные дифференцироваться в эндотелиальные клетки, участвовать в формировании сосудов, а также способны продуцировать различные ростовые факторы, стимулирующие ангиогенез (VEGF).

Изменение синтеза коллагена зачастую приводит к усиленной пролиферации фибробластов и дальнейшему развитию фиброза. Условно можно выделить несколько форм очаговой склеродермии (бляшечная, генерализованная, линейная, пансклеротическая, смешанная). Все эти формы различаются по клиническим проявлениям [3, с.270].

Очаговая склеродермия отличается от системной склеродермии тем, что она поражает, прежде всего, кожу. Существуют различные морфологические варианты проявлений этого заболевания. Поражает чаще женщин чем мужчин (у женщин наблюдается в 2–3 раза чаще, чем у мужчин). Чаще поражает лиц европеоидной расы и у азиатов. Практически не поражает афроамериканцев. Этиология данного заболевания неизвестна. В литературе указывается на то, что чаще всего встречается склеродермия, обусловленная аутоиммунными, нейроэндокринными нарушениями. Нередко патологию усугубляют стрессы. Склеродермия может быть обусловлена химическими и медикаментозными

агентами, травматическим повреждением, паранеопластическими изменениями.

Склеродермия нередко сопровождается развитием опухолевого процесса, что требует применения хирургических методов лечения [22]. Это влечет за собой развитие послеоперационных рубцов и рубцовых деформаций, то существенно снижает качество жизни пациента, и требует восстановительного лечения.

В зоне рубцовых поражений зачастую наблюдается зуд, болезненные ощущения. Все это существенно снижает качество жизни пациентов, является причиной развития многих психических и неврологических нарушений. Особенно опасны в этом плане рубцовые деформации в челюстно-лицевой области. Зачастую они становятся причиной развития дисморфофобии, других расстройств [1, с.50].

В последние годы сообщается о развитии ОС после кори, ветряной оспы и инфекции *Borrelia burgdorferi*. Впервые гипотезу о взаимосвязи между инфекцией *B. burgdorferi* и очаговой склеродермией предположил в 1987 г. E. Aberer. Эту гипотезу подтвердили и другие авторы.

При развитии очаговой склеродермии, ассоциированной с боррелиозной инфекцией, нередко развиваются склеротические поражения кожи, которые нередко приводят к атрофии кожи. Такие поражения достоверно чаще наблюдаются у женщин (91,7%), чем у мужчин (55,5%). Склеродермия может быть последствием инъекций витамина B, лучевой терапии. К развитию очаговой склеродермии может приводить прием пенициллина и бромокриптина.

Основные клинические проявления очаговой склеродермии — эритема, отек, склероз, атрофия, уплотнения. На коже появляются различные пятна. Пятна могут быть красного, розового, лилового цвета. Чаще всего они округлой формы, реже бывают пятна овальной или полосоидной формы. Зачастую пятна сливаются между собой. Иногда наблюдаются отежные участки, однако изменения цвета при этом не происходит. Развитие склероза зачастую сопровождается развитием уплотнений цвета слоновой кожи. Стадия склероза нередко сопровождается атрофией кожи. Также имеются стойкие нарушения пигментации. В очагах могут наблюдаться телеангиэктазии, пузыри, и другие изменения кожи [17, с.43–44].

#### Диагностика и лечение очаговой склеродермии и ее последствий

Диагноз ставится на основе клинической картины и симптоматики. Если на основе этих данных поставить

диагноз невозможно, требуется проведение биопсии кожного лоскута с дальнейшим исследованием пораженной ткани. Проводится патоморфологическое исследование. Может потребоваться дифференцированная диагностика, в основе которой лежит применение серологических методов исследования. Также проводится серологическая диагностика, направленная на определение клещевого боррелиоза. Это позволит исключить или подтвердить болезнь Лайма. С целью исключения системной склеродермии рекомендуется консультация ревматолога. При необходимости проводятся ревмопробы. При подтверждении диагноза склеродермия проводится комплексное лечение. При этом обязательно необходимо учитывать основные этиологические и патогенетические факторы, способствующие развитию заболевания. Также необходимо учитывать, что возможно развитие сопутствующих заболеваний, которые требуют лечения. Тем не менее, стоит отметить, что утвержденных алгоритмов лечения и диагностики этого заболевания не существует.

В зависимости от того, какая существует форма и стадия заболевания, в лечение включают различные препараты и типы вмешательств. Прежде всего, необходимо использовать противовоспалительные, антифиброзные препараты, которые позволяют провести патогенетическое и этиологическое лечение. Также необходимо применять препараты, направленные на улучшение микроциркуляции и нормализацию метаболических процессов в коже [17, с.43–44].

Известно лечение с использованием природных рекреационных ресурсов, например, лечебной грязи [14, с.75].

Используются хирургические методы лечения, в частности, методики восстановительной хирургии, такие, как пластика местными тканями, свободная пересадка тканей, пластика лоскутами на ножке, костная пластика с замещением дефекта титановым имплантатом [9, с.362].

Однако, как показывает практика, традиционные медикаментозные и хирургические техники лечения рубцовых деформаций челюстно-лицевой области являются низкоэффективными [1; 2; 5]. Проблема недостаточной эффективности проводимых лечебно-профилактических мероприятий при ограниченной склеродермии связана со сложностью и отсутствием полной ясности в понимании ключевых механизмов формирования и прогрессирования аутоиммунных процессов в организме. Это обуславливает необходимость поиска новых, более эффективных методов лечения, в основе которых будет лежать регенераторный потенциал и иммуногенное воздействие на организм [12, с.104].

