

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 10-2 2025 (ОКТЯБРЬ)

Учредитель журнала

Общество с ограниченной ответственностью  
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

Главный редактор

А.В. Царегородцев

Выпускающий редактор

Ю.Б. Миндлин

Верстка

М.А. Комарова

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

(ВАК — 1.1.2, 1.5x, 2.3x, 3.1x)

ISSN 2223-2966

№ 10-2 2025

(октябрь)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## СОВРЕМЕННАЯ НАУКА

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

Серия  
ЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

[www.nauteh-journal.ru](http://www.nauteh-journal.ru)

ООО «НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### 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 27.10.2025 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



9 7 7 2 2 2 3 2 9 8 6 6 0 7

## 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 ступени 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 Мастиславович** — 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., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

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

**Миндлин Юрий Борисович** — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

**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. Владимира

**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

**Царегородцев Анатолий Валерьевич** — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет [redaktor3@nauteh.ru](mailto:redaktor3@nauteh.ru)

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

### **Михайлова П.А., Лисейкина О.В., Лебедев Н.А. —**

Кинезиология двигательных процессов: вымаха грудных и тазовых конечностей в породе вельш-корги-пемброк

*Mikhailova P., Liseikina O., Lebedev N. — Kiniology of motor processes: articulation angle of the pectoral and pelvic limbs in the welsh corgi-pembroke-breed . . . . .* 6

### **Огуречникова Е.А., Лисейкина О.В.,**

**Кишкунова О.А. —** Проявления трусости у собак и ее изменение в процессе адаптации

*Ogurechnikova E., Liseikina O., Kishkinova O. — Study of the manifestations of foolishness in dogs and its change in the adaptation process . . . . .* 9

## Информатика, вычислительная техника и управление

### **Баданина Н.Д. —** Методы обработки данных для анализа публикационной активности в области компьютерных наук

*Badanina N. — Data processing methods for analyzing publication activity in computer science . . . . .* 12

### **Евлов Н.А. —** Оценка методов обнаружения дипфейков в видеоконтенте

*Evplov N. — Evaluation of methods for deepfake detection in video content . . . . .* 17

### **Елясин А.А. —** Информационно-аналитическая поддержка принятия управленческих решений при проведении контрольных (надзорных) мероприятий в области пожарной безопасности

*Elyasin A. — Information and analytical support for managerial decision-making in conducting control (supervisory) activities in the field of fire safety . . . . .* 23

### **Крайнов К.А., Поляков Е.А., Харченко Е.А. —**

Морфологический подход к сегментации медицинских данных посредством кластеризации

*Kraynov K., Polyakov E., Kharchenko E. — A morphological approach to segmentation of medical data through clustering . . . . .* 28

### **Прусс Б.Н., Башмаков А.Г., Плескачева О.Ю. —**

Разработка программного комплекса автоматизации складских запасов

*Pruss B., Bashmakov A., Pleskacheva O. — Development of a software package for automation of warehouse stocks . . . . .* 35

### **Романович В.И. —** Искусственный интеллект

в логистике: сравнительный анализ отечественных и зарубежных исследований и практик внедрения

*Romanovich V. — Artificial intelligence in logistics: a comparative analysis of domestic and foreign studies and implementation practices . . . . .* 42

### **Филонович А.В., Ворначева И.В., Танциора А.О.,**

**Ларин О.М., Чаплыгин В.А. —** Адаптивное

многоканальное обнаружение-разрешение

стохастических сигналов в условиях

параметрической априорной неопределенности

*Filonovich A., Vornacheva I., Tantsyura A., Larin O., Chaplygin V. — The adaptive multichannel detection-resolution of stochastic signals in conditions of parametric priorium uncertainty . . . . .* 47

### **Черепенин В.А., Чебанов И.А., Воробьев С.П. —**

Методологические подходы к оценке качества обслуживания (QoS) и пользовательского опыта (QoE) в интегрированных Cloud-Fog-Edge вычислительных архитектурах

*Cherepenin V., Chebanov I., Vorobyov S. —*

Methodological approaches to evaluating quality of service (QoS) and quality of experience (QoE) in integrated Cloud-Fog-Edge computing architectures . . . . .

53

### **Шаров А.С. —** Разработка алгоритмов оценки

эффективности правоохранительной деятельности территориального органа МВД России с учетом региональных особенностей

*Sharov A. — Development of algorithms for assessing the effectiveness of law enforcement activities of a territorial body of the ministry of internal affairs of the Russian Federation, taking into account regional specifics . . . . .* 58

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>Шунгаров Х.Д., Боташев Р.А.</b> — Некоторые подходы к решению задачи оптимального выбора инвестиций <i>Shungarov H., Botashov R.</i> — Some approaches to solving the problem of optimal investment selection ..... 64	<b>Karapetyan G., Darchiya L., Shuysky A., Vakhromeeva P.</b> — Suprascapular nerve denervation as a method of symptomatic treatment for end-stage omarthrosis ..... 94
<b>Клиническая медицина</b>	
<b>Богдасаров А.Ю., Давидян Л.Ю., Баев Д.С.</b> — Современные представления о влиянии варикозного расширения вен таза (ВРВТ) на репродуктивную систему женщин (Обзор литературы) <i>Bogdasarov A., Davidyan L., Baev D.</i> — Modern concepts of the influence of varicose veins of the pelvis (VRV) on the reproductive system of women (literature review) ..... 70	<b>Комаров Р.Н., Ткачёв М.И., Заикина Н.В., Заикина М.П., Варламов Г.А., Гайлаев И.Д., Чойбсонов Н.-С.Ц.-Д., Maisyan T.A.</b> — Сравнительный анализ эхокардиографических параметров гомогraftов и нативных клапанов сердца <i>Komarov R., Tkachev M., Zaikina N., Zaikina M., Varlamov G., Gailaev I., Choiibsonov N.-S., Maisyan T.</i> — Comparative analysis of echocardiographic parameters of homograft and native heart valves ..... 99
<b>Джанибекова Ш.С., Гайдуков С.Н., Коновалова М.В., Матевосян И.Э., Курдынко Л.В.</b> — Клинический случай успешного родоразрешения пациентки с раком шейки матки в анамнезе и проведением абдоминального серкляжа <i>Dzhanibekova Sh., Gaidukov S., Konovalova M., Matevosyan I., Kurdynko L.</i> — A clinical case of successful delivery of a patient with a history of cervical cancer and abdominal cerclage ..... 78	<b>Коновалова Е.В., Иванов П.В., Зюлькина Л.А., Шастин Е.Н.</b> — Рентгенологическая и функциональная оценка регенерации костной ткани после оперативного вмешательства на тканях пародонта <i>Konovalova E., Ivanov P., Ziulkina L., Shastin E.</i> — Radiological and functional assessment of bone tissue regeneration after surgical intervention on periodontal tissues ..... 106
<b>Ефремов Б.И., Первова О.В., Черданцев Д.В.</b> — Комплексная оценка рисков при герниопластике послеоперационных вентральных грыж больших размеров <i>Efremov B., Pervova O., Cherdantsev D.</i> — Comprehensive risk assessment in hernioplasty of large postoperative ventral hernias ..... 83	<b>Пуздырева М.Н., Фищев С.Б., Севастянов А.В., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Васильева Н.А., Березкина Т.Н., Фернандо Н.В.</b> — Использование графической репродукции дентальной арки при зубочелюстных аномалиях: клинический случай <i>Puzdyreva M., Fishchev S., Sevastyanov A., Rozhkova M., Pavlova S., Vasilyeva N., Berezkina T., Fernando N.</i> — Using a graphic reproduction of the dental arch in dentofacial anomalies: a clinical case ..... 110
<b>Загорулько А.И., Нистратов Г.П.</b> — Внутриартериальное введение цисплатина у пациентов с распространенной карциномой верхнечелюстной пазухи. Эффективность и безопасность <i>Zagorulko A., Nistratov G.</i> — Intraarterial cisplatin administration in patients with advanced maxillary sinus carcinoma. Efficiency and safety ..... 87	<b>Рябая И.Н., Трохова М.В., Фокина Ю.С., Буравлёва Т.Ю., Тавкин Ю.С.</b> — Особенности течения и терапии фибрилляции предсердий у пациентов пожилого и старческого возраста: обзор современных данных <i>Ryabaya I., Trokhova M., Fokina Yu., Buravlyova T., Tavkin Yu.</i> — Characteristics of the course and therapy of atrial fibrillation in elderly and senile patients: a review of current data abstract ..... 117
<b>Карапетян Г.С., Дарчия Л.Ю., Шуйский А.А., Вахромеева П.Ю.</b> — Денервация надлопаточного нерва как метод симптоматического лечения терминальных стадий омартроза	<b>Севастянов А.В., Березкина Т.Н., Фищев С.Б., Павлова С.Г., Пуздырева М.Н., Рожкова М.Г., Шторина А.А., Орлова И.В.</b> — Изменения морфометрических параметров у пациентов

---

с глубокой резцовой дизокклюзией и уменьшением высоты гнатической части лица в процессе ортодонтического лечения	<i>Filatov S. — Robotized implantation practice in modern dentistry. prospects for the integration of artificial intelligence with implantology robots ... 127</i>
<i>Sevastyanov A., Berezkina T., Fischev S., Pavlova S., Puzdyreva M., Rozhkova M., Shtorina A., Orlova I. — Changes in morphometric parameters in patients with deep incisor malocclusion and a decrease in gnathic facial height during orthodontic treatment ..... 122</i>	
<b>Филатов С.Н. — Роботизированная имплантационная практика в современной стоматологии. перспективы интеграции искусственного интеллекта с роботами имплантологами</b>	
	<i>Яшнов А.А., Яшнова Н.Б., Бурцева М.А., Коновалова О.Г., Ханина Ю.С. — Диагностическая значимость креатинфосфокиназы при выявлении деструктивных форм холецистита у пациентов старшей возрастной группы</i>
	<i>Yashnov A., Yashnova N., Burtceva M., Konovalova O., Hanina J. — The diagnostic significance of creatine phosphokinase in the detection of destructive forms of cholecystitis in patients of the older age group ..... 136</i>
	<i>Наши авторы ..... 141</i>

# КИНИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ: ВЫИМАХА ГРУДНЫХ И ТАЗОВЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ПОРОДЕ ВЕЛЬШ-КОРГИ-ПЕМБРОК

## KINYSIOLOGY OF MOTOR PROCESSES: ARTICULATION ANGLE OF THE PECTORAL AND PELVIC LIMBS IN THE WELSH CORGI- PEMBROKE-BREED

P. *Mikhailova*  
O. *Liseikina*  
N. *Lebedev*

*Summary.* Due to the large number of breeds, the reference morphological parameters of the musculoskeletal system in Welsh Corgi dogs are subject to changes. The article presents the results of: studying the morphological parameters of the musculoskeletal system and their impact on motor activity; conducting biomechanical analysis, balance, and classification that affects the mechanisms and levers of movement.

*Keywords:* Biomechanics, Welsh corgi-Pembroke, kinisiology, breeding-show lines, family breeding.

Двигательная активность собаки достаточно хорошо изучена. Известно, что грудные и тазовые системные движения влияют на механику конечностей во время ровной рыси и зависят от силы реакции всего тела и отдельных конечностей на опору. Отклонения от постоянной скорости передвижения определяются суммарным углом импульса и учитываются в статистической модели. Исследования, подобные тому, что провел Walter R.M, Carrier D.R [5], показали, что бег в рыси требует уравновешивания моментов подачи относительных масс для обеспечения достаточной скорости, и поддержание импульса передаваемого от конечностей на корпус.

Дифференциальная функция конечностей зависит от крайнего расхождения углов импульса грудных и тазовых конечностей, что усиливает торможение передних конечностей и смещение движения задних конечностей, наблюдалось во время ровной рыси.

Поскольку мышцы прилагают меньшую силу при активном укорачивании, чем при удлинении, было бы вы-

**Михайлова Полина Александровна**  
Московская государственная академия ветеринарной  
медицины и биотехнологии имени им. К.И. Скрябина  
mikhailo.p.a@mail.ru

**Лисейкина Ольга Витальевна**  
ст. преподаватель, Московская государственная  
академия ветеринарной медицины и биотехнологии  
имени им. К.И. Скрябина  
ofoxi73@bk.ru

**Лебедев Никита Андреевич**  
д.э.н., профессор, Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии  
имени им. К.И. Скрябина  
swonson@bk.ru

*Аннотация.* В связи с большим количеством разведений, эталонные морфологические параметры опорно-двигательного аппарата у собак вельш-корги претерпевают изменения. В статье изложены результаты: изучения морфологических параметров опорно-двигательного аппарата и влияния их на двигательную активность; проведения биомеханического анализа, баланса и классификации, влияющей на механизмы и рычаги движения.

*Ключевые слова:* биомеханика, вельш-корги-пемброк, кинезиология, разведение собак шоу-линий.

годно, чтобы мышцы передних и задних конечностей более равномерно распределяли двигательную нагрузку вовремя ускорения для перехода в рысь. Проведенные на эту тему исследования не раскрывают систему двигательных процессов в полном объеме.

Важность такого исследования возросла в свете проблем с оцениванием движений собак судебской коллегией, в связи с непониманием, откуда начинается образование движений, каково механическое действие рычагов, влияние углов и мышечной развитости собаки со стороны кинезиологии.

Исследования по этому вопросу в основном ограничивались отдельными сравнениями влияния длины мышц и прикрепления их к осевому и периферическому скелету. Предполагалось, что достаточно провести анализ локомоции мышц (концентрических сокращений), протракции (движение вперёд) или ретракции (движение назад) [4]. Однако, слишком мало внимания уделялось, в упомянутых раннее исследованиях, вопросу баланса, позиции центра тяжести и образованию

корректного движения образованными рычагами и их степени свободы.

Цель данного исследования заключается в разработке нормативных параметров для корректной оценки функционирования двигательных процессов. При этом сравниваются собаки разведения шоу-линии и собаки рабочего разведения по ряду параметров:

- анатомическое и физиологическое строение;
- биомеханические отличия баланса бега;
- механизмы и рычаги движения.

В соответствие с целью поставлены следующие эмпирические и теоретические задачи исследования:

1. Провести теоретический анализ образования основных двигательных процессов и отдельных составляющих аспектов для формирования концепций движения.
2. Обобщить информацию о механических воздействиях на рычаги конечностей, их свободу и влияние гравитации.
3. Сравнить параметры движения для определения анатомического правильного строения в разведениях шоу-линий и рабочих линиях.
4. Оценить результативность и эффективность опорно-двигательного аппарата.

Общая выборка исследования составила 40 собак, из которых 12 от Воjojamile шоу-линии (начало племенной работы с 1966 года), 12 от Nireno семейства рабочего разведения (племенная работа с 1960<sup>х</sup> годов) и 16 особей выведены в результате кроссового скрещивания названных двух линий в российском питомнике (наименование скрыто по просьбе владельца).

Вся работа конечностей строится на преодолении силы гравитации и направлении на поддержание равновесия. Центр тяжести тела проектируется на площадь опоры. Голова, шея, туловище имеют хорошую аэродинамику, позволяющую животному испытывать как можно меньше сопротивление воздуха [1].

Основная длина пембрука должна быть в груди, затем уже пояснице и крестце. Линия верха — ровная, твердая, не отделяющаяся и не поднимающаяся от края. Круп и хвост должен быть на одном уровне с линией верха.

Статокинетические рефлексы возникают при ускорениях в прямолинейном и вращательном движении организма. Мышечные сокращения направлены на противодействие силам ускорения, сохранение нормальной позы, равновесия и ориентации в пространстве.

Динамика бега этой породы имеет свои особенности. Пемброк должен бежать с довольно длинным, свобод-

ным шагом, без высокого поднятия конечностей. Функционирование грудных конечностей достигается при тесном облегании грудной клетки, что позволяет глубокой овальной груди не мешать свободным движениям. Тазовые конечности сильные и гибкие с правильными углами, для хорошего толчка и правильного «вымаха». Задние лапы должны далеко проходить под телом и двигаться на одной линии с передними лапами, скакательные суставы не должны выворачиваться ни внутрь, ни наружу.

В рамках реализации эмпирического исследования на основании задач был проведен анализ анатомического строения собак 3<sup>х</sup> групп.

По линии Воjojamile Been Worth The Wait итоговые показатели длины статей из 20 представителей: 50 % — загружена грудная конечность, 25 % высокозадых, 25 % с короткой грудной клеткой, 30 % с отличным строением.

По линии Nireno Wicked Whispers показатели длины статей из 20 представителей: 40 % с загруженной грудной конечностью, 15 % с короткой грудной клеткой, 30 % с слабым толчком тазовых конечностей, 15 % с корректным строением и правильным вымаком.

В таблице 1 показано среднее соотношения строения грудных и тазовых конечностей характерные: Воjojamile Been Worth The Wait, Nireno Wicked Whispers.

Таблица 1.  
Среднее соотношение строения грудных и тазовых конечностей характерные для Воjojamile Been Worth The Wait и Nireno Wicked Whispers

Наименование линии	Средние соотношение лопатки/плеча, см	Средние соотношение бедра/голени, см
Bojojamile Been Worth The Wait	15,85/10,9	14,75/13
Nireno Wicked Whispers	17,25/13,4	15,75/14,47

Основываясь на особенности индивидуального прогресса движений, в рамках исследуемых линии и семейства, важно отметить, что движения и анатомически-физиологическое строение более правильное у семейства Nireno Wicked Whispers, т.к. соотношение лопатки и плеча/бедра и голени приближается к корректному соотношению 1:1.

Проведенное исследование объясняет механизм развития образования движения и даёт базу для определения лучших представителей по строению и правильному движению.

Мера взаимной подвижности двух звеньев кинематической цепи определяется в механике числом степеней свободы подвижности и деформируемости.

Пропорциональность строения собак зависит не только от отношения корпуса 2/1/1, но также от строения и соответствия грудного и тазового пояса анатомическому правильному расположению, углам сочленения плечелопаточного и тазобедренного сустава. Они должны быть примерно равны, чтобы обеспечить одинаковый вынос вперед как грудных, так и тазовых конечностей. Нарушение пропорций строения собаки во многих случаях является причиной ее неправильного движения.

Полученные результаты подтверждают теоретическое предположение о том, что между движением и анатомически-физиологическом строением тесная связь. Другими словами, в формировании движений на первом месте стоит анатомический аспект.

Неправильное строение грудных конечностей приводит к быстрому износу, т.к. они амортизируют при

инерционном толчке тазовых конечностей. В такой ситуации недораскрытие лопатки из-за короткого плеча способствует не полному выдвижению передней конечности вперед это приводит к усталости и неспособности выполнять долгую работу.

Основываясь на этом, селекционерам- заводчикам породы вельш корги пемброк необходимо придерживаться в выборе племенной пары представителей с правильным анатомическим строением корпуса и конечностей, что будет приводить к минимизированию износа конечностей. Это увеличивает выносливость и долговечности суставов, что положительно повлияет на эффективность использования вельш корги пемброк рабочего разведения и позволит определить оптимальные тенденции в разведении особей шоу-класса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова, П.А. Биомеханика: модель-схема на пастушьих собак породы вельш-корги-пемброк / П.А. Михайлова // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : сборник материалов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 150-летию ФГБОУ ВО КАЗАНСКАЯ ГАВМ, Казань, 15–16 марта 2023 года. Том II. — Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2023. — С. 28–31. — EDN BDYCMN.
2. Слесаренко Н.А., Бабичев Н.В., Торба А.И., Сербский А.Е. Анатомия собаки. Висцеральные системы (спланхнология): Учебник / Под ред. Проф. Н.А. Слесаренко. — СПб.: Издательство «Лань», 2016 — С.88.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Иванов, А.А. Этология с основами зоопсихологии: учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб: издательство «Лань», 2013. — С. 624.
4. Хаурдебайт Жан-Пьер, Сеймур Шари Л. Массаж собак.
5. Walter RM, Carrier DR. Effects of fore-aft body mass distribution on acceleration in dogs. *J Exp Biol.* 2015 May 15;214(Pt 10):1763–72. doi: 10.1242/jeb.054791. PMID: 21525324.

© Михайлова Полина Александровна (mikhailo.p.a@mail.ru); Лисейкина Ольга Витальевна (ofoxi73@bk.ru);  
Лебедев Никита Андреевич (swonson@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРОЯВЛЕНИЯ ТРУСОСТИ У СОБАК И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ

## STUDY OF THE MANIFESTATIONS OF FOOLISHNESS IN DOGS AND ITS CHANGE IN THE ADAPTATION PROCESS

*E. Ogurechnikova*

*O. Liseikina*

*O. Kishkinova*

*Summary.* The article develops the problem of stopping stress in dogs in the conditions of a zoo hotel. The authors present the results of the study of the change in the manifestation of cowardice in the behavior of animals in the process of socialization, the severity of cowardice in dogs is classified.

*Keywords:* Dog Cowardice, Temporary Animal Shelter, Animal Hotel, Dog Stress Management, Socialization, and Canine Science.

*Огуречникова Екатерина Андреевна*  
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии

имени К.И. Скрябина»

*ekaterina.ogurechnikova@yandex.ru*

*Лисейкина Ольга Витальевна*

старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Московская  
государственная академия ветеринарной медицины

и биотехнологии имени К.И. Скрябина»

*olfoxi73@bk.ru*

*Кишкинова Ольга Алексеевна*

старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Московская  
государственная академия ветеринарной медицины

и биотехнологии имени К.И. Скрябина»

*olga.19672015@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье освещена проблема купирования стресса у собак в условиях зоогостиницы. Авторами представлены результаты исследования изменений проявления трусости в поведении животных в процессе социализации, классифицирована выраженность трусости у собак.

*Ключевые слова:* проявления трусости у собак, временное содержание животных, зоогостиница, купирование стресса у собак, социализация, кинология.

**С**одержание собаки в условиях зоогостиницы связано со стрессом, который переживает собака. Стресс при попадании в условия зоогостиницы является актуальной проблемой и для владельцев собак, которые переживают за благополучие своего животного.

Объект исследования: изменения проявления трусости в поведении собак в условиях зоогостиницы. При высокой популярности дальних путешествий в современных реалиях, а также при распространенности собак как домашних животных существует высокий спрос на зоогостиницы и кинологические центры с услугами временного содержания животных, называемого «передержкой».

На первый план выходит проблема купирования стресса с целью предотвращения серьезного вреда здоровью животного. В условиях зоогостиницы или «передержки» собака может отказываться от еды, воды, нанести вред себе (выгрызание шерсти, отгрызание когтей, психогенное вылизывание и расчесывание и т.п.).

Стресс — это комплекс физиологических и психологических реакций организма на изменение состояния внешней или внутренней среды. Физиологический

стресс был подробно описан Гансом Селье в первой половине XX века. Именно он сформулировал основополагающую и получившую широкое распространение теорию общего адаптационного синдрома. Согласно данной теории, организм во время стрессовой ситуации проходит три стадии: тревоги (мобилизации), резистентности (адаптации) и истощения. На всех стадиях ведущая роль принадлежит коре надпочечников, усиленно синтезирующей стероидные гормоны — глюкокортикоиды, которые выполняют адаптивную функцию. Впоследствии Г. Селье ввел дополнительные понятия: эустресс («полезный» стресс) и дистресс («вредный» стресс) [5].