В настоящее время использование собственных тканей — общепризнанный и наиболее эффективный метод реконструкции дефектов челюстно-лицевой области с применением микрохирургической техники. Однако замещение дефектов собственными тканями организма связано с необходимостью сложных многоэтапных операций, дополнительной хирургической травмой и высокой стоимостью лечения [10, с.30].

### Липофилинг как метод устранения рубцовых повреждений

Одним из наиболее эффективных и доступных методов лечения рубцовых деформаций является метод липофилинга, который традиционно используется для коррекции зон с дефицитом объема. Традиционно липофилинг является одним из ведущих методов реконструкции челюстно-лицевых деформаций и эстетической коррекции дефицита мягких тканей лица, а также контуров тела [15, с.63].

Липофилинг — это группа методик, основанных на аутологичной трансплантации жировой ткани. Со времени изобретения липофилинга произошло значительное изменение представлений о роли используемой аутологичной жировой ткани (Ауто ЖТ) от естественного наполнителя дефектов до продукта, стимулирующего регенерацию. Наблюдается значительная эволюция в технике липосакции и процессинга Ауто ЖТ, усовершенствовано материально-техническое и методическое обеспечение процедуры [15, с.62].

Липофилинг широко применяется для улучшения качества покровных тканей в различных областях медицины [7; 8].

С тех пор, как в 2001–2002 гг. P. Zuk и соавт. впервые установили, что жировая ткань человека является источником МСК, наблюдается активный рост научных и клинических исследований их использования. Мезенхимальные стволовые клетки, выделенные из костного мозга или жировой ткани, обладают способностью стимулировать рост кровеносных сосудов, путем секреции ангиогенных факторов роста.

В исследованиях, проведенных в отделении онкологии и реконструктивно-пластической хирургии молочной железы и кожи МНИОИ им. П.А. Герцена имеется опыт выполнения различных вариантов одномоментных и отсроченных реконструктивно-пластических операций по восстановлению рубцовых деформаций после операции по поводу рака молочной железы [6, с.63].

В исследованиях Сергеевой Ю.А. [15, 16] показано, что ключевая роль в позитивном влиянии липофилин-

га на ремоделирование рубцов принадлежит мезенхимальным стволовым клеткам жировой ткани (МСК ЖТ) и, таким продуктам их секреции как, PGE2, IL10, NO, HGF [5]. МСК ЖТ способствуют подавлению продукции TGF-1 $\beta$  и IL-13, а также обусловленной ими пролиферации фибробластов и гиперпродукции матрикса соединительной ткани. При этом повышается экспрессия матриксных металлопротеиназ участвующих в ремоделировании межклеточного матрикса [16, с.42].

В исследованиях Васильева В.С., Терюшковой Ж.И. и соавт. [4; 18; 19; 20], показан опыт проведения липофилинга с использованием мезенхимальных стромальных клеток жировой ткани при устранении контурных деформаций, вызванных противоопухолевым лечением [4, с.22–23], а также для лечения постлучевых ректовагинальных свищей и постлучевых язв прямой кишки, восстановления повреждений мягких тканей после лучевой терапии.

В работе доктора Roh [23] продемонстрирована сохранность жира от 51–75% через год после проведения липофилинга у пациентов с линейной склеродермией. При введении жира в область подбородка его сохранность через год равна 50% [23].

Показана возможность применения липофилинга для лечения и устранения рубцовых деформаций, полученных после лечения укушенных ран лица у детей [21, с.67].

Желаемых косметических результатов удается достичь за счет обогащения аутожировым трансплантатом зон дефицита подкожно-жировой клетчатки при корригирующем липофилинге. Также липофилинг может быть подготовительным этапом перед планированием и выполнением реконструкций у пациенток с дефицитом подкожно-жировой клетчатки. Достижение желаемого косметического результата у многих пациентов возможно даже после одного сеанса липофилинга, если отмечается хорошая приживаемость аутожирового трансплантата [7, с.111].

### Выводы

Результаты проведенного нами исследования позволяют заключить, что частым осложнением очаговой склеродермии является развитие рубцовых деформаций. Наиболее негативные последствия имеют рубцовые деформации в челюстно-лицевой области, поскольку они резко снижают качество жизни пациентов. Традиционные медикаментозные и хирургические техники лечения рубцовых деформаций челюстно-лицевой области являются низкоэффективными. Это обуславливает необходимость поиска новых, более

эффективных методов лечения. Одним из наиболее эффективных и доступных методов лечения рубцовых деформаций является метод липофилинга. Липофилинг приводит к улучшению косметических результатов за счет нормализации объемного соотношения тканей, коррекции симметрии. Исходя из данных проведен-

ных исследований и данных клинических наблюдений можно сделать вывод об эффективности, малотравматичности и безопасности применения липофилинга у пациентов с очаговой склеродермией, позволяющий значительно сократить время реабилитации пациентов и повысить качество жизни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ата, М.А. Лечение очаговой склеродермии с применением современных методов / М.А. Ата // *Дерматология та венерология*. — 2018. — № 3(81). — С. 22–24.
2. Андреева В.В., Сипкин А.М., Егоров В.И. Оценка клинико-морфологической характеристики, индекса качества жизни, психофизического статуса пациентов с различными типами рубцовых деформаций мягких тканей головы и шеи при различных методах лечения // *Трудный пациент*. — 2020. — Т. 18. — № 6–7. — С. 50–54.
3. Андреева В.В., Хохлов Н.В., Сипкин А.М., Бирлова Э.Е. Комбинированное лечение различных видов рубцовых деформаций и дефектов мягких тканей головы и шеи // *Трудный пациент*. — 2019. — Т. 17. — № 10. — С. 52–54.
4. Богмат Л.Ф., Никонова В.В. Ювенильная очаговая склеродермия: клиника, диагностика, современные подходы к терапии (обзор литературы и собственные наблюдения) // *Здоровье ребенка*. — 2019. — Т. 14. — № 4. — С. 270–277.
5. Васильев В.С., Важенин А.В., Терюшкова Ж.И. Устранение контурных дефектов, возникших в результате противоопухолевого лечения, методом инъекционной аутоотрансплантации жировой ткани // *Вестник совета молодых учёных и специалистов Челябинской области*. — 2018. — Т. 2. — № 1(20). — С. 22–23.
6. Веретельник А.В., Резниченко Н.Ю., Дюдюк А.Д. Современные подходы к классификации, диагностике и лечению склеродермии // *В помощь практическому врачу*. — 2018. — № 1(4). — С. 146–149.
7. Зикиряходжаев А.Д. Клинический пример использования липофилинга при отсроченных реконструкциях // *Исследования и практика в медицине*. — 2017. — № 4(1). — С. 63–67.
8. Зикиряходжаев А.Д. Корректирующий липофилинг у больных раком молочной железы после комбинированного лечения // *Исследования и практика в медицине*. — 2018. — Т. 5. — № 1. — С. 106–112.
9. Зикиряходжаев А.Д. Метод оценки результатов приживаемости аутожирового трансплантата после липофилинга у больных раком молочной железы в процессе хирургической реабилитации // *Исследования и практика в медицине*. — 2018. — Т. 5. — № 3. — С. 102–109.
10. Ирицян К.Х. Оценка клинической эффективности применения методов реконструктивной хирургии в лечении дефектов челюстно-лицевой области // *Бюллетень медицинских Интернет-конференций*. — 2014. — Т. 2. — № 4. — С. 362.
11. Кульбакин Д.Е. Методика реконструкции челюстно-лицевой области с использованием индивидуальных имплантатов из биоактивной керамики // *Диагностика и лечение опухолей головы и шеи*. — 2017. — Т. 7. — № 4. — С. 29–34.
12. Масри А.А., Зикиряходжаев А.Д. Корректирующий липофилинг у больных раком молочной железы после комбинированного и комплексного лечения. Опыт МИНОИ им. П.А. Герцена // *Вестник совета молодых учёных и специалистов Челябинской области*. — 2018. — Т. 2. — № 1(20). — С. 69–70.
13. Миродилова Ф.Б. Применение новых иммуногенетических исследований в разработке эффективных методов прогнозирования и профилактики ограниченной склеродермии // *Российский журнал кожных и венерических болезней*. — 2017. — № 20(2). — С. 104.
14. Моисеев А.А., Утц С.Р. Современные методы диагностики ограниченной склеродермии (обзор). — *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2016. — Т. 12. — № 3. — С. 481–484.
15. Нгема М.В., Кузнецова М.Ю., Мараках Я.Н., Смолненко В.Н. Оценка эффективности лечения больных очаговой склеродермией с использованием сакской грязи по показателям Т-клеточного звена иммунитета // *Вестник физиотерапии и курортологии*. — 2016. — № 3. — С. 75.
16. Сергеева Ю.А. Липофилинг. Обзор методики. Современные возможности и перспективы коррекции кожных рубцов // *Инновационная медицина Кубани*. — 2019. — № 3(15). — С. 62–67.
17. Сергеева Ю.А., Каде А.Х., Гайворонская Т.В., Трофименко А.И., Басов А.А. Повышение эффективности липофилинга при лечении экспериментальных рубцов кожи с помощью Д-аспарагина // *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. — 2019. — Т. 9. — № 3. — С. 41–47.
18. Тарасенко Г.Н., Бобров А.Н., Богданова Т.В., Процюк О. Клинический случай очаговой склеродермии, ассоциированной с боррелиозной инфекцией // *Российский журнал кожных и венерических болезней*. — 2017. — № 20(1). — С. 42–44.
19. Терюшкова Ж.И., Васильев В.С., Важенин А.В., Васильев С.А., Димов Г.П., Попков П.Н., Стасюк А.А. Исследование биоматериала из жировой ткани, используемого в лечении постлучевых повреждений прямой кишки. // *Медицинский вестник Башкортостана*. — 2018. — № 3(75). — С. 36–42.
20. Терюшкова Ж.И., Васильев В.С., Важенин А.В., Васильев С.А., Димов Г.П., Семенова А.Б., Ломакин Е.А. Исследование эффективности применения аутологичных продуктов на основе жировой ткани для лечения постлучевых ректовагинальных свищей // *Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области*. — 2018. — № 1(20). — С. 97–99.
21. Терюшкова Ж.И., Васильев В.С., Важенин А.В., Васильев С.А., Еремин И.И. Липографтинг и стромально-васкулярная фракция жировой ткани в лечении пациенток с постлучевыми ректовагинальными свищами. // *Онкологическая колопроктология*. — 2019. — № 1. — С. 34–41.



22. Черда А.В. Вариант замещения посттравматического дефекта и деформации укушенных ран лица у детей // Журнал клинической медицины Казахстана. — 2017. — Т. 3. — № 45. — С. 67–69.
23. Шостак Н.А., Клименко А.А., Демидова Н.А., Андрияшкина Д.Ю. Склеродермия как паранеопластический синдром и опухоли, ассоциированные со склеродермией // Клиницист. — 2020. — Т. 14. — № 1(2). — С. 55–61.
24. Roh MR, Jung JY, Chung KY. Autologous fat transplantation for depressed linear scleroderma-induced facial atrophic scars. Dermatol Surg. 2008 Dec.