Сочетание сильных или хронических стрессовых воздействий влечет к развитию двух основных типов девиантного поведения (лат. deviatio — отклонение).

1. Агрессивный тип, выражющийся деструктивным поведением и повышенной возбудимостью.
2. Тревожный тип, связанный со страхами, неврозами или даже фобиями.

Объектом исследования выступают изменения проявления трусости в поведении собак в условиях зоогостиницы.

В рамках данного исследования рассмотрены две группы собак, отобранных по признаку наличия работы по социализации.

С опытной группой собак проводилась работа по социализации. Кинолог осуществлял обучение собаки на выкакам по запросу клиента (общий курс дрессировки, подготовка к выставке и т.п.).

С контрольной группой не проводилась работа по социализации. Она используется для сравнения показателей опытной группы.

Животные всех групп получали достаточный рацион и одинаковый мочон. Длительность эксперимента составила 5 дней. Оценка проводилась в 1-й, 3-й день и 5-й день.

Оценка выраженности трусости производилась по пятибалльной шкале:

0 — Ярко выраженная трусость/агрессивность, попытки выпадов на сотрудников, укусы и рычание, запредельное торможение,

1 — Выраженная трусость/агрессивность, рычание и оскал, замирание собаки,

2 — Заметны признаки трусости/агрессивности, выраженное неуверенное поведение,

3 — Проявлена трусость/агрессивность, есть рычание и отказ от подчинения,

4 — Заметны слабые признаки агрессивности/трусости, неуверенное поведение,

5 — Не проявляет трусости или агрессивности.

В первый день из 15 собак опытной группы, две имеют нулевой показатель, в контрольной — на данном уровне находятся 2 собаки. В опытной группе максимальный показатель первого дня эксперимента имеют 6 собак, однако, к пятому дню это число вырастает до 9. В контрольной группе максимальный показатель в первый день наблюдается у 7 собак, к пятому дню число таких собак возрастает также до 9.

При анализе изменений наблюдается тенденция снижения уровня трусости у собак обеих групп, рассмо-

тренных в исследовании. Проявление трусости как отклоняющегося поведения при адаптации проявляется примерно у 43 % собак, рассмотренных в исследовании, в виде ответной реакции на новые условия.

Средний балл по группам в 1 день примерно одинаков, однако, виден разрыв в показателе среднего балла — у опытной группы он существенно возрастает.

К пятому дню количество собак, проявляющих отклоняющееся поведение, снижается до 20 %. К концу периода исследования ярко выраженной трусостью остается у 4 собак из 30, при показателях в первый день — 11 из 30.

Более резкое изменение параметров в опытной группе и более плавное и неконтрастное повышение в контрольной свидетельствуют о том, что контакт с человеком оказывает положительное воздействие на собак, сокращая период адаптации. Однако, не оказывает влияние на итоговое число собак, не проявляющих отклоняющееся от нормы поведение.

Естественное снижение стресса от попадания в новую среду способен дать процесс социализации животного. Под социализацией понимают многоступенчатый процесс, в ходе которого складывается личность социального животного, и образуются связи с его окружением. В контексте данного исследования, социализация рассматривается как процесс привыкания собаки или ее приучения к существованию в условиях зоогостиницы, а также ее поведению на выгульных площадках или при контакте с сотрудниками гостиницы. Привыкание достигается путем повторения стрессовых ситуаций и ситуаций контакта с человеком в условиях временного содержания.

На основании оценки собак были созданы гистограммы и проведен анализ. Собаки опытной группы показывали большую изменчивость балльной оценки по сравнению с собаками контрольной группы. Данное явление может быть объяснено тем, что собак, имеющих определенные поведенческие проблемы или склонность к ним, чаще оставляют в рамках предоставления услуги «передержка с дрессировкой». Также, собаки, имеющие склонность к определенным поведенческим проблемам, чаще проявляют девиантное поведение более остро. В среднем, у собак опытной группы на первый день показатели были ниже, чем у собак контрольной группы, однако к пятому дню показатели сравнялись.

ЛИТЕРАТУРА

1. Огуречникова, Е.А. Выпускная квалификационная работа «Изучение Особенностей адаптации собак в условиях зоогостиницы» /Огуречникова Е.А.— Москва: МГАВМиБ, 2024— 56 с.
2. Павлов, И.П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных / И.П. Павлов. — Москва: Ленанд, 2021. — 664 с.
3. Гельберт, М.Д. Физиологические основы поведения и дрессировки собак / М.Д. Гельберт. — Москва: КолосС, 2007. — 237 с.
4. Крушинский, Л.В. Формирование поведения животных в норме и патологии / Л.В. Крушинский. — Москва: Издательство Московского университета, 1960. — 264 с.
5. Оверолл, К. Клинические методы коррекции поведения собак и кошек / К. Оверолл. — Москва: Софион, 2005. — 386 с.
6. Федота Наталья Викторовна Анализ формирования и проявления агрессии у собак различных пород // Известия ОГАУ. 2012. №36-1.
7. Абрезанова Ю.А., Федосова В.С. Передержка собак // Инновационная наука. 2019. №2.
8. Методический подход к диагностике и фармакологической коррекции стресса у собак и кошек / Е.А. Карелина [и др.] // Российский ветеринарный журнал. — 2018. — Т. 5. — С. 31–36.
9. Лисейкина, О.В. Оценка экономической эффективности использования различных видов кормления собак / О.В. Лисейкина, О.А. Яковлева // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции, Москва, 08 ноября 2022 года / Под общей редакцией С.В. Позябина, Л.А. Гнездиловой. — Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. — С. 583–584. — EDN XHSJZG.

© Огуречникова Екатерина Андреевна (ekaterina.ogurechnikova@yandex.ru); Лисейкина Ольга Витальевна (ofoxi73@bk.ru);

Кишкунова Ольга Алексеевна (olga.19672015@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

## DATA PROCESSING METHODS FOR ANALYZING PUBLICATION ACTIVITY IN COMPUTER SCIENCE

*N. Badanina*

**Summary.** The relevance of this study is driven by the fact that over the past decade, computer science has become a field characterized by high-velocity scientific communication. Publication spikes often coincide with the emergence of breakthrough results, such as the release of updated standards or the integration of language models into data analysis practices. However, the scientometric literature lacks standardized tools capable of automatically identifying such short-term anomalies and linking them to external events. The aim of this work is to create a reproducible pipeline for analyzing publication time series in the arXiv computer science category to detect statistically significant spikes and subsequently interpret them by correlating with external events. Methodologically, the research relies on a combination of bibliometric and temporal approaches. The results revealed the presence of two statistically significant spikes. The proposed pipeline enables the quantitative identification and explanation of anomalous surges in publication activity. The findings can be used for the early detection of new research trends and key research groups, which in turn can inform more effective planning of research and development (R&D) directions.

**Keywords:** computer science, anomaly detection, time series, ARIMA, statistical methods.

**Баданина Наталья Дмитриевна**  
Аспирант, Российской экономический университет  
имени Г.В. Плеханова,  
natashabadanina99@gmail.com

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена тем, что компьютерные науки за последние десять лет превратились в область, где научная коммуникация протекает с высокой скоростью, а публикационные всплески часто совпадают с появлением прорывных результатов, будь то выход обновленных стандартов или интеграция языковых моделей в практику анализа данных. Однако в литературе по наукометрии отсутствуют стандартизированные инструменты, способные автоматически выделять такие краткосрочные аномалии и связывать их с внешними событиями. Целью настоящей работы является создание воспроизводимого пайплайна анализа временных рядов публикаций в категории компьютерных наук arXiv с целью выявления статистически значимых всплесков и их последующей интерпретации через корреляцию с внешними событиями. Методологически исследование опирается на комбинацию библиометрических и временных подходов. Результаты показали наличие двух статистически значимых всплесков. Предложенный пайплайн позволяет количественно фиксировать и объяснять аномальные всплески публикационной активности. Результаты могут использоваться для раннего выявления новых направлений исследований и ключевых исследовательских групп, что в перспективе способствует более эффективному выбору направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

**Ключевые слова:** компьютерные науки, поиск аномалий, временные ряды, arima, статистические методы.

## Введение

Современные компьютерные науки развиваются по ряду параллельных траекторий, каждая из которых может в любой момент привести к прорыву, оказывающему влияние на инфраструктуру всего интернета. Традиционно наиболее значимые события, такие как взлом широко используемых алгоритмов, выход новых стандартов, появление квантовых компьютеров, сопровождаются всплеском научных публикаций [1]. Однако, в отличие от других дисциплин, где цикл «событие — публикация» занимает месяцы или годы, в компьютерных науках этот лаг сокращается до дней и недель. Препринты arXiv становятся основной площадкой оперативного обмена результатами, блоги и github-репозитории дополняют традиционные журналы и конференции. В этих условиях отсутствие количественных

инструментов, позволяющих своевременно выявлять и интерпретировать публикационные всплески, превращается в системный риск.

В мировой наукометрии уже накоплен значительный опыт анализа временных рядов публикаций [2]. Исследования показали, что публикационные всплески в области компьютерного зрения в 2012 году коррелируют с выходом ImageNet [3], и предложили методику связывания всплесков с внешними календарными событиями. Однако для всех информационных технологий эти результаты применимы лишь частично, так как область отличается высокой скоростью коммуникаций, тесной связью с индустрией и наличием регулярных внешних событий. В российской наукометрии компьютерные тематики традиционно анализировались либо через цитирования, либо через патентные базы.

Цель работы — разработать автоматизированный пайпайн, который на основе открытых данных arXiv позволяет выявлять аномальные всплески публикаций, количественно оценивать их значимость и связывать с внешними событиями. Под всплеском понимается статистически значимое отклонение ежемесячного числа публикаций от фонового тренда, вызванное внешним катализатором. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: во-первых, собрать полный и репрезентативный корпус препринтов, относящихся к компьютерным наукам, опубликованных в 2024 году; во-вторых, очистить и нормализовать метаданные так, чтобы обеспечить воспроизводимость исследования; в-третьих, построить ежемесячные временные ряды публикационной активности и применить не менее трёх независимых методов обнаружения аномалий; в-четвертых, интерпретировать выявленные всплески через корреляцию с внешними событиями, такими как раунды стандартизации NIST, публикации CVE или анонсы крупных компаний; в-пятых, выявить тематические кластеры, сопутствующие всплескам, и описать структуру сети соавторства, чтобы определить, как меняются паттерны коллабораций в моменты научных сдвигов.

### Материалы и методы

Исходный массив данных формировался через официальное REST-API arXiv, доступное по адресу <https://export.arxiv.org/api/query> [4]. Запрос строился на основе строки `search_query=cat:cs.*`, что гарантировало выборку всех записей, отнесённых к категориям `cs.IT`, `cs.LG`, `cs.AI`, `cs.CV`, `cs.CY`, поскольку практика показывает, что значительная часть междисциплинарных работ маркируется несколькими категориями сразу. Параметры `max_results` и `start` регулировались таким образом, чтобы получить все записи за 2024 год без потерь. Ограничение по дате подачи (`from=2024-01-01, until=2024-12-31`) применялось на стороне клиента после получения полного набора записей, чтобы исключить `right-censoring bias`, характерный для конца декабря. В результате первичной выборки было получено 7184 записи, из которых после фильтрации по дате осталось 6527.

Структура каждой записи включала поля `id`, `title`, `summary`, `authors`, `categories`, `published`, `updated` и `links`. Поле `id` представляло собой уникальный идентификатор вида `arxiv.org/abs/YYMM.NNNNN` и служило основой для последующей дедупликации. Поля `title` и `summary` содержали неструктурированный текст, подлежащий нормализации. Поле `authors` включало список словарей с ключами `name` и `affiliation`, из которых извлекались фамилии и инициалы. Поле `categories` представляло собой строку категорий, разделённых пробелами или запятыми. Поля `published` и `updated` содержали даты в формате ISO 8601 со временной зоной UTC.

На этапе предобработки последовательно выполнялись операции очистки, нормализации и обогащения данных. Дедупликация проводилась по полю `id`, при этом записи с одинаковыми `id`, но более поздним полем `updated` рассматривались как дубликаты и удалялись из корпуса. Текстовые поля `title` и `summary` приводились к нижнему регистру, из них удалялись HTML-сущности, математические формулы в формате LaTeX заменялись на плейсхолдеры, чтобы исключить влияние разметки на последующий анализ. Категории нормализовались путём приведения к нижнему регистру и разбиения строки на список тегов; например, строка `"cs.CR cs.LG"` преобразовывалась в список `["cs.cr", "cs.lg"]`. Даты `published` и `updated` конвертировались в объекты `datetime` с часовым поясом UTC, после чего извлекались признаки `year`, `month` и `period` в формате YYYY-ММ. Дополнительно для каждой записи вычислялось число авторов и формировалось множество уникальных категорий, что позволяло быстро фильтровать записи по пересечению тематик.

Ограничения выборки были зафиксированы и количественно оценены. Задержки индексации варьируются от нескольких часов до 14 дней, особенно в конце декабря, что вносит погрешность в последний месяц временного ряда.

Для каждого месяца 2024 года подсчитывалось число публикаций  $P_t$ . Пропущенные значения отсутствовали, поскольку каждая запись имела корректную дату `published`. Для выявления фонового тренда применялось скользящее среднее с окном 3 месяца, вычисляемое как  $\hat{S}_t = (P_{t-1} + P_t + P_{t+1}) / 3$  для внутренних точек и адаптированное для краёв. Остаточная дисперсия оценивалась как  $\sigma^2 = \sum (P_t - \hat{S}_t)^2 / (n - 2)$ , где  $n = 12$ . Значение  $\sigma$  составило 88 публикаций, что соответствует коэффициенту вариации 19 %.

Скользящее среднее с порогом  $\pm 2,5\sigma$ . Точка  $t$  объявлялась всплеском, если  $P_t$  превышало  $\hat{S}_t + 2,5\sigma$  или было ниже  $\hat{S}_t - 2,5\sigma$ . Данный метод обеспечивает прямую интерпретируемость: отклонение выражается в долях стандартного отклонения от локального тренда. Порог  $2,5\sigma$  выбран как компромисс между чувствительностью и ложными срабатываниями; при нормальном распределении ожидается не более одного ложного сигнала на 12 наблюдений.

Кумулятивная сумма CUSUM строилась следующим образом. Базовое значение  $C_0$  полагалось равным нулю. На каждом шаге вычислялись верхняя и нижняя кумулятивные суммы:

$$C_t^+ = \max(0, C_{t-1}^+ + (P_t - \hat{S}_t - k))$$

$$C_t^- = \max(0, C_{t-1}^- - (P_t - \hat{S}_t + k))$$

где  $k = 0,5\sigma$  служит фильтром «безразличия», а  $h = 5\sigma$  — порогом сигнализации. При превышении  $C_t^+$  или  $C_t^-$  значения  $h$  фиксировался момент всплеска. Параметры подобраны эмпирически и обеспечивают среднюю линейную чувствительность к сдвигу среднего на  $1\sigma$ .

Модель ARIMA(1,1,1) подбиралась по критерию Акаике (AIC). Первое разностное дифференцирование устранило тренд, а коэффициенты AR(1) и MA(1) оценивались методом максимального правдоподобия. Остатки  $\varepsilon_t = P_t - \hat{S}_t$  модели проверялись на нормальность тестом Шапиро–Уилка при уровне значимости 0,05. Аномалии определялись как  $|\varepsilon_t| > 2,5\sigma$ . Диагностика показала отсутствие автокорреляции в остатках (тест Льюнга–Бокса,  $p = 0,27$ ), что подтверждает адекватность модели.

Для анализа тематической структуры построен двудольный граф  $G = (V, E)$ , где  $V$  — множество категорий arXiv,  $E$  — множество рёбер, отражающих совместное появление категорий в одной статье. Вес ребра  $w_{ij}$  равен числу статей, в которых встречаются категории  $i$  и  $j$ . Граф строился на основе полного корпуса без фильтрации по времени, чтобы обеспечить устойчивость кластеров. Кластеризация выполнялась алгоритмом Лувена [5] с параметрами  $\gamma = 1,0$  и  $resolution = 1,0, 100$  итераций случайного порядка вершин, после чего выбирался вариант с максимальной модульностью. Модульность  $Q$  вычислялась по формуле

$$Q = \left( \frac{1}{2m} \right) \sum_{i,j} \left( A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(c_i, c_j),$$

где  $m$  — сумма весов рёбер,  $A_{ij}$  — вес ребра,  $k_i$  — степень вершины,  $c_i$  — идентификатор кластера.

Граф соавторства строился по полю authors. Вершина представляла уникального автора (фамилия и инициалы), ребро — совместную публикацию. Вес ребра равен числу совместных работ. Для устранения шумов от единичных коллабораций граф фильтровался по минимальному весу ребра  $w \geq 2$ . Кластеризация Лувена применялась аналогично тематическому графу. Дополнительно вычислялись центральности: степень, близость и посредничество, однако в финальном анализе использовалась только модульность как показатель устойчивости сообществ.

## Результаты

Временной ряд ежемесячного числа публикаций показал выраженную сезонность и два резких подъёма. Январь начался с 432 препринтов, февраль вырос до 594, март достиг 539, апрель снизился до 521. Май продемонстрировал резкий скачок до 608 публикаций. Июнь вернулся к 560, июль опустился до 533, август достиг минимума в 476. Сентябрь вырос до 574, октябрь показал максимум 642, ноябрь снизился до 529, декабрь закрылся на 519 (рис. 1).

Применение трёх независимых методов подтвердило статистическую значимость майского и октябрьского пиков (табл. 1).

Для остальных месяцев ни один метод не зафиксировал превышение порога.

Майский всплеск оказался синхронным с финальным раундом стандартизации алгоритмов постквантовой об-

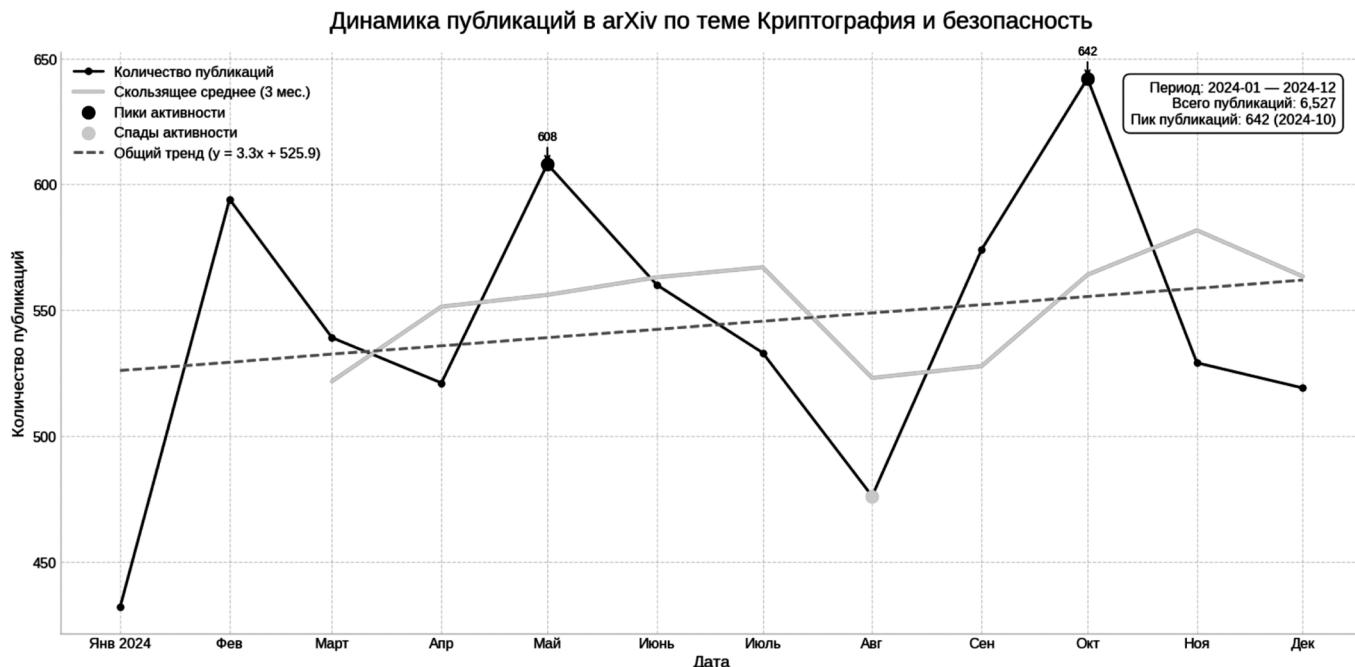


Рис. 1. Временной ряд ежемесячного числа публикаций

Таблица 1.  
Оценка моделей всплесков

Месяц	$P_t$	$p\_value(CUSUM)$	$\varepsilon_t(ARIMA)$
Май	608	0,006	2,61
Октябрь	642	0,004	2,73

работки данных, проводимым Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST PQC). [5]

Распределение числа авторов на статью имеет выраженный пик при трёх соавторах (31 % всех работ). Среднее значение составляет  $3,2 \pm 1,4$  автора, медиана — 3.