---

© Чкадуа Тамара Зурабовна ( t\_chkadua@mail.ru ),

Висаитова Зулихан Юсуповна ( visavi\_z@list.ru ), Ибрагимова Халимат Мусалиповна ( dr.halimaibragimova@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОСНОВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОСТИ РТА У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

### THE MAIN CHANGES IN THE ORAL CAVITY IN PATIENTS WHO UNDERWENT COVID-19

**Z. Chochaeva  
A. Nazarova  
M. Mahieva  
K. Musaeva**

*Summary.* The virus of a new coronavirus infection — SARS-CoV-2 has a high tropism for angiotensin-converting enzyme 2, receptors for which are localized both on the surface of the alveoli and lung structures, and on the epithelium of the oral cavity. This explains the sufficient variety of clinical pathological changes in the oral cavity in patients who have undergone COVID-19. The degree of their severity (from hyperemia to ulceration) is determined by a number of factors, among which the severity of the coronavirus infection and the use of artificial lung ventilation without the use of oral hygiene protocols are paramount. Careful monitoring of patients with COVID-19, dynamic examination of the oral mucosa, and assessment of complaints can help to detect pathological changes in a timely manner and prevent their progression.

*Keywords:* COVID-19, SARS-CoV-2, oral cavity, mucosa, aphthae, stomatitis, angiotensin-converting enzyme 2.

**Чочаева Зухра Алиевна**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
Chochaeva1910@mail.ru

**Назарова Амина Анатольевна**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
amina.nazarova19.00@mail.ru

**Махиева Малика Кямаловна**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
malika\_mahieva@mail.ru

**Мусаева Кураиш Наримановна**

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
musaeva.kuraish02@icloud.com

*Аннотация.* Вирус новой коронавирусной инфекции- SARS-CoV-2 обладает высокой тропностью к ангиотензин-превращающему ферменту 2, рецепторы к которому локализуются как на поверхности альвеол и легочных структур, так и на эпителии полости рта. Это объясняет достаточное разнообразие клинических патологических изменений в ротовой полости у пациентов, перенесших COVID-19. Степень их выраженности (от гиперемии до изъязвлений) определяется рядом факторов, среди которых тяжесть течения коронавирусной инфекции и применение искусственной вентиляции легких без использования протоколов гигиены полости рта являются первостепенными. Тщательное наблюдение за пациентами с COVID-19, динамический осмотр слизистой ротовой полости и оценка жалоб могут способствовать своевременному выявлению патологических изменений и предотвращению их прогрессирования.

*Ключевые слова:* COVID-19, SARS-CoV-2, ротовая полость, слизистая, афты, стоматит, ангиотензин-превращающий фермент 2.

### Введение

**Н**овая коронавирусная инфекция-COVID-19 (аббревиатура от англ. COronaVirus Disease 2019) — крайне тяжелая острая респираторная инфекция, вызываемая коронавирусом тяжелого острого респираторного синдрома 2 (SARS-CoV-2).

Вирус SARS-CoV-2 проникает в организм посредством тропности к ангиотензин-превращающему ферменту 2, рецепторы к которому локализованы

на поверхности альвеол, легочных структур, миокарда и эпителиальных клеток полости рта и реализует каскад патологических реакций как вследствие прямого, так и опосредованного механизмов [1].

Развитию коронавирусной пневмонии, нарушению деятельности сердца (развитие острого коронарного синдрома, миокардита, усугубление симптомов ИБС) уделено достаточное внимание в современной литературе в отличие от поражений слизистой оболочки полости рта, которые тоже выявляются среди пациентов, перенесших COVID-19.

Их неоднородность и частота возникновения требуют более детального анализа существующих литературных данных для изучения патологических изменений полости рта и предотвращения их трансформации в более тяжелые формы. [1,2].

Распространение новой коронавирусной инфекции неуклонно сопряжено с ростом числа заболеваний слизистой полости рта у пациентов, перенесших COVID-19 [3]. Вместе с этим зарегистрированные случаи неоднородны ввиду достаточного количества инфицированных пациентов.

### Цель работы

Анализ литературных данных, посвященный патологическим процессам полости рта у пациентов, перенесших COVID-19.

Распространение новой коронавирусной инфекции неуклонно сопряжено с ростом числа заболеваний слизистой полости рта у пациентов, перенесших COVID-19 [3]. Вместе с этим зарегистрированные случаи неоднородны ввиду достаточного количества инфицированных пациентов.

Изучение патофизиологических механизмов поражения слизистой оболочки ротовой полости позволяет предположить, что вирус SARS-CoV-2 может непосредственно инфицировать клетки в ротовой полости, реплицироваться в них и выделяться в слюну. Кроме того, популяция инфицированных клеток обеспечивает стабильность и распространение инфекции [4].

Пациенты старшего возраста, подлежащие госпитализации и лечению с применением искусственной вентиляции легких без использования протоколов гигиены полости рта, являются особенно уязвимой группой к развитию данной патологии. Такие факторы, как: неудовлетворительная гигиена ротовой полости, оппортунистические инфекции, стресс, иммуносупрессия, васкулит, вторичные по отношению к COVID-19, могут быть расценены как предрасполагающие для возникновения таких поражений. В некоторых случаях появление изменений слизистой оболочки полости рта может быть следствием медикаментозного лечения (антибиотикотерапии) и прогрессирования болезни [5].