Граф соавторства после фильтрации  $w \geq 2$  содержит 2 184 вершины и 3 421 ребро. Кластеризация Лувена вы-

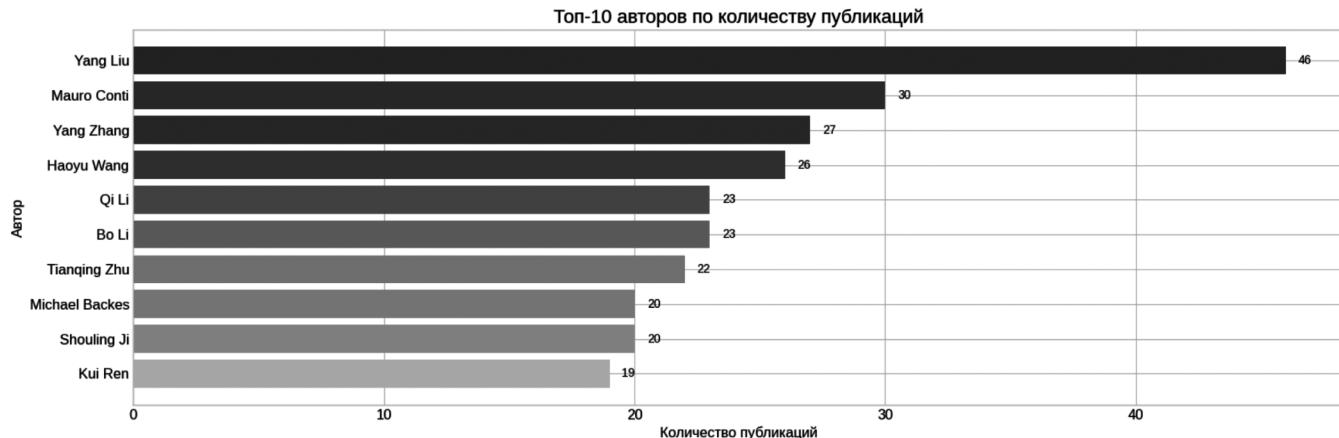


Рис. 2. Анализ авторов публикаций

### Сеть соавторства топ-50 авторов в arXiv

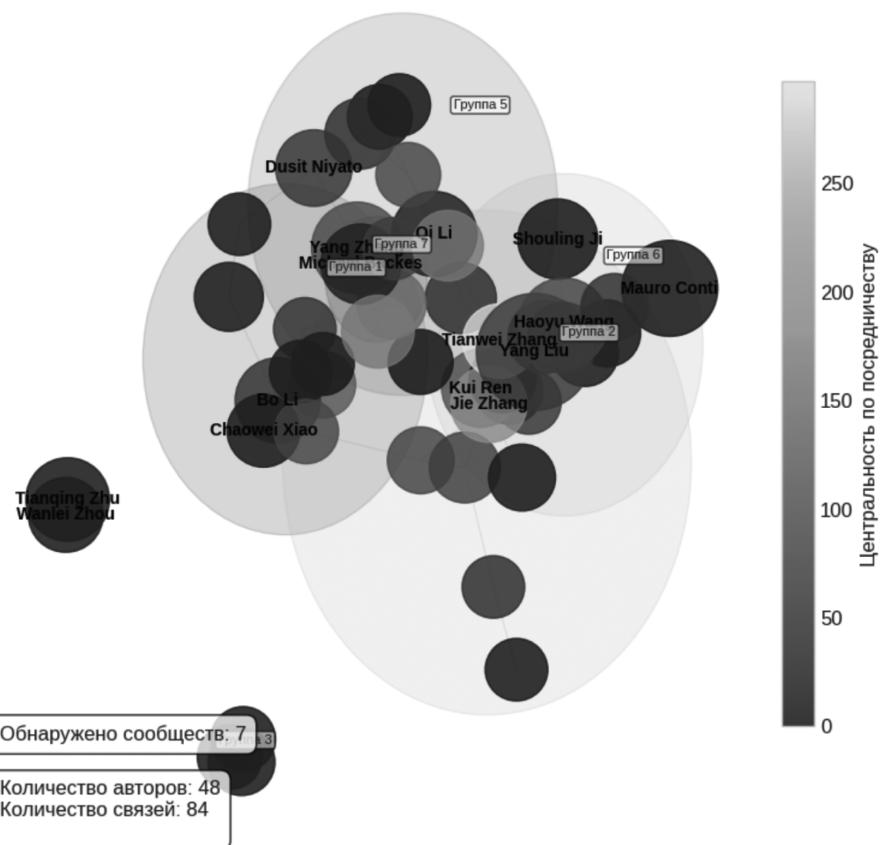


Рис. 3. Сеть соавторства

делила 214 компонент, при этом крупнейшая охватывает 12 % авторов и 28 % статей. Центральность посредничества выявила 17 «ключевых» авторов, связывающих разные кластеры (рис. 3). Анализ показал, что в моменты всплесков число новых уникальных авторов, впервые публикующихся в cs.\*, возрастает, что свидетельствует о притоке исследователей из смежных областей.

Задержки индексации варьируются от 0 до 14 дней, что вносит шум в декабрьский ряд. Ошибки категоризации авторов приводят к включению  $\approx 4$  % статей, не относящихся к компьютерным наукам. Наконец, авторские имена не унифицированы, что может приводить к дроблению вершин в графе соавторства. Однако проверка по 100 случайным авторам показала, что доля дубликатов менее 1 %, поэтому влияние ограничено.

Предложенный пайплайн может быть интегрирован в инфраструктуру финансирующих организаций для раннего выявления новых направлений. Например, фонд, отслеживая всплески, может переориентировать гранты на постквантовую обработку данных за месяц до официального объявления стандарта. Конференции могут оперативно формировать специальные сессии, журналы — выпускать тематические номера.

### Выводы

Исследование подтвердило гипотезу о существовании статистически значимых всплесков публикационной

активности в компьютерных науках и продемонстрировало возможность их количественной интерпретации. Первый вывод состоит в том, что разработанный пайплайн, включающий сбор данных через официальное API arXiv, систематическую предобработку метаданных и применение трёх независимых методов обнаружения аномалий, обеспечивает воспроизводимый и надёжный способ фиксации таких всплесков. Второй вывод заключается в установлении двух конкретных всплесков: в мае и октябре 2024 года. Оба всплеска статистически значимы на уровне  $p < 0,01$  по всем трём методам и синхронны с внешними событиями. Третий вывод состоит в том, что тематическая структура публикаций 2024 года описывается двумя устойчивыми кластерами. Эти кластеры сохраняются независимо от временных всплесков и указывают на глубинное разделение исследовательского поля. Четвёртый вывод заключается в том, что типичная статья 2024 года имеет трёх соавторов и принадлежит к одному из двух кластеров. Предложенный подход масштабируется на другие быстро развивающиеся области науки путём замены категории и ключевых слов и может быть интегрирован в инфраструктуру финансирующих организаций, конференций и редакций журналов для раннего выявления новых направлений исследований и оперативного планирования перспективных научных программ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Brown T.B. et al. Language models are few-shot learners // Proc. NeurIPS. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901.
2. Barabási A.-L. Network science. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. 456 p. ISBN 978-1-107-07626-6.
3. arXiv API Documentation. URL: <https://arxiv.org/help/api>
4. Newman M.E.J. Networks: An Introduction. Oxford: Oxford University Press, 2010. 720 p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199206650.001.0001.
5. Blondel V.D. et al. Fast unfolding of communities in large networks // Journal of Statistical Mechanics. 2008. P. P10008. DOI: 10.1088/1742-5468/2008/10/P10008.
6. Waltman L, van Eck N.J. A new methodology for constructing a publication-level classification system of science // Journal of Informetrics. 2012. Vol. 6, no. 4. P. 738–755. DOI: 10.1016/j.joi.2012.06.004.

---

© Баданина Наталья Дмитриевна (natashabadanina99@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДИПФЕЙКОВ В ВИДЕОКОНТЕНТЕ

## EVALUATION OF METHODS FOR DEEPFAKE DETECTION IN VIDEO CONTENT

**N. Evplov**

**Summary.** The growing sophistication and accessibility of deepfake technologies pose a serious threat to information security by facilitating the spread of disinformation and undermining trust in digital content. Effective countermeasures require the development and deployment of robust detection systems capable of operating under large data volumes and a variety of falsification techniques. This study presents a comparative evaluation of three distinct approaches to deepfake detection in video content—spectral analysis, a convolutional neural network (CNN), and a hybrid algorithm—with the goal of identifying the optimal balance among precision, recall, and performance.

For the experiment, a representative dataset of over 4,000 video clips was compiled, including genuine recordings captured under various conditions and deepfakes generated using popular tools such as DeepFaceLab. The effectiveness of each method was assessed using standard metrics—precision, recall, and F1-score—as well as false positive and false negative rates. Additionally, algorithm performance was measured across different data volumes to evaluate scalability.

Results demonstrated that the hybrid algorithm achieved the highest performance, with 95.8 % precision and a 94.7 % F1-score, indicating its superior ability to detect forgeries while minimizing errors. The CNN offered a balanced solution, only slightly trailing in precision but surpassing the hybrid method in processing speed. Spectral analysis proved to be the fastest yet least accurate approach. It was also observed that as deepfakes became more realistic and system load increased (through parallel stream processing), the effectiveness of all methods declined; however, the hybrid approach remained the most robust.

The study confirms that no universal solution exists for deepfake detection. The choice of the optimal method depends on specific requirements: the hybrid algorithm is preferable when maximum accuracy is needed, whereas spectral analysis and CNNs are better suited for real-time applications. The most reliable defense strategy involves multi-layered systems combining several methods, thereby enhancing overall resilience against continually evolving video falsification technologies.

**Keywords:** deepfake, detection methods, convolutional neural network, video content, performance evaluation.

**Евллов Никита Александрович**  
ФГБОУ ВО Пензенский государственный  
технологический университет  
evplov.n@mail.ru

**Аннотация.** Растущая изощренность и доступность технологий дипфейков представляет серьезную угрозу информационной безопасности, способствуя распространению дезинформации и подрывая доверие к цифровому контенту. Эффективное противодействие этой угрозе требует разработки и внедрения надежных систем обнаружения, способных работать в условиях больших объемов данных и разнообразия методов фальсификации. Настоящее исследование посвящено сравнительной оценке трех различных подходов к обнаружению дипфейков в видеоконтенте: спектрального анализа, сверточной нейронной сети (СНС) и гибридного алгоритма, с целью определения оптимального баланса между точностью, полнотой и производительностью.

Для проведения эксперимента был сформирован репрезентативный датасет из более чем 4000 видеороликов, включающий как подлинные записи, снятые в различных условиях, так и дипфейки, сгенерированные с помощью популярных инструментов, таких как DeepFaceLab. Эффективность каждого из трех методов оценивалась по стандартным метрикам: точность, полнота, F-мера, а также по уровню ложноположительных и ложноотрицательных срабатываний. Дополнительно измерялась производительность алгоритмов при обработке различных объемов данных для оценки их масштабируемости.

Результаты показали, что гибридный алгоритм продемонстрировал наивысшую эффективность, достигнув точности 95,8 % и F-меры 94,7 %, что свидетельствует о его способности наилучшим образом выявлять подделки при минимизации ошибок. Сверточная нейронная сеть показала себя как сбалансированное решение, незначительно уступая в точности, но превосходя по скорости гибридный метод. Спектральный анализ оказался самым быстрым, но наименее точным методом. Также было установлено, что с ростом реалистичности дипфейков и увеличением нагрузки на систему (параллельная обработка потоков) эффективность всех методов снижается, однако гибридный подход сохраняет наибольшую устойчивость.

Исследование подтверждает, что не существует универсального решения для обнаружения дипфейков. Выбор оптимального метода зависит от конкретных задач: гибридный алгоритм предпочтителен для ситуаций, где требуется максимальная точность, тогда как спектральный анализ и СНС более подходят для систем, работающих в реальном времени. Наиболее надежной стратегией противодействия является внедрение многоуровневых систем, сочетающих несколько методов, что позволит повысить общую устойчивость к постоянно развивающимся технологиям фальсификации видео.

**Ключевые слова:** дипфейк, методы обнаружения, сверточная нейронная сеть, видеоконтент, оценка эффективности.

## Введение

Современные методы фальсификации видеоконтента становятся всё более изощрёнными, что в значительной степени усложняет задачу их обнаружения и нейтрализации на различных цифровых платформах. Технология дипфейков, базирующаяся на алгоритмах глубокого обучения, позволяет создавать убедительные, но при этом полностью поддельные видеозаписи, которые практически невозможно распознать на глаз [7]. Рост количества фейковых видео в интернете порождает серьёзные этические и социальные проблемы, ведь широко распространённый, но недостоверный видеоматериал негативно влияет на общественное мнение, формирует ложные суждения и может приводить к конфликтам [2]. Дипфейк-технологии находят применение не только в индустрии развлечений, где с помощью дополнительных эффектов улучшают качество кадров, но и в криминальных схемах, связанных с клеветой и дезинформацией [14]. Одним из наиболее заметных аспектов данной проблемы является использование поддельных видео знаменитостей в политических, коммерческих и клеветнических целях, что способствует значительному росту недоверия к цифровой информации. На фоне такой масштабной угрозы возникает потребность в разработке комплексных систем мониторинга и анализа, способных оперативно выявлять и блокировать фальсифицированный видеоконтент. Именно поэтому актуальность вопросов, связанных с тестированием методик детектирования дипфейков, остаётся чрезвычайно высокой уже несколько лет.

Параллельно с развитием нейронных сетей, способных имитировать образы людей с пугающей точностью, в исследовательском пространстве формируется множество подходов к противодействию подобным фальсификациям [1]. Сложность задачи объясняется тем, что видеофайлы значительно труднее анализировать в реальном времени из-за большого объёма данных и необходимости учитывать динамику кадров [5]. Тем не менее специалисты выделяют ряд признаков, позволяющих определить искусственные искажённые элементы: неестественное мерцание, аномалии в текстурах кожи и волос, нарушение синхронизации движений губ со звуком и прерывания в цветовой гамме [3]. Нередко более продвинутые системы маскируют эти погрешности, используя дополнительные слои генерации, что усложняет «базовую» проверку. Поэтому разработчики всё активнее применяют гибридные методы обработки — от свёрточных нейронных сетей до алгоритмов машинного зрения, а также всё чаще ведутся исследования по интеграции детекторов аномальной мимики в потоки видеоданных [11]. Подобные меры становятся единственно возможными при массовых потоках видео, так как ручная модерация требует значительных человеческих ресурсов и времени. При правильном подборе инструментов,

включающем анализ микропроявлений и статистическое сопоставление с шаблонами, доля ошибочных детекций снижается, однако на кону остаётся постоянный риск пропустить новые, более аддитивные методы генерирования дипфейков. По этой причине системная оценка различных подходов к идентификации поддельных роликов в режиме фактических нагрузок требует разработки унифицированных критериев и применения статистически обоснованных показателей точности распознавания, что и будет рассмотрено в данном исследовании.

## Материалы и методы исследования

При планировании эксперимента по оценке эффективности методов обнаружения дипфейков в видеоконтенте, прежде всего, важно сформировать репрезентативную выборку тестовых материалов [9]. Для этой цели мы собрали датасет, включающий около четырёх тысяч роликов, часть из которых были сгенерированы с помощью популярных библиотек дипфейков, таких как Faceswap, DeepFaceLab и их модификации на базе TensorFlow [4]. Оставшаяся часть контента содержала подлинные видео, снятые в различных условиях освещения и с разным разрешением, что позволило воспроизвести реалистичный набор условий, в которых работают современные детекторы [13]. При этом учитывались факторы, связанные с аппаратными особенностями: съёмка велась на устройства различной ценовой категории, от смартфонов до профессиональных камер. Подобная диверсификация исходных роликов помогает более объективно проверить чувствительность алгоритмов, поскольку детекторы часто переобучаются на узком наборе паттернов и демонстрируют низкие показатели при переключении на нетипичные условия видеозаписи. Мы старались добиться максимальной универсальности, чтобы проведение эксперимента помогло выявить сильные и слабые стороны каждого подхода.

В качестве методов исследования были взяты три основных детектора дипфейков, различающихся по своей внутренней архитектуре и принципам работы [1]. Первый метод основан на отклонениях в спектральном преобразовании сигналов видеоряда, где выявляются микроскопические дефекты наложения лицевой маски. Второй использует свёрточные нейронные сети с расширенным набором слоёв внимания, которые дифференцируют мельчайшие искажения цвета и отклика текстур на лице [15]. Третий представляет собой гибридный подход, сочетающий классический анализ микроэкспрессий и вычислительно-эффективный алгоритм машинного обучения, позволяющий анализировать траектории движения лица в динамике [6]. Данные методы не только различны технологически, но и значительно отличаются по скорости работы и качеству классификации роликов. Для оценки результатов анализировались показате-

ли точности, полноты и F-меры, а также рассчитывался процент ложных срабатываний и ложноотрицательных выводов, поскольку практика показывает, что эти параметры могут меняться весьма существенно от контента к контенту. На следующих этапах исследования мы провели сбор статистики по всем трём методам с целью выявления наиболее уязвимых участков при анализе сложных дипфейков.

### Результаты и обсуждение

Современные алгоритмы детектирования дипфейков формируют разные стратегии обработки видеопотока. Одни — досконально проверяют каждый кадр для выявления локальных артефактов, другие — отслеживают движение лицевых структур в динамике, а трети со-вмещают оба подхода [10]. Такой разброс методик часто приводит к существенным различиям в результатах, поэтому анализировать следует не только усреднённые показатели точности, но и зависимости от конкретных условий. При работе с роликами, где лицевая часть кадра может быть подвержена сильным искажениям иска в разных участках, более устойчивыми оказываются гибридные системы, способные «замечать» нестыковки в мимике и текстурах одновременно. Впрочем, на обработку таких кадров уходит больше ресурсов, поэтому важным вопросом остаётся баланс между скоростью работы и точностью обнаружения.

Дополнительно выделяется фактор шумовых искажений, которые могут быть внесены искажением звука или изображением низкого качества [8]. В этом случае отдельные детекторы начинают опираться на ритмiku движений губ и инвариантную выделенную форму лица, работающую даже при ухудшении чёткости за счёт низкой детализации. Тонкая настройка параметров конвейера анализа видео тоже вносит свою лепту: в зависимости от выбранного порога активации в глубинных слоях сети может меняться логика детектирования, что влияет на частоту ложноотрицательных и ложноположительных результатов. Поэтому важно осуществлять количественную проверку на репрезентативном наборе данных, который мы сформировали и использовали для экспериментов (табл. 1).

Анализ данных, приведённых в таблице, указывает на то, что гибридный алгоритм демонстрирует более высокие результаты по всем параметрам. Причина этому кроется в комбинированном подходе к оценке, где учитываются и микродефекты наложения лица, и динамические факторы, обеспечивающие лучшую чувствительность к аномалиям. При этом свёрточная нейронная сеть не сильно отстает по точности, но проигрывает в полноте, что говорит о трудностях распознавания некоторых нестандартных паттернов фейков. Спектральный анализ показал сравнительно меньшее значение точности

Таблица 1.  
Сравнительные результаты распознавания дипфейков тремя методами (n=4287, p<0.05)

Метод	Точность (%)	Полнота (%)	F-мера (%)	Ложно-пол. (%)	Ложно-отр. (%)
Спектральный анализ	92.345672	88.987654	90.621345	6.432112	4.580123
Свёрточная нейронная сеть	94.276890	90.104321	92.138754	4.328765	5.567890
Гибридный алгоритм	95.789341	93.678912	94.721003	3.210987	2.890011

и полноты, однако это может быть компенсировано его простотой и более высокой скоростью, что актуально для систем, где оперативность стоит на первом месте.

В более детальном рассмотрении можно отметить, что показатель ложноположительных срабатываний у спектрального анализа оказался выше, чем у гибридного алгоритма, но не критически. Это предполагает, что при более тонкой калибровке порога и фильтров в спектральном методе есть вероятность улучшения результатов, особенно если анализировать ограниченный набор исходных условий. Что касается метрики ложноотрицательных детекций, то гибридный алгоритм лидирует, обеспечивая минимальное значение. Такое свойство указывает на его повышенную «настороженность» к мелким артефактам, которые нередко просачиваются в готовом фейке и выдают искусственное происхождение ролика. В итоге эти результаты указывают на важность комплексной оценки систем детектирования, поскольку каждый метод может иметь преимущества в зависимости от специфики применения.

Рост популярности дипфейков стимулировал разработку различных технологий, что в итоге привело к выработке нескольких подходов к верификации пользователей в режиме реального времени [12]. При этом многие авторы отмечают, что важно не только находить максимально эффективные методы, но и оценивать их работоспособность на «грязных» данных, где видеоряд может включать шумы, артефакты сжатия и непредусмотренные ракурсы [3]. Второй важный момент заключается в распределении нагрузки на системы: если метод обнаружения требует избыточных вычислительных мощностей, его применение в реальных онлайн-сервисах становится не всегда целесообразным. Следовательно, для поддержания баланса между качеством и скоростью необходимо рассматривать и сравнивать графики производительности детекторов, о чём свидетельствуют данные следующей таблицы (табл. 2).

При анализе таблицы видно, что спектральный анализ справляется с поставленной задачей быстрее всего,

Таблица 2.  
Производительность методов при различных объёмах  
данных (n=4287, p<0.01)

Метод	Обработка 100 видео (сек)	Обработка 500 видео (сек)	Обработка 1000 видео (сек)	Обработка 2000 видео (сек)
Спектральный анализ	12.345678	57.234567	118.345210	240.123789
Свёрточная нейронная сеть	18.789012	89.456127	179.567103	365.987654
Гибридный алгоритм	22.456789	113.210987	227.659812	458.321789

в особенности на больших объёмах данных, демонстрируя хорошие показатели масштабируемости. Свёрточная нейронная сеть требует несколько больших затрат времени, что объясняется высокой степенью вычислительной сложности и большим количеством параметров, задействованных в обученной модели. Гибридный алгоритм показывает ещё большее время обработки, что в целом ожидаемо, учитывая его комбинированный характер работы, предполагающий дополнительную проверку по двум «каналам» анализа. Однако простое сравнение секунд здесь не является окончательным критерием отбора, поскольку выбор метода зависит

от баланса между допустимым временем ожидания и необходимой точностью.

Сопоставление показателей позволяет утверждать, что в областях, требующих мгновенной разметки видеопотока (например, онлайн-стримы, видеочаты), спектральный анализ либо свёрточная нейронная сеть могут стать оптимальным решением, при условии корректной внутренней оптимизации. Если же приоритетом является снижение риска пропуска искусственно сгенерированных дипфейков, имеет смысл рассмотреть гибридный алгоритм, несмотря на его чуть меньшую скорость. В результате общий вывод по производительности даёт дополнительные аргументы в пользу гибридного подхода для ситуаций с критичным требованием к качеству и допустимым увеличением времени вычислений. Подобная комплексная оценка метрик эффективности и производительности обеспечивает более объективный выбор стратегии противодействия дипфейкам.

Перед рассмотрением графиков, иллюстрирующих детальные закономерности и зависимости между основными индикаторами, необходимо подчеркнуть, что численные значения, полученные на этапе анализа, могут различаться в зависимости от характеристик аппаратной платформы [9]. В условиях высокопроизводительных серверов время обработки одного и того же пакета видео может кратно сокращаться, а на мобильных устройствах, напротив, возрасти (рис. 1).

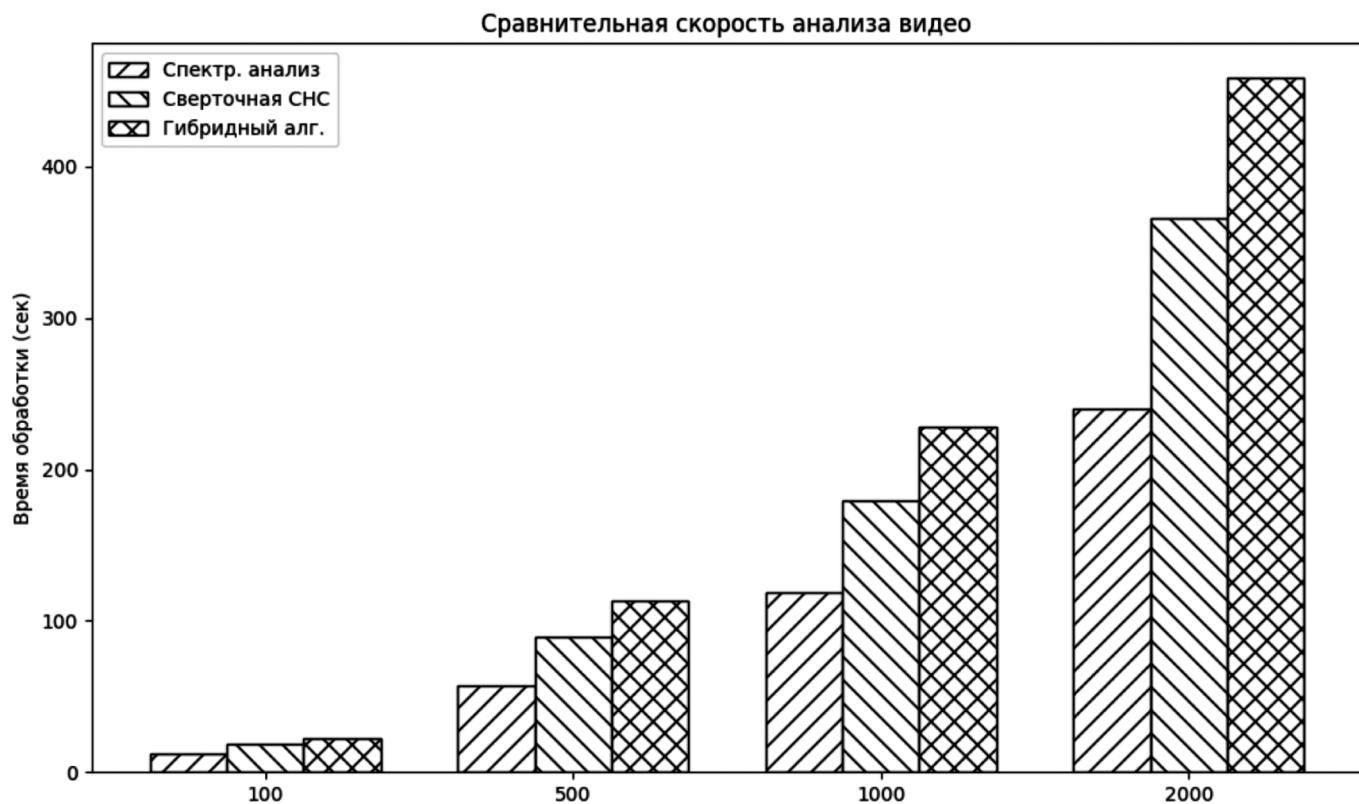


Рис. 1. Сравнительная скорость анализа видео разными методами

По представленным значениям видно, что время обработки растёт почти линейно при увеличении числа обрабатываемых роликов, хотя у каждого метода кривая имеет свои особенности. Например, свёрточная нейронная сеть показывает умеренный рост по всем объёмам, тогда как спектральный анализ при переходе от 1000 к 2000 видео демонстрирует более резкий скачок. Гибридный алгоритм стабильно требует больше времени, однако сохраняет предсказуемость своего роста, что может быть решающим фактором при масштабировании системы.

Из этого следует, что при внедрении в крупные проекты, работающие с потоковыми данными, более важным критерием оказывается масштабируемость и предсказуемость производительности, чем минимальное время для обработки небольших видеопакетов. Именно эта логика позволяет операторам крупных платформ заранее рассчитывать необходимое число серверов или мощность облачной инфраструктуры, в зависимости от пиковых нагрузок. Таким образом, оценка временных затрат должна обязательно сочетаться с анализом точностных параметров, чтобы найти наилучший компромисс.

### Выводы

Проведённое исследование показывает, что при сравнении спектрального анализа, свёрточных нейронных сетей и гибридных алгоритмов каждое решение имеет свои преимущества и недостатки. Гибридный подход

достигает более высоких значений точности и полноты, поскольку совмещает анализ статических артефактов лица с учётом динамической компоненты. Однако такая универсальность приводит к увеличению вычислительных затрат, что может ограничить применение данного метода в условиях реального времени, где приоритетом остаётся скорость обработки. Совокупность результатов свидетельствует о том, что ни один из описанных алгоритмов не может выступать универсальным инструментом во всех возможных сценариях, включая высоко-нагруженные платформы, низкокачественные видеоролики и ультрареалистичные дипфейки [11].

С точки зрения прикладного использования рекомендуется сочетать несколько методов, внедряя модульность в архитектуру систем детектирования, что повысит общий уровень устойчивости к новым видам фальсификаций [4]. Высокая точность гибридного алгоритма может быть востребована там, где необходимо максимальное качество распознавания критически важных данных, а быстродействие спектрального анализа — в онлайн-сервисах, предъявляющих повышенные требования к пропускной способности. Использование свёрточных сетей станет оптимальным компромиссом, позволяющим достичь высокой надёжности на достаточно широком наборе фейковых видео. Продолжение работы в данном направлении станет неотъемлемой частью борьбы с дезинформацией и преступными схемами, основанными на создании поддельных видеозаписей, а значит, сыграет важную роль в повышении доверия к цифровому пространству.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Атоян А., Золотов О.В., Романовская Ю.В. Анализ применимости детектора движения и алгоритма Виолы-Джонса для обнаружения автомобилей в видеопотоке // Моделирование нелинейных процессов и систем. Сборник тезисов четвёртой международной конференции. Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН». 2019. С. 53–54.
2. Баталова Н.С., Владимира А.И. Методы обнаружения вирусов неизвестного типа // Современные проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем. Материалы XVII Межрегиональной научно-практической конференции. 2017. С. 16–22.
3. Борисова С.Н., Сальников И.И. Методы контроля использования видеоконтента в сети Интернет // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов. Сборник статей XVI Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова. 2018. С. 15–19.
4. Гуселетова А.Е., Елизаров Д.А. Инструменты обнаружения дипфейков // Актуальные проблемы и тенденции развития современной экономики и информатики. Материалы Международной научно-практической конференции. Бирск, 2024. С. 177–180.
5. Дронова О.Б. Перспектива создания современных технических средств выявления дипфейков // Судебная экспертиза: российский и международный опыт. Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2022. С. 189–194.
6. Захаров Е.А., Белов Ю.С. Обзор технологии дипфейк, ее опасность и методы распознавания // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. В 2-х томах. Москва, 2024. С. 114–117.
7. Зверева А.С., Швырева А.В. Методы и алгоритмы обнаружения и оценки количества объектов в видеопотоке // Труды молодых учёных факультета компьютерных наук ВГУ. Сборник статей. Под редакцией Д.Н. Борисова. Воронеж, 2021. С. 58–63.
8. Земляная Д.А., Болдырихин Н.В., Шипшова Е.М. Анализ методов обнаружения вирусных сигнатур // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2020. № 2. С. 58–61.
9. Кандакова А.Н., Москвин В.В. Обнаружение и анализ обfuscированных вирусов // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность. Материалы II национальной научной конференции. Отв. редактор Е.Н. Полякова. Курган, 2022. С. 62–66.
10. Лошкарёв И.В., Демяненко Я.М. Использование преобразования Хафа для повышения эффективности метода Виолы-Джонса при распознавании лиц в видеопотоке // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы конференции. 2014. С. 265–266.
11. Родов Г.М. Устройство обнаружения форнтов видеосигнала. Авторское свидетельство SU 618864 A1, 05.08.1978. Заявка № 2004259 от 11.03.1974.

12. Рыбаков Н.С., Королевский Д.В. Дипфейки — обзор технологии и методов обнаружения // Студент: наука, профессия, жизнь. Материалы XI всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 5-ти частях. Омск, 2024. С. 223–227.
13. Тимошенко М.А., Сенько В.Ф. Исследование основных методов обнаружения препятствий // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів і студентів. 2013. С. 362–363.
14. Устин А.М. Нейросетевые методы обнаружения артефактов потери данных в видеопоследовательности // Ломоносов-2021. Сборник тезисов XXVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Сост. Е.И. Атамась, А.В. Мальцева. Москва, 2021. С. 84–85.
15. Яшина М.В., Афанасьева Д.А. Метод виртуальных детекторов для онлайн-оценки интенсивности в транспортных узлах // Наука и техника в дорожной отрасли. 2021. С. 198–200.

---

© Евллов Никита Александрович (evplov.n@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНТРОЛЬНЫХ (НАДЗОРНЫХ) МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR MANAGERIAL DECISION- MAKING IN CONDUCTING CONTROL (SUPERVISORY) ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

*A. Elyasin*

**Summary.** The modern system of regulatory and supervisory activities in the field of fire safety in Russia faces the problem of disproportion between the requirements applied and the actual risks. Federal legislation calls for proportionality, but in practice the principle "you can't have too much protection" is often applied, leading to excessive economic and administrative burdens on businesses without always guaranteeing an optimal level of safety. This creates an acute need to develop scientifically based tools for informational support of managerial decision-making that would allow optimizing the set of fire prevention measures based on quantitative risk assessment.

To solve this multi-criteria problem, the present study proposes a methodology based on adapting the Cobb-Douglas production function. Within the model, the traditional factors of production are replaced by indicators specific to the field of fire safety: the ratio of expenditures on fire protection measures to potential damage (the "capital" factor) and the ratio of required to calculated evacuation time (the "labor" factor). The input data for the model are based on official methodologies and statistics from the Russian Ministry of Emergency Situations, ensuring the objectivity and legal validity of the calculations.

The result of the work is a developed model that allows quantitative evaluation and comparison of different sets of fire protection measures. Using an isoquant map built from the function, decision-makers can visually determine the optimal combination of measures that provides the required level of safety at minimal cost. This enables a shift from a costly, one-size-fits-all approach to a targeted, risk-oriented approach, where fire protection is scaled to the real threat rather than based on the formal fulfillment of every single regulatory requirement.

The proposed method is an effective tool for implementing the legislative principle of proportionality in practice. It allows for finding economically justified alternative solutions, reducing administrative barriers, and concentrating resources on addressing the most significant risks. Implementing this methodology in the practice of supervisory authorities can enhance both the economic efficiency of fire protection and its actual effectiveness, ensuring a balance between the safety of people and economic interests.

**Keywords:** fire safety, risk assessment, managerial decisions, Cobb-Douglas function, optimization of fire protection.

**Елясин Александр Александрович**  
Адъюнкт, Академия ГПС МЧС России,  
подполковник внутренней службы Федеральное  
государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Ордена Почёта  
Академия Государственной противопожарной службы  
МЧС России» (Академия ГПС МЧС России)  
aelyasin@yandex.ru

**Аннотация.** Современная система контрольно-надзорной деятельности в области пожарной безопасности в России сталкивается с проблемой несоразмерности применяемых требований реальным рискам. Федеральное законодательство требует соразмерности, однако на практике часто применяется принцип «много защиты не бывает», что ведет к избыточным экономическим и административным нагрузкам на бизнес, не всегда гарантируя оптимальный уровень безопасности. Это создает острую потребность в разработке научно-обоснованных инструментов для информационной поддержки принятия управленческих решений, которые позволили бы оптимизировать комплекс противопожарных мер на основе количественной оценки рисков.

Для решения этой многокритериальной задачи в настоящем исследовании предлагается методика, основанная на адаптации производственной функции Кобба-Дугласа. В рамках модели традиционные факторы производства заменены на специфические для сферы пожарной безопасности показатели: соотношение затрат на противопожарные мероприятия к потенциальному ущербу (фактор «капитала») и соотношение необходимого и расчетного времени эвакуации (фактор «труда»). Исходные данные для модели базируются на официальных методиках и статистике МЧС России, что обеспечивает объективность и юридическую состоятельность расчетов.

Результатом работы является разработанная модель, позволяющая количественно оценить и сравнить различные наборы противопожарных мероприятий. С помощью карты изоквант, построенной на основе функции, лица, принимающие решения, могут визуально определить оптимальное сочетание мер, обеспечивающее требуемый уровень безопасности при минимальных затратах. Это позволяет перейти от затратного типового подхода к адресному и риск-ориентированному, где противопожарная защита формируется соразмерно реальной угрозе, а не на основе формального выполнения всех без исключения нормативных требований.

Предложенный метод является эффективным инструментом, позволяющим реализовать на практике законодательный принцип соразмерности. Он дает возможность находить экономически обоснованные альтернативные решения, снижать административные барьеры и концентрировать ресурсы на устранении наиболее значимых рисков. Внедрение данной методики в практику органов надзорной деятельности способно повысить как экономическую эффективность противопожарной защиты, так и ее реальную результативность, обеспечивая баланс между безопасностью людей и экономическими интересами.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, оценка риска, управленческие решения, функция Кобба-Дугласа, оптимизация противопожарной защиты.

## Введение

Для повышения эффективности контрольной (надзорной) деятельности и минимизации риска причинения вреда в Российской Федерации введен в действие Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле(надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», в соответствии которого применяемые меры по пресечению и(или) устранению нарушений обязательных требований должны быть соразмерными характеру нарушений обязательных требований, вреду(ущербу), который причинен или может быть причинен охраняемым законом ценностям [2, с. 451; 3, с. 124; 7, с. 60]. При этом Федеральным законодательством о техническом регулировании понятие «Соразмерность» определено как разумное соотношение затрат на противопожарные мероприятия и вреда (ущерба) или характера и размера вреда, что является одним из затруднений для оценки принятых решений по применению требований пожарной безопасности, которые создавались по принципу «много защиты не бывает», который не предусматривает соразмерность с риском причинения вреда. В этой связи большинство требований пожарной безопасности в совокупности могут быть избыточны по отношению к безопасности людей при пожаре и защите государственного и муниципального имущества, что связано с административными барьерами при проведении контрольных надзорных мероприятий и социальной напряженностью. Наряду с этими негативными явлениями, нормативные требования, не учитывающие риск причинения вреда людям и имуществу, могут быть и недостаточны, что подтверждается пожарами с гибелью людей и потерей несущей способности несущих конструкций при тушении пожара пожарными подразделениями.

Перед автором стоит вопрос как решить многокритериальную задачу, которая бы учитывала применение требований пожарной безопасности, направленных на безопасность людей при пожаре, безопасность государственного и муниципального имущества при пожаре соразмерно риску причинения вреда, который оценивается путем использования расчетных методик, установленных нормативными документами в области пожарной безопасности, при помощи которых можно оценить характер и размеры вреда (ущерба).

Для решения задачи необходимо использовать аналоги задач в государственном пожарном надзоре — это типовые задачи, которые предполагают применение всех требований пожарной безопасности как обязательные, что связано с проблемой надежности инспекторского состава из-за большого объема нормативной информации и способностью специалистов поиска нарушений по всему объему, который неминуемо приведет к избыточности противопожарной защиты с не-

оправданным увеличением затрат на противопожарную защиту с неопределенным результатом при пожаре, поскольку соответствие риску причинения вреда (ущерба) не подтверждено в каждом конкретном случае.

Второй тип задач — это оптимизация противопожарной защиты с применением расчетных методик по оценке характера и размера вреда и применением требований пожарной безопасности соразмерных оцененному расчетному риску причинения вреда. В таком случае возможно решение управленческих задач по многокритериальной оптимизации.

Третий тип задач направлен на разработку новых требований пожарной безопасности при их отсутствии, но необходимости из-за неисследованных новых характеристик объектов, новых видов горючей среды с новыми характеристиками. Такая форма нового требования строится на расчетном механизме риска причинения вреда (ущерба) с применением соразмерного значения уровня безопасности. В таком случае, авто решает использовать или рассмотреть различные методы, применяемые для управленческих решений аналогичных этим задачам.

Почти все алгоритмы многокритериальной оптимизации оперируют таким термином, как Парето-доминирование. Так называют отношение между двумя решениями. Одно решение (назовём его X — затраты на ППЗ типовых требований норм и правил) доминирует другое решение (допустим Y — затраты на адресную систему ППЗ), если X не хуже решения Y ни по одному условию и обязательно лучше Y, хотя бы по одному.

Допустим, у нас набор типовых требований противопожарной защиты для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре — это автоматическая система пожарной сигнализации (АПС), автоматическая система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), противодымная защита (ПДЗ) и система автоматического пожаротушения (АУПТ), длина, ширина эвакуационных проходов и выходов и количество людей, степень огнестойкости здания, конструктивная пожарная опасность, который без учета риска причинения вреда людям предусматривает затраты на все без исключения эти мероприятия. И в случае, если эти мероприятия неисполнимы — применяется крайняя мера в виде приостановления деятельности на срок до 90 суток для устранения нарушений через капитальный ремонт. И в этом случае необходим уровень затрат на выполнение всех без исключения противопожарных мероприятий — 3<sub>1</sub>.

Другой вариант решения задач — расчетный, который предусматривает расчет области риска для людей при пожаре, с помощью которого можно отчетливо осознать, что безопасность людей в виде АПС, СОУЭ, на-

рушений ширины, длины эвакуационного пути и количества людей, достаточен для их безопасности без требований к АУПТ, ПДЗ, огнестойкости и конструктивной пожарной опасности. И в этом случае необходим уровень затрат на выполнение минимально необходимых требований —  $3_2$ .

Эффективность противопожарной защиты заключается в условии:

$$\mathcal{E} = \text{ЗАТРАТЫ} (3) < (=) \text{Ущерб (вред от пожара)}$$

В нашем случае оптимизация затрат для применения требований с учетом риска причинения вреда и без учета риска причинения вреда находятся в соотношении:  $3_1 << 3_2$ . Вместе с тем эффективность противопожарных мероприятий можно представить в виде предотвращенного вреда всеми типовыми системами противопожарной защиты наряду с адресными системами минимально необходимыми для безопасности людей.

$$\mathcal{E} = 3_1 + Y_1 << 3_2 + Y_2$$

При этом, противопожарная защита по первому варианту направлена на защиту людей и имущества, второй вариант направлен только на безопасность людей при пожаре с учетом допустимых имущественных рисков [1, с. 308; 4, с. 176; 5, с. 274; 6, с. 102; 8, с. 37].

Так, автором была исследована производственная функция Кобба-Дугласа, которая по мнению автора позволяет определить соразмерность применяемых требований пожарной безопасности в экономико-математической количественной зависимости затрат на обеспечение требований пожарной безопасности к условиям безопасной эвакуации людей из объекта защиты. Результат математической зависимости дает возможность принять альтернативные решения по применению нормативных требований в соразмерности затрат к условиям безопасности эвакуации людей при пожаре [1, с. 308; 12].

**Объект исследования:** Техническое регулирование в области пожарной безопасности

**Цель исследования:** повышение эффективности применения требований пожарной безопасности соразмерных риску причинения вреда

**Предмет исследования:** соразмерность области эффективного применения требования пожарной безопасности и области риска причинения вреда, выраженная в методе применения производственной функции Кобба-Дугласа.

## 1. Метод применения производственной функции Кобба-Дугласа по соразмерности выбора требований пожарной безопасности на объекте защиты

Формула производственной функции Кобба-Дугласа описывает математическую модель в зависимости от двух основных факторов в соответствии формулы (1) и широко используется для описания технологических взаимосвязей между этими факторами. В рассматриваемом случае по соразмерности характера нарушений обязательных требований пожарной безопасности первым фактором является отношение затрат на требования пожарной безопасности к материальному ущербу причиненным пожаром из-за неисполнения (отсутствия) рассматриваемых требований, а второй фактор отношение между интервалом времени от момента обнаружения пожара к необходимому времени эвакуации людей при пожаре.

$$Q = A \times L^\alpha \times K^\beta \quad (1)$$

Функция Кобба—Дугласа — производственная функция (или функция полезности), отражающая зависимость объёма производства

Где, величина  $L$  является соотношением временных величин (времени обнаружения, времени необходимо го). Данные величины рассчитываются в соответствии Приказа МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» (далее — Методика) [14]. При этом следует учесть, что в соответствии с методикой в расчете возможно определять различные расчетные группы людей, образующие состав людского потока во время эвакуации в здании, которые подразделяются на группы людей без ограничения мобильности (МО) и маломобильные группы населения (МГН). Таким образом, определение значения временных показателей допустимо для всех зданий различного функционального назначения, включая плотность людского потока, интенсивность движения, скорость движения и учитывая слияние людских потоков в случае пересечения путей эвакуации [8, с. 32; 9, с. 55; 10, с. 180; 11, с. 25].

Величина  $K$  является соотношением затрат на требования пожарной безопасности к материальному ущербу причиненным пожаром из-за неисполнения (отсутствия) рассматриваемых требований. Затраты можно рассчитать двумя способами:

- 1) Фактические затраты во исполнение требований пожарной безопасности на объекте защиты;
- 2) Использовать соответствующий раздел методики определения порядка расчета величины наклад-

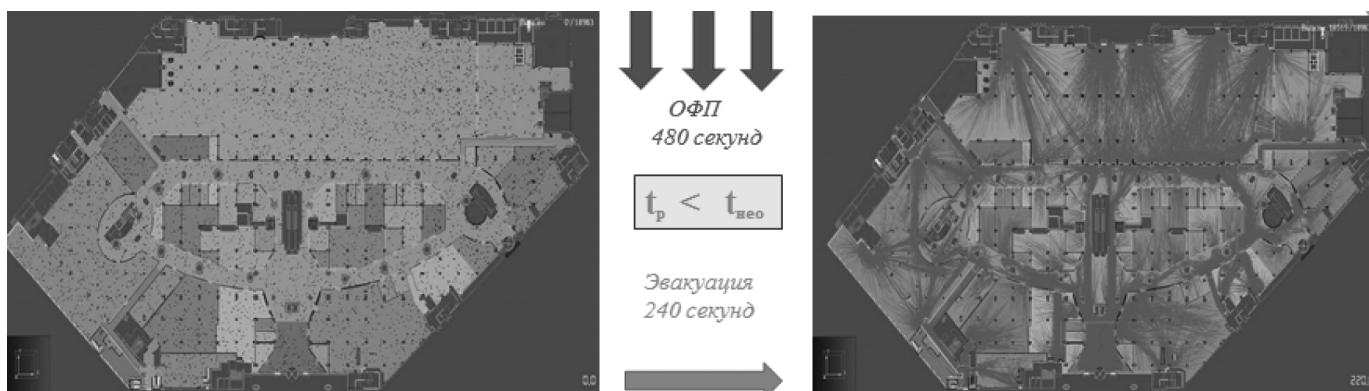


Рис. 1. Определение расчетного и необходимого времени эвакуации

ных расходов при исчислении сметной стоимости строительной продукции изложенной в МДС 81-33.2004. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве (утв. Постановлением Госстроя РФ от 12.01.2004 № 6) (ред. от 23.07.2004, с изм. от 17.03.2011) [14].

Материальный ущерб, причиненный пожаром, изложен в ежегодных официальных статистических данных в сборнике Федерального государственного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» (далее — сборник) [15]. Необходимые данные изложены в соответствующих разделах и подразделяются в зависимости от функционального значения здания, этажности, а также при условии отсутствия, неисправности, не выполнения задачи конкретной системы противопожарной защиты. При определении величины  $K$  обязательно следует рассматривать сопоставимость требования пожарной безопасности, например: если в расчет по затратам берется во внимание система автоматического пожаротушения, то и величину материального ущерба в сборнике, необходимо выбирать именно в соответствующем разделе по неисправности (отсутствию) АУПТ.

Величина  $A$  общий показатель, в случае если в расчет берется одна из систем автоматической противопожарной защиты, то следует принимать 0,8, как признанный эффективным для пусконаладочных и монтажных работ (Приказ от 07.02.2017 года № 69/пр Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации), в остальных случаях выбирается коэффициент 1.