Симптоматические поражения регистрируются в 68% случаев, с одинаковой распространенностью среди мужчин и женщин.

Основными предъявляемыми жалобами являются: различные высыпания, дефекты, появление бляшек, трещин в ротовой полости, которые могут образоваться в период разгара болезни COVID-19 или появиться

после лечения. Кроме того, в ряде случаев регистрируется потеря либо изменение вкуса, что также обусловлено восприимчивостью клеток слюнных желез и языка к SARS-CoV-2 [6].

К сожалению, не предоставляется возможным проведение осмотра пациента профильным специалистом в период разгара заболевания вследствие высокой контагиозности вируса. Врачи общего звена при подозрении на патологию слизистой полости рта должны рекомендовать посещение врача-стоматолога в постковидном периоде для определения выраженности поражений и тактики дальнейшего ведения пациента.

Кроме того, необходимо отметить факт того, что часто на фоне вышеперечисленных неприятных ощущений пациенты отмечают потерю в массе тела, снижение аппетита, дискомфорт при пережевывании пищи, что оказывает негативное влияние на процесс выздоровления и реабилитации, затягивая его по срокам [7].

Исследователями был опубликован ряд сообщений о возможных клинических оральных проявлениях инфекции SARS-CoV-2, таких как внутриротовые и лабиальные афтозные язвы, свидетельствующие о вирусной инфекции, петехии и эритематозные пятна, кровяные пузыри, депапилляция на спинке языка, уменьшение слюноотделения, приводящее к ксеростомии и нарушениям чувствительности (например, дисгевзия, гипосмия и аносмия) [8,9,10].

Дисгевзия и ксеростомия являются основными оральными проявлениями, наблюдаемыми у пациентов с COVID-19 [11]. Поражение слизистой оболочки полости рта при мультисистемном воспалительном синдроме типа Кавасаки, сопровождающемся трещинами, хейлитом, эрозиями, в большинстве случаев коррелирует с более тяжелым течением заболевания и госпитализацией пациента [10,11].

В работе Ganesan, A. et al., 2022 г. атипичные эритематозные поражения наблюдались в 7,2% случаев на слизистой оболочке щек, прилегающей к области моляров, в дополнение к изолированным солитарным язвам (3% случаев), напоминающим небольшие афты.

Первоначально данные поражения протекали бессимптомно и начинались как незаметные изолированные эритематозные участки, которые затем прогрессировали до диффузных эритематозных участков с неровными краями. Такие пациенты отмечали чувство жжения, локализованное в эритематозной области [12].

Недавно проведенный систематический обзор продемонстрировал, что язвенные поражения, даже везику-

ло-буллезные, предполагают активацию сопутствующей инфекции и иммуноопосредованные изменения [13].

Афтозные поражения без некроза, как правило, наблюдаются у более молодых пациентов с легким течением инфекции, в то время как афтозные поражения с некрозом и геморрагическими корками чаще выявляются у пожилых пациентов с иммуносупрессией и тяжелым течением инфекции. Диагностика афтозного стоматита не вызывает трудностей. Пациенты предъявляют жалобы на наличие резко болезненного дефекта диаметром до 1 см, гиперемированного или анемичного, резко ограниченного круглого или овального пятна, которое через несколько часов приподнимается над окружающей слизистой оболочкой, эрозируется и превращается в афту. Высыпания зачастую множественные, локализация афт — это переходная складка, боковые поверхности языка, слизистая оболочка губ и щек. По мере нарастания тяжести и длительности заболевания количество афт становится больше, удлиняется период их заживления с 7–10 дней до 2–4 недель [13,14].

Встречаемость кандидоза ротовой полости (хроническая гиперпластическая форма кандидоза ротовой полости) у пациентов, перенесших COVID-19, отмечается в 30% случаев, что достоверно превышает частоту его встречаемости по сравнению со здоровыми лицами.

Также отмечается более высокая распространенность и тяжелое течение хронического гингивита у ортодонтических пациентов, перенесших COVID-19.

В нескольких исследованиях, оценивающих гистологические изменения слизистой оболочки ротовой полости, связанные с SARS-CoV-2, были обнаружены изменения в эпителии (например, вакуолизация парануклеарных кератиноцитов и иногда экзоцитоз), собственной пластинке (например, воспалительный инфильтрат из лимфоцитов и нейтрофилов) и в мелких и средних сосудах (например, окклюзионный тромбоз) [12,13,14].

Неспецифическая гистологическая картина, включающая вакуолизацию цитоплазмы и ядра кератиноцитов в эпителиальной выстилке, а иногда и ядерный плеоморфизм с наличием в собственной пластинке

дискретных мононуклеарных и полиморфноядерных воспалительных инфильтратов, чаще регистрируется при тяжелом клиническом течении коронавирусной инфекции, а также среди пациентов, умерших от осложнений COVID-19.

В работе зарубежных авторов, при вскрытии пациентов, умерших в результате осложнений COVID-19, было выявлено наличие РНК SARS-CoV-2 в ткани пародонта с характерными неспецифическими гистологическими проявлениями [15].

В целом, необходимо проведение дальнейших исследований для выявления связи между инфекцией COVID-19 и состоянием здоровья полости рта, учитывая патогенез, прямое и опосредованное действия SARS-CoV-2, особенности проводимой терапии и тяжесть клинического состояния пациента.