Коэффициенты эластичности  $\alpha$  и  $\beta$  являются константами и в сумме не могут быть больше 1, которые измеряют в рассматриваемом случае вложение затрат на требования пожарной безопасности к условиям безопасной эвакуации людей. Главное условие коэффициент эластичности  $\alpha$  не может быть меньше 0,45, так как расчет времени эвакуации сопутствует определению

расчетной величины пожарного риска, которая не может быть меньше 0,000001 в год и является обязательным условием соблюдения требований пожарной безопасности в соответствии статьи 6 Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

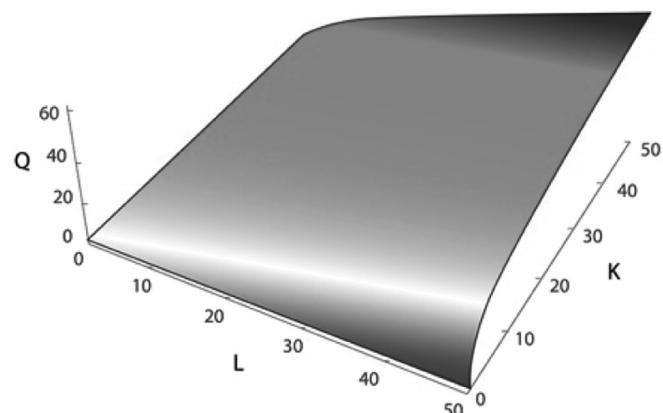


Рис. 2. Карта изоквант, по которой проводится выбор оптимальной точки (решения)

## 2. Вывод по соразмерности выбора требований пожарной безопасности на объекте защиты с применением производственной функции Кобба-Дугласа

Изложенный в статье метод выбора требований пожарной безопасности в соразмерности затрат к условиям безопасности эвакуации людей при пожаре является положительным по следующим основаниям:

- 1) Все используемые данные в формуле официальны и соответствуют величинам, установленным нормативными правовыми актами Российской Федерации, что позволит лицам принимающим решения обосновать свой выбор;
- 2) Позволяет найти альтернативные решения по выбору систем обеспечения пожарной безопасности;
- 3) Позволит рассчитать экономическую эффективность выбранного решения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козлачков В.И. Типовая и риск-ориентированная модель надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. — 308 с;
2. Лобаев И.А., Фирсова Т.Ф., Кравченко А.Б. «К вопросу о соразмерности нормативных требований по огнестойкости несущих конструкций риску причинения вреда охраняемым законом ценностям» //Материалы тридцать второй международной научно-технической конференции «Системы безопасности — 2023». -М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. 553 с. 450–456с;
3. Козлачков В.И., Лобаев И.А. Экспресс-оценка пожарных рисков при изменении функционального назначения зданий. — М.: ВИНИТИ РАН, Деп. № 2325-В2001 от 08.11.2001 г., с.124;
4. Серков Б.Б. Здания и сооружения. Часть 1. Конструкции, материалы, преграды: Учебник / Б.Б. Серков, Т.Ф. Фирсова. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. — 176 с;
5. Молчадский И.С. Моделирование температурного режима при пожаре в помещении для оценки огнестойкости строительных конструкций: дис. канд. техн. наук: 05.26.01 — М.: ВНИИПО, 1991. — 274 с;
6. Гураль А.А. Исследование свойств строительных конструкций / Гураль А.А., Фирсова Т.Ф. // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях, Москва, 01 марта 2019 года. Том Часть II. — Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2019. — с. 100–104;
7. Ройтман В.М., Фирсова Т.Ф. Необоснованное завышение требований норм и СТУ по пределам огнестойкости ряда конструкций высотных зданий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. с. 59–62;
8. Шебеко Ю.Н., Шебеко А.Ю., Гордиенко Д.М. Расчетная оценка эквивалентной продолжительности пожара для строительных конструкций на основе моделирования пожара в помещении // Пожарная безопасность. 2015. № 1. с. 31–39;
9. Литвинцев К.Ю., Кирик Е.С., Дектерев А.А., Харламов Е.Б., Малышев А.В., Попел Е.В. Расчетно-аналитический комплекс «Сигма ПБ» по моделированию развития пожара и эвакуации // Пожарная безопасность, № 4, 2016. с.51–59;
10. Кирик Е.С. Оценка распространения пожара и эвакуации людей в зданиях и сооружениях методами математического моделирования // В монографии «Обеспечение пожарной безопасности общественных зданий» под редакцией Н.В. Смирнова, ВНИИПО: Балашиха, 2016. с.162–185;
11. Кирик Е.С., Витова Т.Б. Анализ данных натурных экспериментов пешеходного движения в прямом коридоре и их применение для тестирования программ на примере ПО «Сигма ПБ» // Пожарная безопасность. 2020. с.25;
12. Российская Федерация. Указ Президента. О мониторинге правоприменения в Российской Федерации от 20.05.2011 N 657 // КонсультантПлюс: сайт. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_114147/942772dce30cfa36b671bcf19ca928e4d698a928/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_114147/942772dce30cfa36b671bcf19ca928e4d698a928/) (дата обращения 20.05.2024).
13. Приказа МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности»;
14. МДС 81-33.2004. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве (утв. Постановлением Госстроя РФ от 12.01.2004 N 6) (ред. от 23.07.2004, с изм. от 17.03.2011);
15. Сборник Федерального государственного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России».

© Елясин Александр Александрович (aelyasin@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СЕГМЕНТАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПОСРЕДСТВОМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

## A MORPHOLOGICAL APPROACH TO SEGMENTATION OF MEDICAL DATA THROUGH CLUSTERING

**K. Krayunov**  
**E. Polyakov**  
**E. Kharchenko**

*Summary.* Typical problems specific to the segmentation of tabular medical data are highlighted (for example, the complexity of interpreting the results due to the need to modify the data). It is established that classical cluster analysis methods are often used to solve the problem of dividing medical data into homogeneous groups. An alternative method for clustering multidimensional data, isolated from the morphological method of making management decisions, is proposed. A method of its modification for working with large amounts of data is proposed. To confirm the effectiveness and convenience of the method, an example of processing one open near-medical dataset is given.

*Keywords:* system analysis, non-tagged data, structured data, mixed type data, big data.

**Крайнов Кирилл Алексеевич**  
 Московский политехнический университет  
 krainov.2003@yandex.ru  
**Поляков Евгений Алексеевич**  
 Московский политехнический университет  
 polevg2015@yandex.ru  
**Харченко Елена Алексеевна**  
 старший преподаватель,  
 Московский политехнический университет  
 elenakhaa@yandex.ru

*Аннотация.* Выделены типичные проблемы, специфичные для сегментации табличных медицинских данных (например, сложность интерпретации результатов из-за необходимости видоизменения данных). Установлено, что для решения задачи разделения медицинских данных на однородные группы зачастую применяют классические методы кластерного анализа. Предложен альтернативный метод кластеризации многомерных данных, выделенный из морфологического метода принятия управленческих решений. Предложен способ его модификации для работы с большими массивами данных. Для подтверждения действенности и удобства метода приводится пример обработки одного открытого околомедицинского датасета.

*Ключевые слова:* системный анализ, неразмеченные данные, структурированные данные, данные смешанного типа, большие данные.

## Введение

Под сегментацией понимают разделение исследуемых объектов на группы (сегменты) по критерию схожести по одному или нескольким признакам. Одна и та же совокупность объектов может подвергаться сегментации многократно — по разным группам признаков. В целом, сегментация позволяет организовать большой объем информации и выделить в нем внутренние структуры, представляемые профилями объектов. Обособление объектов со схожими характеристиками способствует более предметному их изучению и направленному на них воздействию. Как правило, с целью сегментации данных используют методы кластерного анализа (их относят к т.н. разведочным методам машинного обучения) [1]. Сегментация по всем признакам формально является кластеризацией.

В процессе кластеризации структурированные данные разбиваются на категориально однородные группы (кластеры) по фиксированному набору признаков, каждый из которых характеризует конкретное свойство объекта. По существу, кластеризация состоит в поиске «естественной» топологической группировки объектов. Уточнение числа кластеров и их границ в пространстве

признаков осуществляется исходя из «близости», «попохожести» или «различия» унифицированных описаний объектов [2]. Отметим, что совокупность изучаемых объектов должна отвечать статистическому определению выборки и алгебраическому определению отношения.

Как базовый механизм машинного обучения кластеризация находит свое прикладное применение во многих предметных областях. Контекстом данной работы являются табличные медицинские данные (текстовые и числовые данные из анамнезов, анкет и результатов анализов пациентов) [3] и потребность в их разделении на однородные группы [4–10]. Анализ литературных источников показал, что зачастую для кластеризации (или сегментации) медицинских данных используют стандартные методы, каждый из которых имеет свои ограничения и не является универсальным [11–12]. Среди самых эксплуатируемых — метод k-means (число кластеров задается) и самоорганизующаяся карта Кохонена (число кластеров вычисляется автоматически).

Методы кластеризации, являясь только вспомогательными, интегрируются в системы информационной поддержки принятия врачебных решений, поэтому к ним предъявляются следующие обязательные

требования: возможность работы с данными смешанного типа (описываемых в общем случае взаимоувязанными качественными и количественными признаками), устойчивость решения (стабильность результатов при небольших изменениях входных данных) и простота интерпретации результатов (для возможности обоснования принимаемого решения) [5, 6].

В подавляющем большинстве методов кластеризации форма и границы кластеров определяются метрикой расстояния. Для сравнения данных, содержащих как числовые, так и категориальные признаки, наиболее распространенной (но редко используемой) является метрика Гауэра [14–16]. Ее значение вычисляется усреднением вычисленных независимо расстояний по каждому признаку.

Основными недостатками метрики для случая смешанных данных являются искажение значений количественных признаков и доминирование качественных. Также усложняет ее применение невозможность адекватной интерпретации результата (для случая смешанных данных) и высокая вычислительная сложность алгоритма его вычисления (для случая больших данных). В частных случаях (однотипных данных) наиболее близкими к метрике Гауэра являются: для количественных признаков — расстояния Евклида и Манхэттена, для качественных — Жаккара и Хэмминга.

Кластерный анализ (явно и неявно) лежит на пересечении многих разделов математики, например: статистики, эконометрики, вычислительной математики, теории принятия решений, системного анализа и машинного обучения. В настоящей работе предлагается альтернативный метод кластеризации данных, выделенный из морфологического метода экспертизы оценок [17–19], который в свою очередь является развитием морфологического анализа Фрица Цвикки [20]. В нем разрешены перечисленные выше принципиальные для медицинских исследований проблемы, также он обладает рядом других преимуществ перед классическими аналогами.

### 1. Порядок сегментации данных

Первично морфологический анализ является формальным методом генерирования альтернатив через перечисление всех возможных сочетаний значений заданных параметров альтернативы [2]. В основе морфологического метода принятия управлеченческих решений [17–19] лежит аппроксимация области допустимых значений качественно однородных объектов многомерной плотностью нормального распределения. Кратко опишем порядок применения выделенного из него метода кластеризации (или сегментации в прикладном смысле).

Сначала (на первом этапе) значения каждого количественного признака исследуются на однородность (с помощью построения графика плотности вероятности или гистограммы). Каждая область сгущения значений является проявлением некоторой сущности (категории, типа) объектов. По локальным минимумам плотности распределения область допустимых значений количественного признака разбивается на непересекающиеся подмножества. Если признак качественный, его область допустимых значений является объединением одноэлементных множеств, состоящих из возможных дискретных значений признака.

После этого (на втором этапе) формируется множество многомерных областей допустимых значений совокупности признаков исследуемых объектов (путем вычисления декартова произведения полученных на первом этапе множеств). Каждый элемент такого множества описывается многомерным эллипсоидом, параметры которого определяются по «правилу трех сигм».

Затем (на третьем этапе) для возможности измерения расстояния между произвольными объектами или кластерами формируется вспомогательное линейное пространство двоичных векторов. Каждому элементу построенного на предыдущем этапе множества соответствует свой двоичный вектор. Структура каждого вектора такова, что каждой подобласти области допустимых значений каждого признака соответствует свой бит.

Для каждой многомерной области допустимых значений требуется вычислить относительную частоту попадания объектов выборки (вероятность в классическом понимании), после чего области следует упорядочить по убыванию частот и пронумеровать. Номер области понимается как случайная величина, поэтому на основании неравенства Чебышева возможно разделение ее значений на практически возможные (не менее 89%) и выбросы. Так определяются число кластеров и их границы (поскольку каждое значение случайной величины ассоциировано с конкретной многомерной областью допустимых значений объектов).

За метрику расстояния для векторов введенного на третьем этапе линейного пространства принимается половина расстояния Хемминга, равного количеству позиций, в которых соответствующие биты различны. Значение метрики трактуется как количество категориально различных одноименных признаков двух сравниваемых через двоичные векторы объектов или кластеров.

Для возможности работы с большими массивами данных потребовалась модификация данного метода, сводящаяся к иерархическому укрупнению кластеров (с помощью описанной функции расстояния). На нижнем уровне в одну группу объединяются те области, между

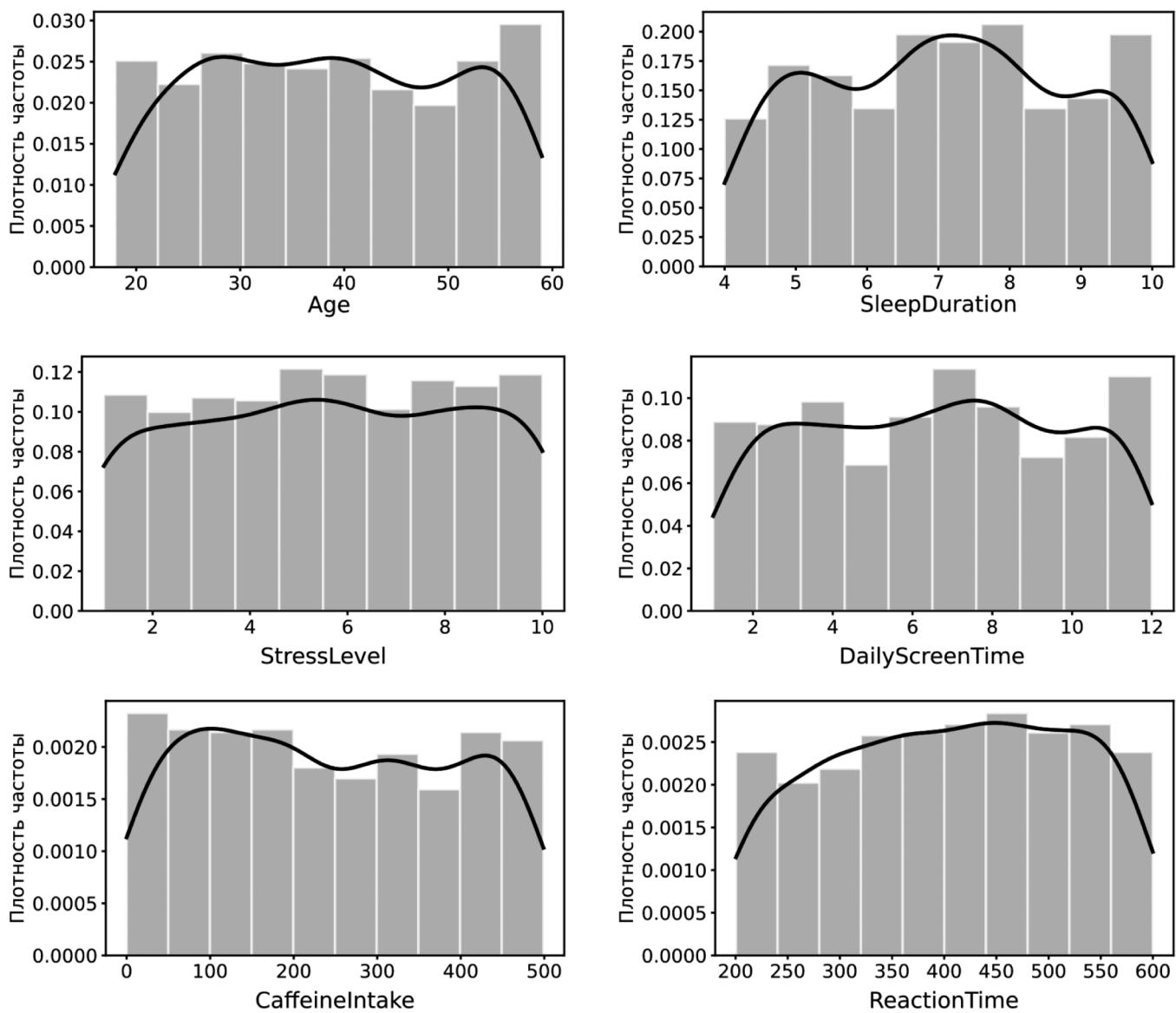


Рис. 1. Распределения значений количественных признаков

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма

которыми расстояние минимальное и одинаковое для любой пары областей внутри этой группы (причем укрупненные кластеры не должны пересекаться). После этого требуется перестроить двоичные векторы (ввести новое линейное пространство), поскольку областей сгущения у признака может стать меньше или могут изменяться их границы. Укрупнения можно итерационно продолжить до образования одной области, кластера.

Традиционным же графическим способом представления результатов агломеративной иерархической кластеризации является построение дендрограммы. Она демонстрирует степень близости отдельных кластеров, а также последовательность их объединения.

Принципиальным преимуществом иерархической кластеризации является возможность проведения

структурного анализа многомерных данных с разной степенью детализации.

## 2. Пример сегментации данных

Для иллюстрации преимуществ представленного в предыдущем разделе метода, приведем результаты кластеризации окромедицинских (но интуитивно понятных) данных, описывающих когнитивные способности человека<sup>1</sup>. Датасет содержит порядка 80000 записей со значениями девяти признаков (без учета привнесенных агрегирующих признаков). Как правило, результаты кластеризации выражаются в разметке (маркировке) записей датасета (путем добавления целевых признаков с техническими значениями).

<sup>1</sup> <https://www.kaggle.com/datasets/samxsam/human-cognitive-performance-analysis>

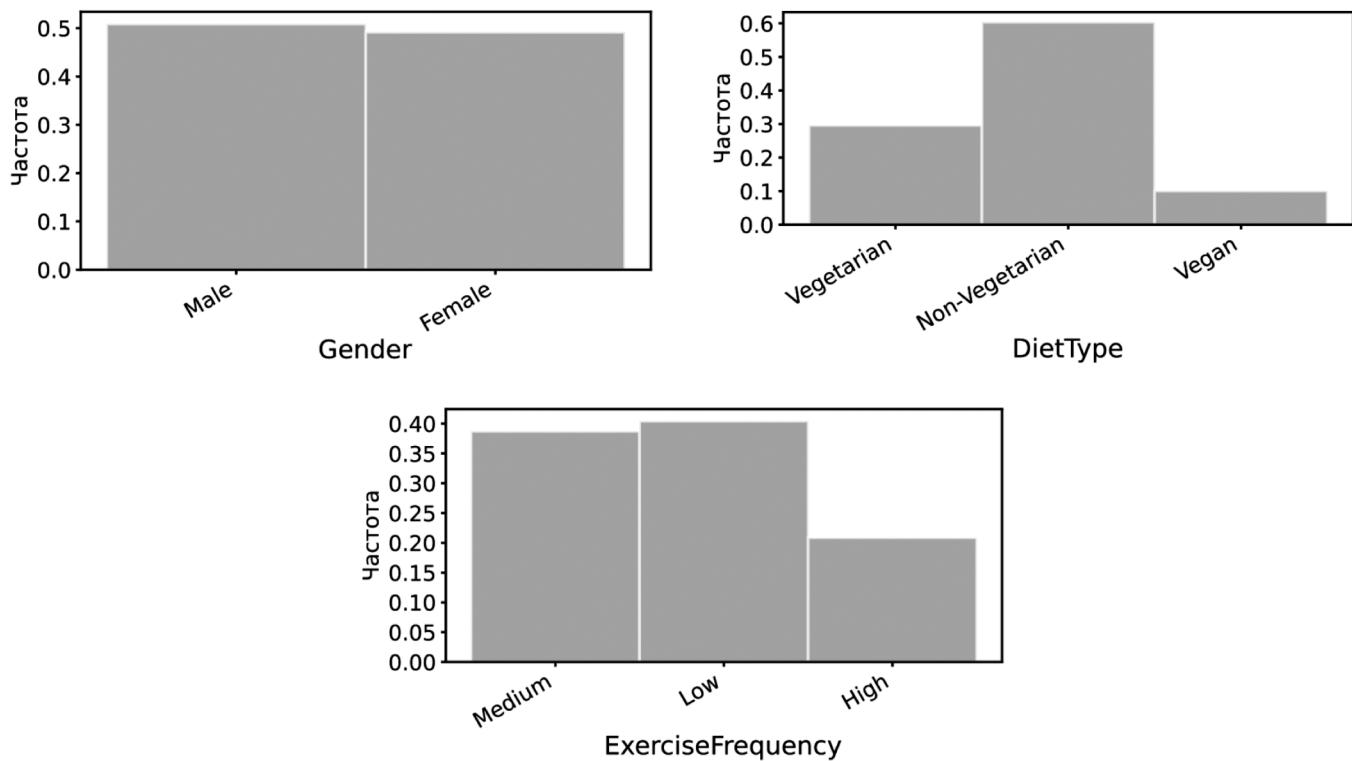


Рис. 2. Распределения значений качественных признаков

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма

Шесть из признаков количественные (распределения их значений приведены на рис. 1): Age (возраст), SleepDuration (среднесуточное время сна), StressLevel (самооценка уровня стресса), DailyScreenTime (среднесуточное время, проводимое за экраном монитора), CaffeineIntake (среднесуточное потребление кофеина) и ReactionTime (среднее время когнитивной реакции при прохождении тестов). Три являются качественными (рис. 2): Gender (пол), DietType (пищевые предпочтения) и ExerciseFrequency (уровень физической активности).

Заметим, что метод не требует специальной предобработки данных (не видоизменяет данные) и может работать с пропусками значений (как с вариантами значений).

В таблице 1 приведены вычисленные по локальным минимумам гистограмм (или плотностей распределения) области допустимых значений количественных признаков. Так, например, отдельное значение признака SleepDuration (среднесуточное время сна, в часах) может принадлежать только одной из четырех качественно однородных подобластей (интервалов): [1.96; 6), [6; 7), [7; 8) или [8; 13.12). Каждая из них представляется средним значением и границами доверительного интервала, определяемых по «правилу трех сигм» (распределение полагается нормальным).

В таблице 2 описаны области допустимых значений качественных признаков. Для примера, признак

ExerciseFrequency (уровень физической активности) может принимать одно из трех значений —«Medium» (средний), «Low» (низкий), «High» (высокий).

Применение базового варианта алгоритма привело к образованию 751 кластеров, 84 из которых — это области выбросов. Мощность множества многомерных областей допустимых значений совокупности признаков равна произведению мощностей доменов признаков (т.е. 46080). Подавляющее большинство образованных областей не соответствует реальной действительности (их частота равна нулю). Размерность вспомогательного линейного пространства двоичных векторов равна 32.

Для решения проблемы переобучения применена итерационная процедура укрупнения кластеров — построено агломеративное дерево, состоящее из 14 уровней. На втором уровне дерева (после первой итерации укрупнения) получены 746 кластеров, 84 из которых — выбросы. На 11-ом уровне (после 10-ой итерации укрупнения) размещаются 18 кластеров (выбросами являются 7, что составляет 10.8 % данных). На верхнем уровне (в корне дерева) содержится всего один кластер (выбросов нет).

В таблице 3 приведены двоичные векторы (ассоциированные с кластерами), соответствующие кластерам 10-ой итерации укрупнения (с 12-го по 18-ый — выбросы). Разъясним структуру двоичных векторов этого этапа

Таблица 1.