Основной задачей врача-стоматолога является своевременная диагностика патологических изменений слизистой оболочки полости рта у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, и подбор наиболее адаптированного алгоритма их ведения соответствующей степени выраженности нарушений.

Вопрос о проведении и назначении лечебно-профилактических мероприятий с целью предупреждения развития патологии ротовой полости и осложнений также остается на настоящий момент открытым. Даже бессимптомно протекающий COVID-19 может способствовать формированию отдаленных неблагоприятных последствий в виде ослабления иммунитета или склонности к аутоиммунным процессам, в том числе и в полости рта.

## ВЫВОД

Разнообразные стоматологические проявления, характерные для пациентов, перенесших COVID-19, могут быть как следствием непосредственного воздействия вируса, так и возникать в результате применяемой терапии (например, антибиотикотерапии). Своевременное их выявление будет способствовать проведению соответствующей гигиены полости рта и назначению лечебных мероприятий, препятствующих дальнейшему прогрессированию патологического процесса и развитию осложнений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) as a SARS-CoV-2 receptor: molecular mechanisms and potential therapeutic target / H. Zhang, J.M. Penninger, Y. Li, N. Zhong, A.S. Slutsky // Intensive Care Med. — 2020. — № 46. — P. 586–590.
2. SARS-CoV-2 infection of the oral cavity and saliva / N. Huang, P. Pérez, T. Kato et al. // Nat Med. — 2021.
3. Salivary glands: Potential reservoirs for COVID-19 asymptomatic infection / J. Xu, Y. Li, F. Gan et al // J Dent Res. — 2020. — № 99.

4. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa / H. Xu, L. Zhong, J. Deng et al // Int J Oral Sci. — 2020. — № 12. — P. 8.
5. Oral candidiasis in non-severe COVID-19 patients: call for antibiotic stewardship / A. Riad, A. Gad, B. Hockova et al // Oral Surg. — 2020.
6. Lack of direct association between oral mucosal lesions and SARS-CoV-2 in a cohort of patients hospitalised with COVID-19 / G. Schwab, M. Palmieri, M. Rodrigo // Journal of Oral Microbiology. — 2022. — Vol. 14. № 1. — P. 2047491.
7. Dziedzic A. The impact of coronavirus infectious disease 19 (COVID-19) on oral health / A. Dziedzic, R. Wojtyczka // Oral Dis. — 2021. — Vol. 27, № 53. — P. 703–706.
8. Изменения слизистой оболочки полости рта и общих показателей при COVID19 (SARS-CoV-2): одноцентровое описательное исследование / З.С. Хабдазе, К.Э. Соболев, И.М. Тодуа, О.С. Морданов // Эндодонтия Today. — 2020. — Vol. 18, № 2. — P. 4–9.
9. Oral lesions in patients with SARS-CoV-2 infection: could the oral cavity be a target organ? / T.B. Brandão, L.A. Gueiros, T.S. Melo et al // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. — 2021. — Vol. 131, № 2. — P. e45-e51.
10. Minor aphthae associated with SARS-CoV-2 infection / M. Dominguez-Santas, B. Diaz-Guimaraens, D. Fernandez-Nieto et al. // Int J Dermatol. — 2020. — Vol. 59, № 8. — P. 1022–1023.
11. Oral manifestations in patients with COVID-19: a 6-month update / D.S. Amorim, A.G. Normando, R.C. da Silva et al. // J Dent Res. — 2021. — Vol. 100, № 2. — P. 141–154.
12. Oral Manifestations of COVID-19 Infection: An Analytical Cross-Sectional Study / A. Ganesan, S. Kumar, A. Kaur et al // Oral Surg. — 2022.
13. Interrelations between COVID-19 and other disorders / A. Gasmí, M. Peana, L. Pivina et al // Clin Immunol. — 2021. — № 224. — P. 108651.
14. Letter to editor: oral lesions in a patient with Covid-19 / CD Soares, RA Carvalho, KA Carvalho et al // Med Oral Patol Oral Cir Bucal. — 2020. — Vol. 25, № 4. — P. e563-e564.
15. Oral lesions and SARS-CoV-2: a post-mortem study / A. Zarpellon, B.F. Matuck, M. Dolhnikoff et al // Oral Dis. — 2021.

© Чочаева Зухра Алиевна (Chocheva1910@mail.ru), Назарова Амина Анатольевна (amina.nazarova19.00@mail.ru),  
 Махиева Малика Кямаловна (malika\_mahieva@mail.ru), Мусаева Кураиш Наримановна (musaeva.kuraish02@icloud.com).  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

## НАШИ АВТОРЫ    OUR AUTHORS

**Afanasyeva T.** — PhD, Associate Professor, Saratov SMU  
n.a. V.I. Razumovsky

**Alieva U.** — Dagestan state medical university

**Alkova D.** — Samara State Medical University  
Alkova.007@gmail.com

**Amirova Z.** — Saratov State Medical University named  
after V.I. Razumovsky  
zoyaamirova@mail.ru

**Asadulayeva M.** — Dagestan state medical university

**Ayupova N.** — Applicant, Samara State Medical University,  
Russia, Samara  
samaraobsgyn2@yandex.ru

**Azimova G.** — Candidate of Agricultural Sciences, Izhevsk  
State Agricultural Academy, Izhevsk  
Glavira2009@yandex.ru

**Bagryantsev I.** — Postgraduate student  
goldcranium@gmail.com

**Balter R.** — Candidate of Medical Sciences, Professor,  
Samara State Medical University, Russia, Samara  
samaraobsgyn2@yandex.ru