Области допустимых значений количественных признаков

№	Признак	Область
1	Age (возраст)	{Age_1: [2.98; 24), Age_2: [24; 36), Age_3: [36; 48), Age_4: [48; 75.46]}
2	SleepDuration (среднесуточное время сна)	{SleepDuration_1: [1.96; 6), SleepDuration_2: [6; 7), SleepDuration_3: [7; 8), SleepDuration_4: [8; 13.12)}
3	StressLevel (уровень стресса)	{StressLevel_1: [0; 2), StressLevel_2: [2; 4), StressLevel_3: [4; 6), StressLevel_4: [6; 8), StressLevel_5: [8; 15.2)}
4	DailyScreenTime (среднесуточное время за экраном монитора)	{DailyScreenTime_1: [0; 2), DailyScreenTime_2: [2; 4), DailyScreenTime_3: [4; 9), DailyScreenTime_4: [9; 17.15)}
5	CaffeineIntake (среднесуточное потребление кофеина, мг)	{CaffeineIntake_1: [0.0; 124), CaffeineIntake_2: [124; 274), CaffeineIntake_3: [274; 374), CaffeineIntake_4: [374; 686.17)}
6	ReactionTime (среднее время когнитивной реакции, мс)	{ReactionTime_1: [67.87; 260), ReactionTime_2: [260; 499), ReactionTime_3: [499; 745.56)}

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма.

Таблица 2.

Области допустимых значений качественных признаков

№	Признак	Область
1	Gender (пол)	{Gender_1: {'Male'}, Gender_2: {'Female'}}
2	DietType (пищевые предпочтения)	{DietType_1: {'Vegetarian'}, DietType_2: {'Non-Vegetarian'}, DietType_3: {'Vegan'}}
3	ExerciseFrequency (физическая активность)	{ExerciseFrequency_1: {'Medium'}, ExerciseFrequency_2: {'Low'}, ExerciseFrequency_3: {'High'}}

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма.

кластеризации на примере второго из них. Каждый вектор имеет девять смысловых частей, каждая из которых ассоциирована с областью допустимых значений конкретного признака и содержит определенное число бит (последовательно слева направо): Age, SleepDuration,

Таблица 3.

Двоичные векторы для 11-го уровня дерева кластеров

№ области	Вектор	Частота
1	(0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.211
2	(0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	
	Домен для Age: {Age_1: {[2.98; 24)}, Age_2: {[24; 36]}, Age_3: {[36; 48]}, Age_4: {[48; 75.46]}}	
3	Домен для ReactionTime: {ReactionT_2: {[260; 499]}, ReactionT_1_3: {[67.87, 260), [499, 745.56]}}	
	(0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	
4	(0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.072
5	(0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.072
6	(0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.069
7	(0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.060
8	(1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.048
9	(0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.040
10	(0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.033
11	(0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.026
12	(0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.023
13	(1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.023
14	(1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.020
15	(0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.013
16	(1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1)	0.012
17	(1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.012
18	(1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)	0.005

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма.

StressLevel, DailyScreenTime, CaffeineIntake, ReactionTime, Gender, DietType, ExerciseFrequency.

Таким образом, первые три бита (0, 0 и 1) относятся к описанию составляющих области допустимых значений признака Age. Единица уточняет возможный возраст для объектов данного кластера (он не может быть меньше 36). При объединении областей объединяются (и сокращаются) и их наименования: область Age\_3\_4 является результатом объединения атомарных областей Age\_3 и Age\_4. Шестая группа битов (0, 1) относится к области значений признака ReactionTime — скорость когнитивной реакции для объектов этого кластера принадлежит только второму интервалу.

Для примера сравним кластеры, которым соответствуют второй и третий двоичные векторы. Расстояние между ними вычисляется как половина расстояния Хэмминга и равно 2 — кластеры качественно различны по двум признакам (по возрасту и скорости когнитивной реакции). Соответствующие области допустимых значений признаков для каждого кластера приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Области допустимых значений для двух кластеров

№ кла- стера	Область допустимых значений
2	<b>{Age_3_4: {[36, 75.46]}, SleepD_1_2_3_4: {[1.96, 13.12]}, StressL_1_3_5: {[0, 2), [4, 6), [8, 15.2]}, DailyST_1_2_3_4: {[0, 17.15]}, CaffeineL_1_2_4_3: {[0.0, 686.17]}, ReactionT_1_3: {[67.87, 260), [499, 745.56]}, Gender_1_2: {'Female', 'Male'}, DietT_1_2_3: {'Non-Vegetarian', 'Vegan', 'Vegetarian'}, ExerciseF_1_2_3: {'High', 'Low', 'Medium'}}</b>
3	<b>{Age_2: {[24; 36]}, SleepD_1_2_3_4: {[1.96, 13.12]}, StressL_1_3_5: {[0, 2), [4, 6), [8, 15.2]}, DailyST_1_2_3_4: {[0, 17.15]}, CaffeineL_1_2_4_3: {[0.0, 686.17]}, ReactionT_2: {[260; 499]}, Gender_1_2: {'Female', 'Male'}, DietT_1_2_3: {'Non-Vegetarian', 'Vegan', 'Vegetarian'}, ExerciseF_1_2_3: {'High', 'Low', 'Medium'}}</b>

Источник: составлено авторами на основании реализации алгоритма.

Аналогично осуществляется сравнение и отдельных элементов выделенных кластеров.

Приведен сведенный к кластеризации частный случай сегментации исследуемых объектов — по всем признакам, без контекста исследования. В общем и прикладном смысле сегментация позволяет делать срезы по интересующим (некоторым) признакам внутри сформированной однородной группы объектов (классе, кластере). Отдельная процедура сегментации может осуществляться посредством методов кластеризации.

Если кластеризации (или сегментации) подлежат все объекты и выборку, представленную датасетом, возможно уменьшить с сохранением свойств репрезентативности, то дерево кластеров может быть построено по редуцированному датасету, а принадлежность к выявленным кластерам объектов, не участвовавших в построении дерева, можно определить на основании введенной метрики расстояния (с учетом крайних доверительных интервалов количественных признаков).

Описанный подход к кластеризации многомерных данных показывает пригодный для практического при-

менения и достоверный результат, подтверждаемый обработкой разнообразных размеченных датасетов: получаемые кластеры оказываются преимущественно однородными по исходным целевым признакам.

### Заключение

Для проверки точности и корректности предлагаемого метода кластеризации (с целью сегментации) многомерных данных был разработан специальный встраиваемый программный модуль. В качестве языка программирования был использован Python (из-за наличия у него большого количества современных библиотек для обработки, визуализации и анализа данных). Чтобы модуль было потенциально возможно интегрировать в любую профессиональную систему поддержки принятия решений, для него с помощью фреймворка FastAPI был дополнительно разработан прикладной программный интерфейс (с облегченным механизмом эксплуатации).

Математический аппарат, лежащий в основе работы модуля, носит универсальный характер и может найти прикладное применение в различных предметных областях. Особую практическую значимость программное решение может иметь при проведении медицинских исследований, поскольку удовлетворяет заявленным медицинским сообществом требованиям. А именно: 1) предусмотрена возможность одновременной работы с качественными и количественными признаками; 2) число кластеров вычисляется автоматически (без необходимости подбора параметров кластеризации); 3) результаты кластеризации легко поддаются интерпретации (что крайне важно для обоснования принимаемых на их основе решений). Последнее обеспечивается тем, что: 1) данные сохраняют исходные вид и единицы измерения; 2) значение метрики расстояния информативно; 3) используются базовые математические понятия.

Легко преодолимым недостатком программного решения в настоящее время является грубая аппроксимация границ областей допустимых значений кластеров (посредством разлиновывающей признаковое пространство прямоугольной сетки), из-за чего объекты, лежащие на периферии истинных доверительных интервалов, оказываются в числе выбросов. Существенно повысить точность предложенной модели возможно, если проверять объекты, маркируемые как выбросы, на принадлежность многомерным эллиптическим доверительным областям кластеров. При этом кластеры объектов, лежащих на пересечениях таких областей, потребуется дополнительно уточнять с помощью функции правдоподобия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство аналитика Deductor 5.3. URL: <https://basegroup.ru/deductor/manual/guide-analyst-530> (дата обращения: 21.01.2025).
2. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. — М.: Высшая школа, 1989. — 367 с.
3. Казанцев, В.С. К вопросу оценки полноты и достоверности таблиц медицинских данных / В.С. Казанцев, С.А. Никифоров, Е.В. Ползик // Врач и информационные технологии. — 2007. — № 2. — С. 45–49.
4. Касюк, С.Т. Кластерный анализ данных медицинских исследований с использованием языка R / С.Т. Касюк, Г.А. Диденко, О.А. Степанова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2021. — № 04/2. — С. 23–32. doi:10.37882/2223-2966.2021.04-2.11.
5. Альсова, О.К. Программная система кластерного анализа данных смешанного типа / О.К. Альсова, К.С. Ускова // Автоматика и программная инженерия. — 2013. — № 1(3). — С. 75–81.
6. Альсова, О.К. Алгоритмы кластеризации разнотипных данных на примере решения медицинской задачи / О.К. Альсова // Труды СПИИРАН. — 2014. — № 37. — С. 156–169. doi:10.15622/sp.37.10.
7. Берестнева, О.Г. Методы исследования структуры медицинских данных / О.Г. Берестнева, И.А. Осадчая, Е.В. Немеров // Вестник науки Сибири. — 2012. — № 1(2). — С. 333–338.
8. Савченко, Т.Н. Применение методов кластерного анализа для обработки данных психологических исследований / Т.Н. Савченко // Экспериментальная психология. — 2010. — Т. 3 — № 2. — С. 67–86.
9. Судаков, С.А. Кластерный анализ в психиатрии и клинической психологии: Руководство / С.А. Судаков — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. — 160 с.
10. Мезенцев, Ю.А. Задачи и алгоритмы оптимальной кластеризации многомерных объектов по множеству разнородных показателей и их приложения в медицине / Ю.А. Мезенцев, О.М. Разумникова, И.В. Эстрайх, И.В. Тарасова, О.А. Трубникова // Компьютерные исследования и моделирование. — 2024. — Т. 4 — № 3. — С. 673–693. doi:10.20537/2076-7633-2024-16-3-673-693.
11. Дюк, В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В. Дюк, В. Эмануэль — СПб.: Питер, 2003. — 528 с.
12. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енуков, Л.Д. Мешалкин — М.: Финансы и статистика, 1989. — 471 с.
13. Бериков, В.Б. Современные тенденции в кластерном анализе / В.Б. Бериков, Г.С. Лбов // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». — 2008. — 26 с.
14. Gower, J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 1971, vol. 27, no. 4, pp. 857–871.
15. Годяев, А.А. Программа построения самоорганизующихся карт Кохонена при категориальных и смешанных данных / А.А. Годяев, А.В. Гиголаев, Н.И. Цуканова // Вестник РГРТУ. Серия: Прикладная математика. — 2017. — № 61. — С. 78–87. doi:10.21667/1995-4565-2017-61-3-78-87.
16. Уткин, В.А. Классификация и диагностика в современной медицине с применением дискриминантного и кластерного анализа / В.А. Уткин // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2009. — № 4. — С. 70–73.
17. Харченко, Е.А. Морфологический подход к принятию обоснованных решений по экспертным суждениям / Е.А. Харченко // Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика. — 2019. — № 2. — С. 42–56. doi:10.26456/vtpmk531.
18. Харченко, Е.А. Алгоритм морфологического метода экспертных оценок для решения задачи прогнозирования / Е.А. Харченко // Компьютерные инструменты в образовании. — 2023. — № 2. — С. 5–20. doi:10.32603/2071-2340-2023-2-5-20.
19. Харченко, Е.А. Механическая модель морфологического метода принятия решений в условиях неопределенности / Е.А. Харченко // Компьютерные инструменты в образовании. — 2024. — № 3. — С. 14–32. doi:10.32603/2071-2340-2024-3-14-32.
20. Одрин, В.М. Метод морфологического анализа технических систем / В.М. Одрин — М.: ВНИИПИ, 1989. — 312 с.

---

© Крайнов Кирилл Алексеевич (krainov.2003@yandex.ru); Поляков Евгений Алексеевич (polevg2015@yandex.ru);

Харченко Елена Алексеевна (elenakhaa@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ

## DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PACKAGE FOR AUTOMATION OF WAREHOUSE STOCKS

*B. Pruss  
A. Bashmakov  
O. Pleskacheva*

*Summary.* The article describes the developed software package for optimization and planning of purchases. The developed package has a user-friendly interface and a sufficient number of functions allowing the user to automate and optimize the process of replenishment of warehouse stocks taking into account the dynamics of sales. The developed software package solves the problem of optimization of warehouse stocks and their timely replenishment to the required level. The results of testing the software package show that it correctly and accurately optimizes warehouse stocks and performs the necessary management decisions using the 1C:Enterprise program. At the same time, the received reports and recommendations are understandable and allow the user to work effectively.

*Keywords:* information system, automation of calculations, optimization of warehouse stocks.

**Прусс Борис Наумович**

Кандидат технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
инженерно-технологический университет»  
prussbor@gmail.com

**Башмаков Алексей Геннадьевич**

Старший преподаватель,  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
инженерно-технологический университет»  
alexb007@rambler.ru

**Плескачева Ольга Юрьевна**

Кандидат педагогических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
инженерно-технологический университет»  
pleskacheva@inbox.ru

*Аннотация.* В статье описан разработанный программный комплекс для оптимизации и планирования закупок. Разработанный комплекс имеет удобный интерфейс и достаточное количество функций, позволяющих пользователю оптимизировать процесс пополнения складских запасов с учетом динамики продаж. С помощью разработанного программного комплекса решается задача оптимизации складских запасов и своевременного их пополнения до требуемого уровня. Результаты апробации работы программного комплекса показывают, что он корректно и точно оптимизирует складские запасы и выполняет необходимые управленческие решения с использованием программы 1С:Предприятие. При этом полученные отчеты и рекомендации понятны и позволяют пользователю эффективно работать.

*Ключевые слова:* информационная система, автоматизация расчетов, оптимизация складских запасов.

**С**овременный мир немыслим без торговли, и как следствие, товаров. Торговля этими товарами способствует доставке этих товаров конечному потребителю. Но перед тем, как товар дойдет до конечного адресата, его нужно где-то хранить, а физическое место на складах не безгранично.

Оптимизация планирования закупок — процесс, критически важный в современном мире. Помимо оптимизации физического места на складах, он позволяет различным контрагентам избежать финансовых потерь, ведь когда товары «мертвым» грузом лежат на складах это приносит лишь убытки.

Исходя из перечисленного выше можно сформулировать актуальность данной работы — так как планирование закупок довольно важно, создание соответствующей программы, реализующей данный процесс

только «облегчит» жизнь пользователям данной программы.

Цель работы — разработка программного комплекса для планирования и оптимизации закупок. Данную цель можно разделить на соответствующие задачи: проектирование архитектуры программного комплекса (как общей, так и отдельно для каждого модуля), и последующая его реализация.

В данной работе спроектирован и разработан программный комплекс для оптимизации плана закупок. Так как в современном мире данные об оборотах товаров, могут храниться в различных видах (как в разных программах, так и в разных форматах), то программа будет спроектирована с учетом этого факта и будет предоставлять единый унифицированный интерфейс, с использованием распространенных технологий и протоколов,

что позволит пользователю быстрее ориентироваться в заполняемой информации [1].

Из введения можно понять, что разрабатываемая программа не будет являться частью какой-либо другой большей информационной системы, следовательно, архитектура программы будет не монолитной. Программа будет разделена на две части — клиент и сервер.

Основное приложение будет спроектировано как HTTP — сервер, предоставляющий публичный интерфейс вида `http://<адрес_приложения>/predict-optimize`, принимающий POST — запросы. Это позволит соблюсти требования, обозначенные во введении, а именно возможность взаимодействия с различными программами, независимо от их формата хранения данных.

По данному публичному интерфейсу (`/predict-optimize`) будет располагаться обработчик, выполняющий прогнозирование данных и их дальнейшую оптимизацию.

Прогнозирование будет осуществляться на основе симплекс — метода, со следующими параметрами:

Целевая функция:  $value + B \rightarrow \max$ , где  $value$  — это оборот товара за заданный промежуток времени, а  $B$  — прогноз закупок.

Также данному уравнению задаются динамические ограничения:

- Если количество товара на складе больше, чем оборот за заданный период, то ограничение принимает вид  $value + B \leq stock$ .
- Если же оборот товара больше, чем текущий остаток на складе, то ограничение принимает вид  $value + B \geq stock$ ,

Где  $value$  — оборот товара,  $B$  — прогноз закупок данного товара, а  $stock$  — количество оставшегося товара на складе.

После прогнозирования закупок, будет выполнена их оптимизация (также с помощью симплекс — метода).

Целевая функция:  $B_1 + B_2 + \dots + B_N \rightarrow \max$ , где  $B_i$  — прогноз закупок  $i$  — товара,  $i \leq N$ .

$$\text{Ограничение 1: } 0.7 * \frac{T1}{t2} \leq \frac{B_1}{t1},$$

$$\text{Ограничение 2: } 1.3 * \frac{T1}{t2} \geq \frac{B_1}{t1}, \text{ где } T1 — \text{ оборот за заданный промежуток времени, } t1 — \text{ промежуток времени оборота, } t2 — \text{ промежуток времени прогнозирования, } B_1 — \text{ прогноз закупок товара на промежуток времени } t2.$$

Клиентская часть приложения, формально, является бесконечным множеством программ, каждая из которых будет представлена расширением/дополнительным модулем к уже существующим программам бухгалтерского и административного учета (например, 1С, Битрикс, Контур, БухСофт и т.п.). Так как серверная часть приложения предоставляет публичный интерфейс взаимодействия, разработка клиентских приложений сводится к написанию тривиального кода получения данных соответствующей платформы и отправки их на сервер в определенном формате.

В данной работе представлено клиентское приложение для платформы 1С: Предприятие 8.3 и конфигурации 1С: Управление Торговлей 11.

Так как серверная программа может быть запущена на любой платформе и любой ОС, следовательно, она должна быть кроссплатформенной. Для обеспечения данного свойства был выбран язык Python, помимо встроенной кроссплатформенности, он облегчает разработку благодаря абстракциям высокого уровня, встроенным в язык [2].

Также в Python есть популярная библиотека для развертывания веб — серверов — Flask. Она также предоставляет различные абстракции для создания эффективных веб — приложений серверного типа. В качестве среды разработки будет использована PyCharm Community Edition 2022 от компании JetBrains.

Для создания клиентского приложения будет использована платформа 1С: Предприятие 8.3.24.

Какужебылообозначеноранее,архитектураинформационной системы будет клиент — серверная. Ниже представлена схема взаимодействия между элементами ИС.

Как видно из схемы серверное приложение сможет «общаться» сразу с несколькими различными клиентскими приложениями.

Если формализовывать архитектуру информационной системы, то можно определить серверное приложение как *backend*, а клиентские приложения как *frontend*.

На клиентское приложение (*frontend*) помимо функции взаимодействия с пользователем (графического интерфейса), также наложены обязательства по сбору данных и приведению их в соответствующий формат.

Серверное приложение (*backend*) будет выполнять вычислительные функции, а именно «предсказывание» закупок товаров на указанный период, а также их последующая оптимизация по заданной целевой функции и ограничениям.

Рассматривая архитектуру серверного приложения следует отметить, что оно будет предоставлять публич-

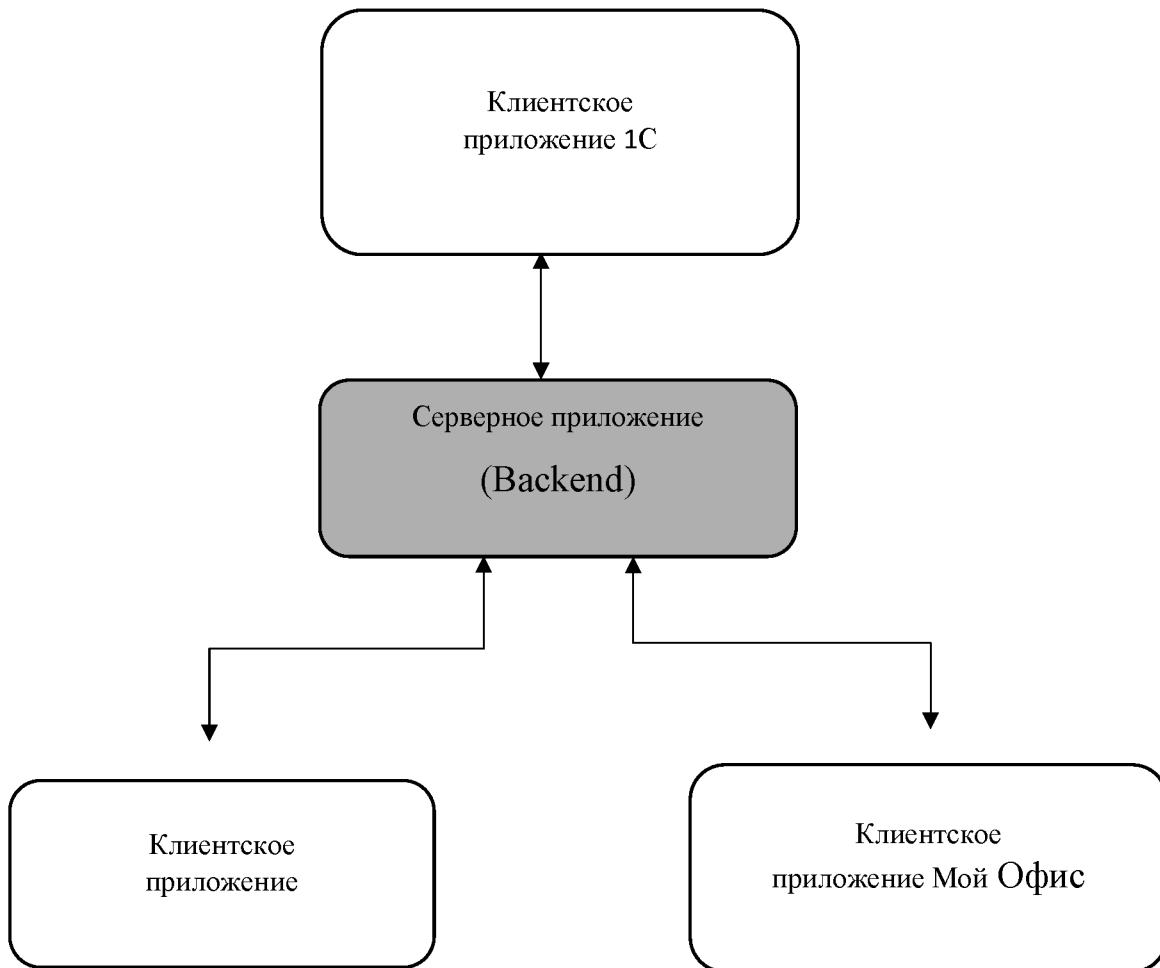


Рис. 1. Схема взаимодействия между элементами ИС

ный интерфейс для взаимодействия с вычислительной частью программного комплекса. Для хранения и взаимодействия с расчётыми данными внутри серверного приложения, следует спроектировать соответствующие структуры данных.

Так как данные об оборотах и данные о закупках (до оптимизации и после) имеют схожую структуру, хорошим решением будет их обобщить и создать базовые абстрактные классы, на основе которых уже будут спроектированы основные классы.

Перечислим разработанные структуры данных:

1. Структура данных `AbstractItem` представляет собой абстрактное представление одной единицы товара
2. Структура данных `AbstractData` будет абстрагировать контейнер для хранения всех единиц `AbstractItem`, классы — наследники должны будут реализовывать следующие методы: Теперь можно создать основные структуры данных.
3. Структура данных `SellItem` представляет из себя абстракцию одной единицы входящих на сервер данных (данные обработка товаров). Является наследником класса `AbstractItem` и реализует его абстрактные методы.
4. Структура данных `SellData` представляет собой «ленивый» контейнер для хранения элементов `SellItem`. Фактически `SellData` хранит в себе «сырые» (raw) данные, но перед тем, как передать их далее по потоку управления программы, конструируется объект `SellItem`. Является наследником класса `AbstractData` и реализует его абстрактный методы. Содержит в себе следующие поля и методы.
5. Структура данных `PredictItem` представляет собой один элемент выходных (оптимизированных и/или спрогнозированных) данных закупок. Также является наследником абстрактного класса `AbstractItem`.
6. Структура данных `PredictData` — «ленивый» контейнер для хранения объектов `PredictItem`. Аналогично контейнеру `SellData` хранит «сырой» поток данных (необработанный) и только при соответствующем запросе создает объект класса `PredictItem`. Является наследником класса `AbstractData` и реализует его абстрактные методы.

Ниже на рисунке представлена полная диаграмма иерархии классов.

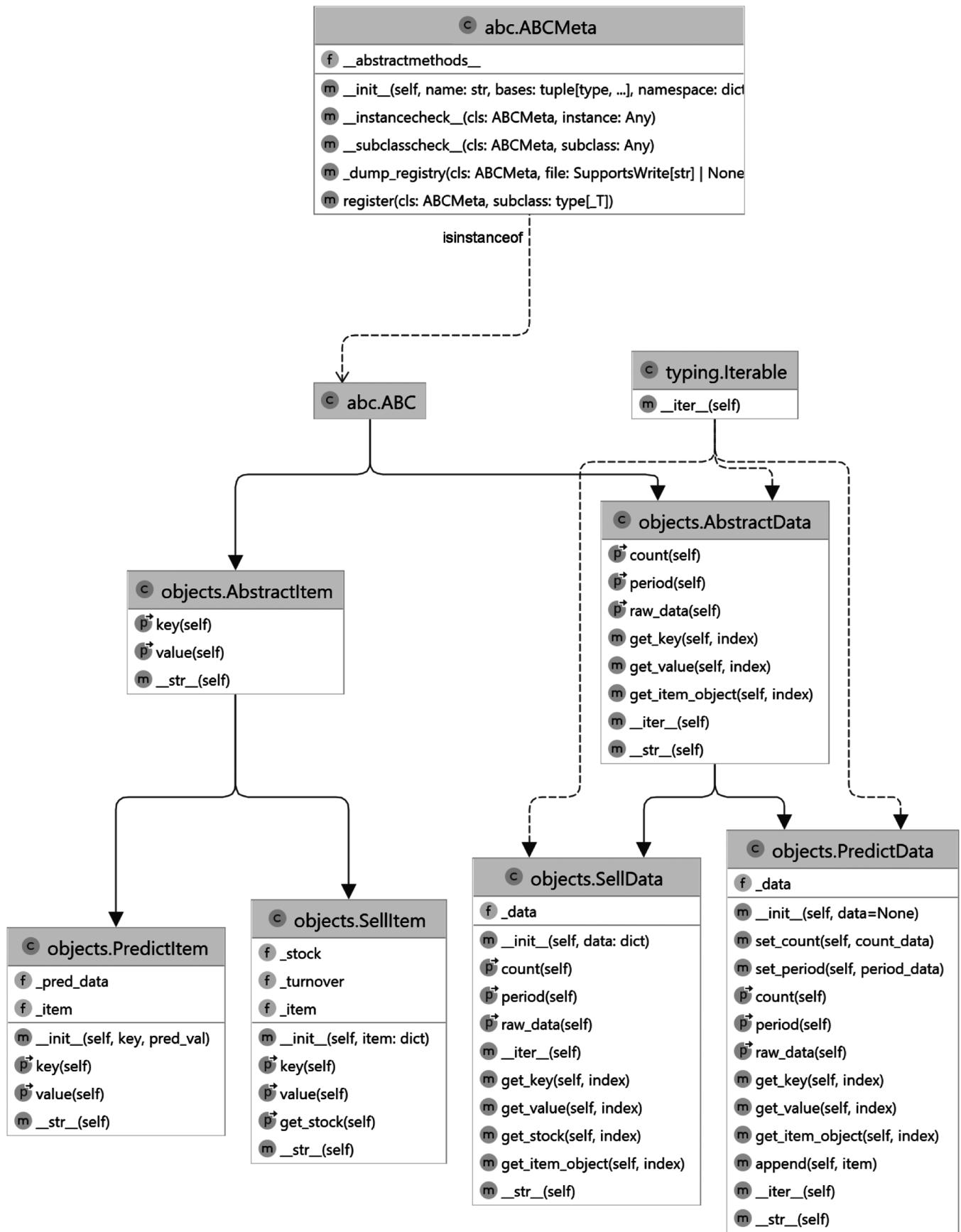


Рис. 2. Иерархия классов структур данных

Рассматривая архитектуру клиентского приложения, следует отметить, что оно представляется неопределенным множеством различных программ. Но если «спуститься» на более практический уровень обсуждения, то здесь будет продемонстрирована архитектура клиентского приложения для платформы 1С: Предприятие 8.3.

Разработка клиентского приложения, фактически, является разработкой пользовательского интерфейса и небольшого количества «внутренних» структур данных и алгоритмов (сбор данных и отправка на серверное приложение). Так как язык разработки 1С: Предприятие 8 не имеет поддержки объектно — ориентированных механизмов, проектирование клиентского приложения сводится к созданию управляемой формы приложения и размещению на ней соответствующих полей.

Ниже на рисунках представлен прототип формы клиентского приложения для платформы 1С: Предприятие 8.3.

Рассматривая процесс реализации серверного приложения, необходимо отметить, что структуры данных были спроектированы ранее и описаны выше, осталось разработать алгоритмы и серверное приложение будет готово к использованию. Но перед тем, как разрабатывать алгоритмы, нужно определиться со структурой передаваемых данных.

Данные между клиентом и сервером будут передаваться в качестве POST — данных HTTP протокола в формате JSON. Этот выбор обусловлен требованиями, представленными ранее, а именно использование распространённых форматов и технологий. Протокол HTTP сейчас используется повсеместно и имеет широкую поддержку в различных библиотеках, аналогичная ситуация с форматом JSON.

Данные от клиента на сервер будут передаваться в качестве массива объектов JSON, первый элемент будет содержать объект count — общее количество пере-

The screenshot shows a client application window titled 'Optimization of purchases'. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes back, forward, and star icons, followed by the title 'Optimization of purchases'.
- Header:** Shows the date range '26.03.2017 - 30.06.2017', a 'Period (days)' of 96, and a 'Server Address' of '127.0.0.1'.
- Server Configuration:** Includes 'Protocol' (HTTP Port 5000) and 'Request Address' ('/predict-optimize').
- Info Panel:** Displays an information icon and text: 'Standard values are set for the 1C configuration "Management of trade", edition 11.'
- Main Content Area:**
  - Additional Settings:** Contains date ranges and a 'Period (days)' input.
  - Configurations:** Contains sections for 'Warehouse data sources', 'Turnover data sources', and 'Inventory data sources'.
  - Source List:** A list of data sources including 'Bonuses and Points', 'Bonuses and Points. Inventory', 'Turnover and Cost of Sales', 'Turnover and Cost of Sales. Turnover', 'Inventory', and 'Movement of Goods'.
  - Table:** A table comparing 'Bonuses and programs of loyalty' and 'Bonuses and programs of loyalty'.

Рис. 3. Прототип формы клиентского приложения 1С

Источники данных

Источник данных склада: ТоварыНаСкладах.Остатки	Источник данных оборота: ВыручкаИСебестоимостьПродаж.Обороты
Установить склад	
Реквизит номенклатуры склада: Номенклатура	Реквизит номенклатуры оборота: АналитикаУчетаНоменклатуры.Номенклатура
Установить номенклатуру склада	
Реквизит остатка: ВНаличииОстаток	Реквизит оборота: КоличествоОборот
Установить остаток	
Установить оборот	

Рис. 4. Настройка источников данных

Дополнительные настройки

<b>Даты</b>		<b>Настройки сервера</b>		<b>Инфо</b>
Дата начала: 07.12.2016	Адрес сервера: 127.0.0.1			Стандартные значения заданы для конфигурации 1С "Управление торговлей", редакция 11.
Дата конца: 03.07.2017	Протокол: <input checked="" type="radio"/> HTTP Порт: 5000			
Период (дни): 208	Адрес запроса: /predict-optimize			

Настройки

Оптимизация

Рис. 5. Настройка параметров оптимизации

← → ⭐ Оптимизация закупок

Еще ▾

Дополнительные настройки

<b>Даты</b>		<b>Настройки сервера</b>		<b>Инфо</b>
Дата начала: 07.12.2016	Адрес сервера: 127.0.0.1			Стандартные значения заданы для конфигурации 1С "Управление торговлей", редакция 11.
Дата конца: 03.07.2017	Протокол: <input checked="" type="radio"/> HTTP Порт: 5000			
Период (дни): 208	Адрес запроса: /predict-optimize			

Настройки

Оптимизация

Данные результата

Еще ▾

Номенклатура	Прогноз закупок
Сок апельсиновый 1 л	182
Сок слиновый 1 л	152
Сок слиновый 2 л	118
Батон нарезной	330
Хлеб дарницкий	184
Плюшка московская	244
Булочка с маком	282
Мука гречневая	577
Вентилятор BINATONE 200 вт, напольный, оконный	296
Вентилятор настольный, Модель 901	613
Шкаф кухонный	5
Шкаф 3-дверный	15
Тумбочка прикроватная	11
Туалетный столик	20
Лимонад	2 900

Рис. 6. Результат оптимизации

даваемых товаров, второй элемент — объект `days` содержит временной промежуток в днях, для которого были собраны данные о товарах, третий элемент — объект `data` содержащий массив объектов товаров, в каждом объекте массива будет три поля:

1. Поле `key` — уникальный идентификатор товара.
2. Поле `turnover` — данные оборота товара за назначенный период.
3. Поле `stock` — количество товара на складе на конец назначенного периода.

Данные от сервера к клиенту будут также приходить в формате JSON, но в несколько другой структуре, так как «гонять» туда-обратно данные о периоде и количестве товара на складе не имеет смысла (так как клиенту уже известна эта информация). Поэтому от сервера к клиенту поступит обратно только массив с оптимизированными данными о закупках товаров, в каждом объекте товаров будет содержаться два поля:

1. Поле `key` — уникальный идентификатор товара
2. Поле `value` — спрогнозированное и/или оптимизированное количество товара.

Теперь можно перейти к разработке основных алгоритмов вычисления (прогнозирования и оптимизации) закупок. В качестве «ядра» вычислений будет использоваться библиотека `ruLp`, она предоставляет большой набор возможностей линейного программирования.

Сначала для каждого товара, с помощью библиотеки `ruLp` будет вычислен прогноз закупок на следующий временной период, прогнозирование будет осуществлено с помощью симплекс — метода, более подробно описанного в главе «Общее описание программы».

После прогнозирования закупок, данные будут оптимизированы, также с помощью библиотеки `ruLp` и симплекс — метода, математически процесс оптимизации описан в главе «Общее описание программы».

После прохождения всех этапов (прогнозирования и оптимизации) благодаря спроектированным структу-

рам данных, автоматически конвертируются в приемлемый вид, и отправляются на сервер.

Реализация клиентского приложения достаточно trivialно, в основном она сводится к написанию алгоритмов сбора данных из соответствующих источников 1С.

Для разработки этого приложения используется модуль «Настройки» (представленный на рисунке 3), позволяющий выбрать источники данных.

На рисунке 6 представлена основная часть окна настроек, при выборе соответствующих параметров, требуется нажать кнопку «Установить» под определенным параметром. Например, при выборе в списке источников данных (правая колонка на рисунке 5) регистра содержащего данные о товарах на складах, нужно нажать кнопку «Установить склад». Далее в списке реквизитов (левая колонка на рисунке 5) появятся список измерений, ресурсов и реквизитов выбранного источника данных, выбрав атрибут номенклатура склада следует нажать кнопку «Установить номенклатуру склада» и так далее.

После настройки источников данных формируется запрос на выборку из базы данных на основе заполненных полей, из выборки формируется JSON и отправляется на сервер.

Перед началом тестирования следует задать требуемые параметры, основным параметром является диапазон дат, по которому будет выполняться выборка из базы данных и последующие прогнозирование и оптимизация.

На рисунке 6 можно увидеть результат оптимизации на период в 208 дней.

Результаты работы программного комплекса корректно проводят оптимизацию складских запасов и позволяют пользователю эффективно ими управлять. Указанные мероприятия позволяют снизить количество товара на складе компании и высвободить оборотные средства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прусс Б.Н., Романов В.А. Проектирование интерфейса АРМ коменданта общежития// Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее. Сборник статей XII международной научно-практической конференции. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. — Ч.1. — С.36–38.
2. Федоров Д.Ю. Программирование на языке высокого уровня Python: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Д.Ю. Федоров. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 161 с. — URL: <https://urait.ru/bcode/437489> (дата обращения: 14.06.2025).

© Прусс Борис Наумович (prussbor@gmail.com); Башмаков Алексей Геннадьевич (alexbs007@rambler.ru);

Плескачева Ольга Юрьевна (pleskacheva@inbox.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛОГИСТИКЕ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИК ВНЕДРЕНИЯ

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN STUDIES AND IMPLEMENTATION PRACTICES

*V. Romanovich*

*Summary.* At the global level, the implementation of AI demonstrates significant economic efficiency, but in Russian conditions they manifest themselves unevenly, which is associated with institutional, infrastructural and regulatory features. The article considers artificial intelligence in logistics. A comparative analysis of domestic and foreign studies and implementation practices is carried out. Successful implementation cases and practices are given as examples, where AI showed limited efficiency or did not justify the invested resources at all. The methodological novelty lies in the comparison of Russian and foreign studies, identifying differences in approaches, metrics and performance.

*Keywords:* artificial intelligence, efficiency, logistics, integration, routing.

**Романович Владислав Игоревич**

Аспирант, Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте  
Российской Федерации (РАНХиГС), Москва  
Vladromrer@yandex.ru

*Аннотация.* На глобальном уровне внедрение ИИ демонстрирует значительную экономическую эффективность, однако в российских условиях они проявляются неравномерно, что связано с институциональными, инфраструктурными и нормативными особенностями. В статье рассматривается искусственный интеллект в логистике. Проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных исследований и практик внедрения. В качестве примеров приведены успешные кейсы внедрения и практики, где ИИ показал ограниченную эффективность либо вовсе не оправдал вложенные ресурсы. Методологическая новизна заключается в сопоставлении российских и зарубежных исследований, выявлении различий в подходах, метриках и результативности.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, эффективность, логистика, интеграция, маршрутизация.

В российской научной литературе по вопросам применения искусственного интеллекта в логистике прослеживается устойчивая тенденция к преобладанию обзорно-концептуальных исследований, тогда как количество эмпирических работ с воспроизводимой методологией остается крайне ограниченным. Тем не менее, корпус отечественных публикаций позволяет выявить характерные направления исследований, ключевые тенденции в области критического осмысливания вопросов внедрения ИИ в транспортно-логистический комплекс.

Так, Т.Н. Хорошилова систематизирует базовые сферы применения интеллектуальных технологий: прогнозирование спроса, маршрутизация грузопотоков, автоматизация складских операций и предиктивная аналитика в управлении запасами [4]. По мнению автора, наиболее существенными барьерами при внедрении ИИ выступают высокие капитальные издержки, дефицит квалифицированных кадров и риски, связанные с безопасностью данных. Работа обладает несомненной ценностью в части постановки исследовательской проблемы и определения приоритетов для бизнеса и государства, однако ее методологическая слабость заключается в отсутствии

количественных данных, сопоставимых метрик эффективности и формализованных процедур верификации полученных результатов.

К аналогичным по направленности можно отнести исследование О.В. Князькиной, Р.М. Хамитова, Г.В. Дмитриева и О.П. Черниковой [2]. Авторы выделяют шесть основных областей применения ИИ: управление складскими процессами, автономная доставка, автоматизированная сортировка, комплектация заказов, контроль логистических потоков и взаимодействие с потребителями. Достоинством исследования является систематизация практических кейсов и обозначение направлений интеграции, однако количественная оценка влияния ИИ на операционную эффективность и финансовые показатели отсутствует, что снижает научную убедительность выводов.

В работе А.Д. Кривоноса особое внимание уделяется концепции цифровых двойников и интеграции интеллектуальных решений в управление цепями поставок. Автор подчеркивает потенциал использования ИИ в задачах моделирования транспортных процессов и оптимизации складской деятельности [3]. В то же время публика-

ция носит преимущественно прикладной характер и не сопровождается статистическими замерами или описанием воспроизводимой исследовательской методики.

Примечательно исследование Э.Д. Штоль, в которой делается попытка классифицировать риски современной логистики и показать, каким образом ИИ способен их преодолевать [5]. Автор обращает внимание на такие проблемы, как недостаточная адаптивность цепей поставок и высокая операционная нестабильность, однако исследование ограничивается констатацией технологических возможностей и практически не опирается на эмпирические данные.

К.С. Каримов подробно рассматривает алгоритмические основы интеллектуальных систем — от нейронных сетей до методов машинного обучения, показывая потенциал адаптации этих методов к задачам транспортной логистики [1]. Однако исследование носит преимущественно теоретический характер и не сопровождается апробацией на отраслевых данных, что снижает его прикладную значимость.

Критическая оценка отечественного корпуса исследований позволяет выделить несколько ключевых проблем. Во-первых, большинство работ ограничивается описанием концепций и тенденций, что делает их полезными для стратегического анализа, но недостаточными для формирования доказательной базы. Во-вторых, лишь единичные публикации содержат попытку количественного измерения эффекта от внедрения ИИ, при этом отсутствуют стандартизованные метрики (OTIF, WAPE, sMAPE и др.), что препятствует их сопоставлению. В-третьих, в отечественных исследованиях практически не встречается использование экспериментальных методик (A/B-тестирование, квазиэксперименты, симуляции), что снижает научную обоснованность и воспроизводимость. Тем не менее, российская наука обладает значимым достоинством: анализируются институциональные условия, нормативно-правовые ограничения и барьеры адаптации технологий. В этом аспекте отечественные исследования обеспечивают значимое преимущество по сравнению с зарубежными публикациями, где внимание сосредоточено преимущественно на моделях и алгоритмах. Таким образом, российский исследования формируют необходимую основу для понимания специфики внедрения ИИ в условиях ограниченного доступа к данным, жёсткой регуляторики и неоднородной инфраструктуры.

Среди зарубежных исследований следует обратить на ряд работ. S. Bhattacharya и соавт. провели анализ более трехсот публикаций по ИИ для реверс-логистики, утилизации и повторному использованию, картируя 10 наиболее распространённых техник и прикладных подполяй; наряду с методологической силой, обзор

демонстрирует нехватку стандартов качества данных и общепринятых операционных метрик в экосистемах возвратов.

Блок работ по методам маршрутизации/диспетчеризации демонстрирует быстрый прогресс в глубоком обучении с подкреплением (DRL) и «обучении для комбинаторной оптимизации». Актуальные обзоры по VRP систематизируют внимание-модели, многоагентные постановки и гибриды с эвристиками, подчёркивая сдвиг от статических CVRP/VRPTW к динамическим/много-транспортным постановкам (multi-truck, dynamic VRP) и разрыв между симуляцией и производством. Новые работы предлагают DRL-рамки для динамического VRP (в т.ч. с «много-грузовиками») и показывают выигрыши в сложных средах, хотя и признают недостаточную исследованность некоторых реалистичных вариаций (стochastic спроса, неоднородный парк, «жёсткие» окна).

Наконец, в ряде работ обобщаются выгоды и барьеры внедрения ИИ на операционном контуре (OSCM) и имеют два ключевых барьера: зависимость эффектов от качества исходных данных/ процессов и «социотехнические» издержки организационных изменений, что напрямую релевантно логистике [11].

Зарубежные работы отражают методологию (PRISMA, библиометрика, симуляции, A/B-подобные дизайны), диверсификацию тематик (устойчивость, CLSC, динамическая маршрутизация) и акцент на воспроизводимость и метрики при этом авторы регулярно отмечают разрыв «симуляция → продакшн» и зависимость результатов от доступности чистых и стандартизованных данных.

Зарубежный корпус исследований по ИИ в логистике и управлении цепями поставок (SCM) характеризуется высокой методологической строгостью, широким охватом эмпирики и развитой культурой репликации. Прежде всего следует выделить серию систематических обзоров (SLR), задающих рамку дисциплины. Так, G. Culot провели ряд эмпирических работ по ИИ в SCM, акцентируя технологические подходы, области применения и «узкие места» внедрения (качество данных, интеграция с ИС, межорганизационная координация), и сформулировали повестку будущих исследований с уклоном в воспроизводимые дизайны и метрики операционного эффекта [8]. Эти выводы корреспондируют с авторским мета-обзором на институциональном репозитории (AIR UniId), где дополнительно подчёркнута необходимость прозрачности данных и унификации методик оценки.

Важным ориентиром остается обзор M. Pournader, систематизирующий 150+ статей об ИИ в SCM и выделяющий доминирующие техники (ANN, FL, GA и др.), исследовательские кластеры и пробелы (скучность валидированной «полевой» эмпирики, дефицит исследо-

ваний интероперабельности и устойчивости цепей) [10]. Параллельно R. Toorajipour и соавт. концентрируются на вкладе ИИ в ключевые процессы SCM и формируют повестку будущих работ (данные, процессы развертывания, интеграция между организациями, измерение производительности), что усиливает требование к единым метрикам и дизайнам экспериментов [13].

На стыке ИИ и устойчивости выделяются более новые SLR. W. Chen и соавторы анализируют логистическую оптимизацию с «зелёными» критериями, сопоставляя классы моделей (генеративные, ML, метаэвристики) с задачами декарбонизации и ресурсной эффективности. Авторы подчёркивают важность гибридизации ИИ с традиционной оптимизацией и моделированием, а также дефицит валидированных кейсов с экологическими KPI [7]. По мнению A.R. Teixeira и соавторов, синтез литературы 2021–2024 гг. по резильентности, устойчивости и внедрённости ИИ в SCM указывает на смещение интереса от «point solutions» к системной интеграции, кроме того, отмечаются пробелы в данных для стресс-сценариев [12].

Следует отметить и методологическая строгость. По сравнению с российской литературой, в зарубежных обзорах и эмпирических работах системно используются формализованные процедуры отбора и синтеза (PRISMA), а также экспериментальные/квази-экспериментальные дизайны для оценки эффекта ИИ (симуляции с контрольными сценариями, «до/после», тесты на стресс-события). В работах Culot [8], Pournader [10], а также в CLSC-обзоре Bhattacharya [6] можно увидеть полноту протоколов отбора, кодификацию техник и тематик, а также систематизировать результаты и сравнить их, что контрастирует с преобладанием описательных публикаций в РФ и редкостью открытых дизайнов валидации.