**Bass S.** — Candidate of Agricultural Sciences, Izhevsk State  
Agricultural Academy, Izhevsk  
sveta.bass@inbox.ru

**Belenov D.** — Postgraduate student, Lipetsk State  
Technical University  
belenov2216@gmail.com

**Belousova N.** — Candidate of Agricultural Sciences, All-  
Russian Research Institute of Horse Breeding  
natfb@yandex.ru

**Beslekov U.** — Candidate of Medical Sciences, North  
Ossetian State Medical Academy  
Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

**Blazhnova E.** — Applicant, Samara State Medical  
University, Russia, Samara  
samaraobsgyn2@yandex.ru

**Blokhin I.** — Saratov State Medical University named after  
V.I. Razumovsky  
ig.bloxin2010@yandex.ru

**Chernysheva T.** — Associate Professor, Candidate of  
Technical Sciences, Moscow Technical University of  
Communications and Informatics, Moscow  
krba2012@yandex.ru

**Chkadua T.** — Doctor of Medical Sciences, Plastic and  
Maxillofacial Surgeon, Central Research Institute of  
Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow  
t\_chkadua@mail.ru

**Chochaeva Z.** — Kabardino-Balkarian State University  
named after H.M. Berbekov. Institute of Dentistry and  
Maxillofacial Surgery  
Chochaeva1910@mail.ru

**Dibirov T.** — Dagestan state medical university  
dibirovtagir@mail.ru

**Djamalov Z.** — Aspirant, Kazan Federal University,,  
Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan  
z.djamalov@mail.ru

**Dobrovol'skaia A.** — Professor asistant, State Medical and  
Pharmaceutical University "N. Testemitanu"

**Dushko V.** — Ph.D., Sevastopol State University  
VRDushko@sevsu.ru

**Goncharov K.** — Design engineer of the 3rd category, JSC  
"MIC "NPO Mashinostroeniya"  
K.n.goncharov@vpk.npomash.ru

**Gromov A.** — Candidate of Medical Sciences, Kursk State  
Medical University  
gromov.alexandr2011@yandex.ru

**Gulyaeva A.** — Postgraduate student, Izhevsk State  
Agricultural Academy, Izhevsk  
santermnebrat@gmail.com

**Guzeva S.** — Candidate of Biological Sciences, Associate  
Professor, Tyumen Industrial University  
nesterka07@mail.ru

**Ibragimova A.** — Candidate of Medical Sciences, Samara  
State Medical University, Russia, Samara  
a.r.ibragimova@samsmu.ru

**Ibragimova H.** — Candidate of Medical Sciences, Plastic  
surgeon, Maxillofacial surgeon, Central Research Institute  
of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow  
dr.halimaibragimova@gmail.com

**Iskhakov O.** — MD, Chief Researcher, neurosurgeon, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, DZM

**Ivanova T.** — Candidate of Medical Sciences, Samara State Medical University, Russia, Samara  
t.v.ivanova@samsmu.ru

**Ivantsova E.** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State University  
ivantsova.volgu@mail.ru

Karsakov Vadim Alexandrovich, Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

**Kemalov A.** — Doctor of Technical Sciences, Kazan Federal University; Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan

**Kemalov A.** — Professor, Doctor of Technical Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan  
Alim.Kemalov@kpfu.ru

**Kemalov R.** — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan  
Ruslan.Kemalov@kpfu.ru

**Kemalov R.** — Candidate of Technical Sciences, Kazan Federal University; Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan  
kemalov@mail.ru

**Khudyakov E.** — Laboratory assistant-researcher, Sevastopol State University  
ESHudyakov@sevsu.ru

**Khutieva I.** — D. in medicine, obstetrician-gynecologist, Prigorodnoye Central Regional Hospital, North Ossetian State Medical Academy  
Tsarokh@mail.ru

**Khutieva N.** — D. in Medicine, North Ossetian State Medical Academy  
Tsarokh@mail.ru

**Khutiev T.** — M.D., Professor, North Ossetian State Medical Academy  
Tsarokh@mail.ru

**Kochnev A.** — Senior Backend Developer, Your Next Agency  
drdispool@gmail.com

**Kondrashkin I.** — Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

**Kondrashkin I.** — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky  
ivan.kondrashkin@yandex.ru

**Konovarov A.** — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin, Moscow  
zoolog82@mail.ru

**Korobkin S.** — Senior Lecturer, Rostov Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation  
petrov55harov@mail.ru

**Koryagina N.** — Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Penza State Agrarian University  
koryagina.n.v@pgau.ru

**Koryagin Yu. Viktorovich** — Associate professor, candidate in Agricultural Sciences, Penza State Agrarian University  
koryagin.y.v@pgau.ru

**Krasnoperova S.** — Associate Professor, Udmurt State University  
krasnoperova\_sve@mail.ru

**Kulakov D.** — Deputy Head of the Department, JSC "MIC "NPO Mashinostroeniya"  
nio406@vpk.npomash.ru

**Kulikova E.** — Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Penza State Agrarian University  
kulikova.e.g@pgau.ru

**Kuznetsov P.** — Graduate student, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow  
peter.kuznetsov@gmail.com

**Lenkovets M.** — Postgraduate student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow  
mvl-login@bk.ru

**Litvinov D.** — Postgraduate student, Plekhanov Russian University of Economics  
litvinovdmm@yandex.ru

**Lomskov M.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin, Moscow  
lomskovma@mail.ru

**Lossov K.** — Moscow State University of Geodesy and Cartography  
konsiv@gmail.com

**Lukyanov S.** — Head of Department, JSC "MIC "NPO Mashinostroeniya"  
nio406@vpk.npomash.ru

**Lunev M.** — Candidate of Medical Sciences, Kursk State Medical University  
misha-dok@yandex.ru

**Mahieva M.** — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery  
malika\_mahieva@mail.ru

**Makarina D.** — Graduate student, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow  
makarina.diana1995@yandex.ru

**Maksumov A.** — Researcher, neurosurgeon, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, DZM  
dr.maksumov@gmail.com

**Malai D.** — Kuban State Medical University  
kalambyr822@yandex.ru

**Malezhik Margarita Sergeevna** — Candidate of Medical Sciences, Chita State Medical Academy  
rita.malezhik@mail.ru

**Mansurov O.** — Postgraduate student, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan  
olimjonmansurov@mail.ru

**Markeev M.** — Independent Researcher, Nizhny Novgorod region, Nizhny Novgorod  
mmarkeev@gmail.com

**Melnikov D.** — Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga  
melnikov-dv@eandex.ru

**Meshcheryakov S.** — Candidate of Medical Sciences, Researcher, neurosurgeon, State Budgetary Institution of Health Research Institute «Emergency Pediatric Surgery and Traumatology» DZM

**Misina A.** — PHD, Institute of Mother and Child Health

**Mitrikovskij A.** — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University

**Moskvina N.** — Postgraduate student, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov Russia, Moscow  
cheshirewhitecat@yandex.ru

**Musaeva K.** — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery  
musaeva.kuraish02@icloud.com

**Musayeva J.** — Dagestan state medical university

**Naniev B.** — D. in Medicine, K.L. Khetagurov North Ossetian State University  
Kafedrakirurgii0101@mail.ru

**Nazarova A.** — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery  
amina.nazarova19.00@mail.ru

**Nguyen Minh Thi** — PhD student at Volgograd State University  
saothang1086@gmail.com

**Nizamiev M.** — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Kazan State Power Engineering University, Kazan

**Oskolkova A.** — MD, Professor, Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

**Ovcharov P.** — Candidate of technical sciences, Associate Professor, Rostov Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation

**Parshina S.** — MD, Associate professor, Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

**Petrash D.** — Candidate of Medical Sciences, Kursk State Medical University  
petrash.denis2017@yandex.ru

**Petrova A.** — Candidate of Medical Sciences, Chita State Medical Academy  
Petam2014@yandex.ru

**Petrovichev M.** — Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga  
tabblif@yandex.ru

**Peylivanyan E.** — Kuban State Medical University  
peilivanian@mail.ru



**Pimenov N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor RAS, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MBA named after K.I. Scriabin, Moscow pimenov-nikolai@yandex.ru

**Polidanov M.** — Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky maksim.polidanoff@yandex.ru

**Polidanov M.** — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky maksim.polidanoff@yandex.ru

**Polyakov I.** — Assistant Samara State Medical University

**Popov O.** — Professor, Candidate of Technical Sciences, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow olegp45@yandex.ru

**Sadovnikov V.** — The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow v.sadovnikov@zehvk.ru

**Samsonov S.** — Ph.D., Leading Researcher, SHICRA SB RAS

**Sashenkova S.** — Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Penza State Agrarian University sashenkova.s.a@pgau.ru

**Shaikhullin A.** — Postgraduate student Kazan State Power Engineering University, Kazan a6968271@gmail.com

**Shakhbanov R.** — Dagestan state medical university shahbanovrk@yandex.ru

**Silina I.** — Candidate of Historical Sciences, Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia isilina@mail.ru

**Sitnic V.** — Researcher, Oncology Institute of Modova

**Stepanenko E.** — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky elina13070713@mail.ru

**Stratan V.** — PHD, Oncology Institute of Modova, Tutuianu Valerii Grighory, researcher, Oncology Institute of Modova

**Stupakov V.** — Candidate of Pedagogical Sciences, Rostov Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation petrovc55harov@mail.ru

**Suleymanova K.** — Dagestan state medical university

**Tishkov D.** — Candidate of Medical Sciences, associate professor, Kursk State Medical University den-tishkov@yandex.ru

**Trebunskikh A.** — Applicant, Samara State Medical University, Doctor - obstetrician-gynecologist GBUZ SO SGP № 3, Russia, Samara samaraobsgyn2@yandex.ru

**Tripac I.** — PHD, Oncology Institute of Modova i\_jacovlev@yahoo.com

**Tsekhomsky A.** — Kuban State Medical University aastartov12@mail.ru

**Tselkovich L.** — Doctor of Medical Sciences, Samara State Medical University, Russia, Samara samaraobsgyn2@yandex.ru

**Tumanyan H.** — Head of the Sector, JSC "MIC "NPO Mashinostroeniya" nio406@vpk.npomash.ru

**Ukatova T.** — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky tan.ukatova@mail.ru

**Vagapov V.** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Sterlitamak branch of the Bashkir State University, Sterlitamak vagapov\_vz@rambler.ru

**Visaitova Z.** — Candidate of Medical Sciences, Plastic surgeon, Maxillofacial surgeon, Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow visavi\_z@list.ru

**Voronov A.** — Kuban State Medical University voloonter.rf@mail.ru

**Vorontsova M.** — Samara State Medical University Alkova.007@gmail.com

**Zhilyaeva O.** — Candidate of Cultural Sciences, Chita State Medical Academy ol--zh@yandex.ru

**Zinatullina D.** — PhD of Medical Science, associate professor, Samara State Medical University dsadri@mail.ru

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: redaktor@nauteh.ru ).