Зарубежные источники чаще предоставляют сопоставимые метрики (точность прогнозов, OTIF-аналогии, cost-per-stop, KPI CLSC) и протоколы оценки (включая доверительные интервалы), тогда как российские работы преимущественно описывают архитектуры и кейсы без статистически валидированного эффекта. Отсюда и различия в реплицируемости и в качестве мета-аналитических обобщений: в своих обзорах авторы Chen (устойчивость) [7], Teixeira (OSCM) формулируют требования к KPI и сценарно-ориентированным тестам, что облегчает их сопоставимость [12].

Сильная сторона зарубежных исследований — их глубина по «узким» задачам (динамическая маршрутизация, многоагентные постановки VRP), однако перенос этих результатов на российские реалии затруднено: в РФ действуют строгие режимы обработки/локализации данных и ГОСТ-стандарты, а инфраструктура и телеметрия неоднородны. Сами авторы DRL-направления отмечают

пределы переносимости из симуляции в производство (в том числе из-за дрейфа данных и «жёстких» ограничений), что усиливает необходимость контекстной адаптации и «человека-в-контуре» при внедрении.

Зарубежные авторы в большей степени нацелены на интеграцию экологических/социальных измерений (устойчивость, резильентность, CLSC), чем российские: это видно по SLR в работе Chen (логистика + устойчивость) и Bhattacharya (CLSC). Для российского рынка это означает необходимость конвергенции методик (строгие KPI + сценарные тесты) с нормативной спецификой (локализация ПДн, отраслевые стандарты) и инфраструктурной реальностью (разрыв в готовности данных между регионами и участниками цепей).

Ключевая проблема для российских эмпирических исследований — это отсутствие стандартизованных KPI и экспериментальных дизайнов; зарубежные требования к уровню услуг предполагают, что без сопоставимых метрик невозможно ни агрегирование эффектов, ни перенос лучших практик. Практический вывод — публиковать OTIF, WAPE/sMAPE, cost-per-stop, автосортировки, долю ручных вмешательств и доверительные интервалы, дополняя симуляции «полевыми» тестами.

Следует обратить внимание и на данные и интероперабельность (способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена). В данном случае требуется институциональная работа по стандартизации событийной ленты и качеству данных; CLSC-обзор и работы по устойчивости показывают, что без сквозных данных (включая реверс-потоки) репликация и оценка «зелёных» эффектов затруднены.

Разрыв «симуляция → продакшн». Массив по DRL/VRP фиксирует устойчивый прогресс на симуляциях и частично — на эталонных датасетах; для повышения внешней валидности необходимы публичные производственные датасеты/«песочницы» и протоколы стресс-валидаций (праздничные пики, погодные аномалии, ограничения сервиса).

Анализ показал, что для заимствовать методологию из зарубежных работ, российским исследователям нужно явным образом «вшивать» регуляторику и стандарты в исследовательские дизайны (privacy-by-design, локализация, ГОСТ-термины), иначе результаты оказываются неинтегрируемыми в практику. Этот тезис согласуется с обзорами по OSCM и устойчивости, требующими соединения технологий и институциональных условий.

Рассмотрим на примере «Почты России» особенности почтово-курьерской логистики.

Кейс «Почты России» показателен тем, что масштаб организации вынуждает связывать ИИ не с отдельными пилотами, а со сквозной операционной трансформацией: алгоритмы применяются в сортировке, магистральном планировании, диспетчеризации и прогнозировании потоков, а также в клиентских сервисах ETA/оповещений. Управленческая предпосылка успеха в данном случае — централизация и унификация данных: только при наличии согласованных справочников, уникальных идентификаторов отправлений и маршрутов, а также прозрачного журнала событий (event log) возможно устойчиво обучать модели и мониторить их деградацию. Техническим ядром выступает связка WMS/TMS/OMS и потоковая интеграция телеметрии, на базе которых строятся ML-сервисы для динамического перераспределения мощностей и выявления отклонений (аномалий) в сортировке и доставке. Критически важно, что измеримый эффект таких систем зависит не только от качества моделей, но и от механизма «замыкания контура» — то есть от того, как решения ИИ автоматически преобразуются в задания для оборудования, смен и рейсов, а не остаются аналитическими подсказками «в никуда». Уязвимостью остаётся зависимость от качества входных данных: несогласованные статусы, пропуски телеметрии и «шумные» гео-события приводят к смещению распределений и ухудшению точности ETA/планов; поэтому MLOps-процедуры (data contracts, drift detection, canary-релизы моделей) должны быть встроены в регламент.

В ритейле (на примере X5 и других сетей) исторически сильнее всего проявились эффекты алгоритмов прогнозирования спроса и автоматизации пополнения, поскольку здесь доступны истории продаж, промо-календари и ценовые ряды. С точки зрения логистики это отражается на выравнивании внутридневных и междневных профилей отгрузок, снижении «пилообразности» складских операций и более устойчивой загрузке магистральных плеч. Критическая особенность кейсов ритейла — необходимость сквозной связки коммерческого планирования и логистики: модель спроса, оптимизирующая маржу и оборачиваемость, может ухудшать метрики склада и транспорта, если в целевой функции не учтены операционные ограничения (окна, габариты, сменные лимиты, температурные режимы). Практика показала, что наилучшие результаты достигаются в гибридном подходе: сначала строится система прогноза и целевой матрицы пополнения, затем — слой операционной оптимизации, который преобразует эти решения в исполнимый план рейсов, заданий и расписаний с учётом SLA и ресурсных ограничений. На стороне рисков находится эффект «локальной оптимальности»: улучшение точности прогноза без корректной диспетчеризации и маршрутизации переносит проблему «узкого места» с розницы на распределительный центр или транспорт.

Для 3PL-операторов (например, SberLogistics и аналогичные игроки) ИИ выступает прежде всего как средство стандартизации сервисов при высокой вариативности клиентских требований. Типовые области применения — прогноз объёмов/SKU-микса по клиентам, рекомендации по размещению на складе (slotting), оптимизация подбора и упаковки, а также построение расписаний смен с учётом сезонности и акций. Управленческое ядро таких кейсов — SLA-ориентированная архитектура: каждое ИИ-решение должно быть привязано к конкретному контрактному показателю (уровень сервиса, время обработки, точность комплектации, доля возвратов) и иметь процедуры эскалации при деградации. Критическая трудность 3PL — «мульти-аренду» данных: когда на одной платформе обслуживаются клиенты с разной зрелостью ИТ — программ и разным качеством данных, что вынуждает внедрять уровень нормализации и активнее использовать синтетические признаки и трансферное обучение. Экономический эффект здесь сильнее коррелирует не с «глубиной нейросетей», а с дисциплиной процессов: без стандартизованных сканов, корректных штрихкодов и метрологии тары ИИ-модели будут улучшать прогнозы в симуляции, но не в реальном потоке.

Last-mile в крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, агломерации-миллионники) демонстрирует наибольшую чувствительность к ИИ в частях кластеризации точек доставки, динамического маршрутизационного пересчёта и SLA-коммуникаций с клиентом. Практика показывает, что даже умеренное улучшение точности ETA и перераспределение заказов между курьерами и ПВЗ дают заметный вклад в NPS и снижение «холостого» пробега. Эксперименты с роботами-курьерами и дронами в России подтверждают технологическую реализуемость, но упираются в регуляторные и инфраструктурные ограничения (безопасность, зоны полётов/проезда, погодные риски, вандалоустойчивость), из-за чего их роль пока остаётся нишевой и пилотной. Более прагматичным в 2025 году выглядит усиление «человекоцентричных» инструментов: прогноз отмен/переносов, рекомендация временных слотов, динамические тарифы и стимулы для смещения спроса в «плоские» интервалы суток.

Общий вывод из рассмотренных кейсов — это успех ИИ-внедрений определяется не масштабом модели и не брендом вендора, а зрелостью операционного контура: чистотой событийной ленты, скоростью данных (latency), автоматизируемостью обратной связи и способностью организации принимать решения в режиме реального времени. Там, где ИИ остается «надстройкой» к ручным процессам, эффект быстро снижается: рост точности прогноза или качества сортировки не транслируется в экономию километров, часов и человеко-смен. Наоборот, там, где модели встроены в «исполнительный слой»

(автоматическое формирование сменных заданий, блокировка неэффективных маршрутов, автоэскалации при риске нарушения SLA), эффект становится стабильным и масштабируемым. Для повышения воспроизводимости результатов целесообразно формировать «матрицу зрелости» по компаниям: оси — классы задач (прогноз, маршрутизация, склад, last-mile) и уровни зрелости (данные, модели, интеграции, операции, контроль), с привязкой к унифицированным метрикам (OTIF, sMAPE/WAPE, загрузка, cost-per-stop, автосортировки, доля ручных вмешательств). Такой инструмент позволяет уходить от маркетинговых заявлений к верифицируемой картины прогресса и точкам роста.

Сравнительный анализ показал, что зарубежные исследования по ИИ в логистике характеризуются методологической строгостью, прозрачностью данных и использованием воспроизводимых экспериментов. Российский научный дискурс сосредоточен на институциональных барьерах и стратегических перспективах,

но пока недостаточно развит в части количественных замеров и экспериментальной базы.

Практика кейсов («Почта России», X5, SberLogistics) показывает, что успех внедрения ИИ определяется не масштабом модели, а зрелостью операционного контура: чистотой данных, скоростью их обработки, интеграцией с WMS/TMS и наличием MLOps-процессов. Для российской логистики ключевыми приоритетами остаются стандартизация данных и унификация справочников; развитие воспроизводимых исследований и публикация метрик; адаптация зарубежных методик (stress-тесты, KPI CLSC, resilience-модели) к нормативным условиям РФ; формирование кадрового резерва гибридных специалистов (оператор ИИ-систем, инженер по качеству данных, аналитик MLOps). Как видно, ИИ способен стать механизмом повышения эффективности логистики России, но только в случае интеграции технологий с институциональными условиями и организационной зрелостью компаний.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каримов К.С. Методы искусственного интеллекта и их применение в транспортной отрасли // Постсоветский материк. 2023. № 4. С. 106–115.
2. Князькина О.В., Хамитов Р.М., Дмитриев Г.В., Черникова О.П. Применение искусственного интеллекта в логистике как эффективного инструмента повышения результативности деятельности организации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. № 10. Т. 4. С. 137–143
3. Кривонос А.Д. Применение технологий искусственного интеллекта в моделировании бизнес-процессов в транспортной и логистической деятельности в Российской Федерации // Сборник научных трудов ИБЦП СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2022. С. 69–73.
4. Хорошилова Т.Н. Роль искусственного интеллекта в логистике: эффективность, вызовы и решения // Universum: технические науки. 2024. №11 (128). DOI — 10.32743/UniTech.2024.128.11.18548
5. Штоль Э.Д., Черникова Д.С., Черпакова Е.В. Применение искусственного интеллекта в решении актуальных проблем в логистике // Профессорский журнал. Серия: Экономические науки. 2025. №2 (6). С. 35–39.
6. Bhattacharya S., Govindan K., Dastidar S.G., Sharma P. Applications of artificial intelligence in closed-loop supply chains: Systematic literature review and future research agenda // Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review. 2024. Vol. 184 (1). Article 103465. DOI:10.1016/j.tre.2024.103455.
7. Chen W., Men Y., Fuster N., Osorio C., Juan A.A. Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review // Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 21. Article 9145. DOI: 10.3390/su16219145.
8. Culot G., Nassimbeni G., Orzes G. Using Supply Chain Databases in Academic Research: A Methodological Critique // Journal of Supply Chain Management. Vol. 59(1). P. 3–25.
9. Pournader M., Ghaderi H., Hassanzadegan A., Fahimnia B. Artificial intelligence applications in supply chain management // International Journal of Production Economics. 2021. Vol. 241. DOI: 10.1016/j.ijpe.2021.108250.
10. Shrivastav M. Barriers Related to AI Implementation in Supply Chain Management // Journal of Global Information Management. 2022. Vol. 30. No. 8. P.1–19.
11. Teixeira A.R., Ferreira J.V., Ramos A.L. Intelligent Supply Chain Management: A Systematic Literature Review on Artificial Intelligence Contributions // Information. 2025. Vol. 16, No. 5. P. 399.
12. Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., Fischl, M. Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review // Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 502–517.

---

© Романович Владислав Игоревич (Vladromrer@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АДАПТИВНОЕ МНОГОКАНАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ-РАЗРЕШЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

## THE ADAPTIVE MULTICHANNEL DETECTION-RESOLUTION OF STOCHASTIC SIGNALS IN CONDITIONS OF PARAMETRIC PRIORIUM UNCERTAINTY

**A. Filonovich**  
**I. Vornacheva**  
**A. Tantsyura**  
**O. Larin**  
**V. Chaplygin**

*Summary.* The purpose of the study is to improve the quality indicators of adaptive multichannel detection-resolution-measurement parameters of stochastic signals under parametric a priori uncertainty.

*Results.* In this paper, the problems of synthesis of adaptive multichannel detection-resolution algorithms for stochastic signals of various structures under the influence of intense noise interference are considered. An integral element of the detection task is a joint assessment of the intensity of the useful signal and the correlation matrix of interference. This problem is effectively solved for high-intensity signals, and the nonstationarity of the internal noise of the receiving uncorrelated background of the interfering signals is not taken into account. A multi-channel receiving system consisting of a number of independent spatially separated elements that form a linear antenna array is considered. The width of the spectrum of the received signals should be considered sufficiently narrow, so that the delay of the signals at the antenna aperture can be neglected. This provision can significantly improve the performance of detection and resolution of stochastic signals in the background of noise interference. Based on the analysis of a finite discrete sample of complex amplitudes of received oscillations, a detection problem was solved, which is formulated as a problem of checking statistical hypotheses regarding distribution parameters. The detection algorithm is reduced to a comparison with the likelihood ratio threshold, and the threshold level value is determined by the selected optimality criterion and for the Neumann-Pearson criterion remains dependent on the power of interfering oscillations.

*Conclusion.* The presented detector possesses higher characteristics of detection and resolution of stochastic signals in comparison with the already known ones. It can be shown that an important property of the obtained statistics is the stabilization of the probability of false detection. This is achieved by normalizing the noise power at the output of the adaptation device. In addition, the resulting algorithm is invariant to the form used for its calculation of the correlation matrix of interference. And if we take into account that an uncorrelated background will be added to the internal noise power, with a large number of noise jammers, a significant improvement in the detection performance has been achieved.

**Филонович Александр Владимирович**

д.т.н., профессор,

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

filon8@yandex.ru

**Ворначева Ирина Валерьевна**

к.т.н., доцент,

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

vornairina2008@yandex.ru

**Танциура Антон Олегович**

к.ф.-м.н., доцент,

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

tanczyra@mail.ru

**Ларин Олег Михайлович**

к.т.н., доцент,

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

larin77@mail.ru

**Чаплыгин Владимир Алексеевич**

аспирант,

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

vovachaplygin656@yandex.ru

*Аннотация.* Цель исследования — повышение показателей качества методов адаптивного многоканального обнаружения-разрешения-измерения параметров стохастических сигналов в условиях параметрической априорной неопределенности.

*Результаты.* В работе рассмотрены вопросы синтеза алгоритмов адаптивного многоканального обнаружения-разрешения стохастических сигналов различной структуры в условиях воздействия интенсивных шумовых помех. Составным элементом задачи обнаружения является совместная оценка интенсивности полезного сигнала и корреляционной матрицы помех. Эта задача эффективно решается для сигналов большой интенсивности, при этом не учитывается нестационарность внутренних шумов приемных каналов и некоррелированного фона помеховых сигналов. Рассматривается многоканальная приемная система, состоящая из некоторого числа независимых пространственно-разнесенных элементов, которые образуют линейную антенну решетку. Ширина спектра принимаемых сигналов следует считать достаточно узкой, так что запаздыванием сигналов на апертуре антенны можно пренебречь. Данное положение позволяет существенно улучшить показатели качества обнаружения-разрешения стохастических сигналов на фоне шумовых помех. На основании анализа конечной дискретной выборки комплексных амплитуд принимаемых колебаний была решена задача обнаружения, которая формулируется как задача проверки статистических гипотез относительно параметров распределения. Алгоритм обнаружения сводится к сравнению с порогом отношения правдоподобия, а значение порогового уровня определяется выбранным критерием оптимальности и для критерия Неймана-Пирсона остается зависимым от мощности помеховых колебаний.

**Keywords:** detection-resolution, signal intensity, correlation matrix of signals and interference, detection algorithm, «colored noise» power, adaptive detector, maximum likelihood estimate.

**Заключение.** Представленный обнаружитель обладает более высокими характеристиками обнаружения и разрешения стохастических сигналов по сравнению с уже известными. Можно показать, что важным свойством полученной достаточной статистики является стабилизация вероятности ложного обнаружения. Это достигается за счет нормировки мощности шумов на выходе устройства адаптации. Кроме того, полученный алгоритм инвариантен к виду используемой для его вычисления корреляционной матрицы помех. А если учесть, что к мощности внутренних шумов, при большом количестве постановщиков шумовых помех, добавится некоррелированный фон, то в результате было достигнуто существенное улучшение характеристик обнаружения.

**Ключевые слова:** обнаружение-разрешение, интенсивность сигнала, корреляционная матрица сигналов и помех, алгоритм обнаружения, мощность «окрашенных шумов», адаптивный обнаружитель, оценка максимального правдоподобия.

## Введение

Повышение возможностей обнаружения-разрешения стохастических сигналов современными радиотехническими системами в условиях воздействия интенсивных активных шумовых помех по прежнему остаётся одной из актуальных задач. Целью данной работы является повышение показателей качества методов адаптивного многоканального обнаружения-разрешения-измерения параметров стохастических сигналов в условиях параметрической априорной неопределенности.

В условиях априорной неопределенности о сигнальной и помеховой обстановке (например, задача пеленгации постановщиков помех) задача оптимизации невозможна ввиду недостаточности исходных данных. Необходимо вводить ограничения. Особенности синтеза обнаружителей стохастических сигналов на фоне помех аналогичной структуры изложены в работах Манжоса В.Н., Семёнова Г.Н., однако при синтезе не учтена нестационарность внутренних шумов приёмных каналов и некоррелированного помехового фона (окрашенных шумов) [1]. Впервые термин «окрашенный шум» был использован в работе [2], где даже предлагался алгоритм пеленгации постановщиков помех по минимальным значениям «окрашенного шума». Однако практического решения не нашлось ввиду невозможности разделить «нули» диаграммы направленности антенной решётки и окрашенного шума.

Методология синтеза обнаружителей сигналов различной структуры в условиях априорной неопределенности при многоканальном приеме приводится в монографиях [3–10, 12, 14, 16, 17]. Ряд специальных вопросов многоканального обнаружения сигналов с неизвестными параметрами на фоне частично неизвестных помех рассмотрен в работах Кобзева А.В., Алмазова В.Б., Цур-

ского Д.А., Перетягина И.В., Седышева Ю.Н., Гомозова В.И. и других [18–21]. Однако во всех этих работах внутренние шумы рассматриваются как стационарные и одинаковые каналах.

Учёт нестационарности внутренних шумов приёмных каналов и некоррелированного шумового при синтезе является отличительной особенностью работы и приводит к повышению показателей качества методов адаптивного многоканального обнаружения-разрешения-измерения параметров стохастических сигналов в условиях параметрической априорной неопределенности

## Основные результаты

Для преодоления априорной неопределенности удобно использовать адаптивный байесов подход [5, 6] или критерий обобщенного отношения правдоподобия [8]. Задача синтеза адаптивного обнаружителя при этом может быть сведена к вычислению отношения правдоподобия или его логарифма и сравнения последнего с пороговым уровнем с подстановкой вместо неизвестных параметров их оценок максимального правдоподобия:

$$\ln I(Y) = \ln P_{\text{еп}}(Y / \hat{\Phi}_{\text{еп}}) - \ln P_{\text{п}}(Y / \hat{\Phi}_{\text{п}}), \quad (1)$$

где  $Y$  — вектор принимаемой реализации;

$\hat{\Phi}_{\text{еп}}, \hat{\Phi}_{\text{п}}$  — оценки максимального правдоподобия корреляционных матриц аддитивной смеси сигнала и помех и только помех соответственно.

Составным элементом задачи обнаружения является совместная оценка интенсивности полезного сигнала  $h_c$  и корреляционной матрицы помех  $\Phi_{\text{п}}$ . Такая задача ре-

шена, например, в [1], где проведен синтез многоканального обнаружителя шумового сигнала с гауссовой статистикой, инвариантного к интенсивности полезного сигнала и помех, при условии большого отношения сигнал/шум.

Однако последнее условие не всегда выполняется, что приводит к смещению оценок  $h_c, \Phi_{\text{пп}}$ , следовательно, к снижению показателей качества обнаружения. Поэтому в дальнейшем будем искать структуру адаптивного многоканального обнаружителя, близкого к оптимальному при менее жестких ограничениях.

Рассмотрим многоканальную приемную систему, состоящую из независимых пространственно-разнесенных элементов, образующих линейную антенну решетку. Ширина спектра принимаемых сигналов будем считать достаточно узкой, так что запаздыванием сигналов на апертуре антennы можно пренебречь. Будем полагать, что на входе этой системы действует случайный процесс, представляющий собой аддитивную смесь полезного сигнала, помех и внутренних шумов:

$$Y(t) = a x_c(t) X_c(\alpha) + \sum_{i=1}^m x_{ni}(t) X_n(v_i) + N(t), \quad (2)$$

где  $a = 0; 1$  — параметр обнаружения;

$x_c(t), x_{ni}(t)$  — комплексные скалярные функции, описывающие законы случайного изменения во времени комплексных амплитуд полезного сигнала и  $i$ -й помехи, соответственно;

$X_c(\alpha), X_n(v_i)$  — комплексные вектор-столбцы амплитудно-фазового распределения сигнала и  $i$ -й помехи на антенной системе ( $\alpha, v_i$  угловое положение источника сигнала и  $i$ -й помехи, соответственно);

$N^T(t) = \|\xi_1(t)\xi_2(t)\dots\xi_m(t)\|$  — вектор внутренних шумов каналов приема.

Запишем модель полезного сигнала в виде:

$$X_c(t, \alpha, A) = A_c(t) X_c(\alpha), \quad (3)$$

где  $A_c(t)$  — комплексная скалярная функция, описывающая закон случайного изменения во времени комплексной амплитуды колебаний полезного сигнала;

$$A_c(t) = b(t) e^{j\beta(t)}.$$

Аналогично можно представить модель помехового сигнала  $X_n(t, v_i, A)$ , где  $v_i$  — угловое положение  $i$ -й помехи.

Для рассматриваемого далее случая дискретизации по Котельникову модель принимаемых колебаний в I-й момент времени запишем в виде:

$$Y_1 = a x_c(t) X_c(\alpha) + \sum_{i=1}^m x_{ni}(t) X_n(v_i) + N_1. \quad (4)$$

На основании анализа конечной дискретной выборки  $Y_1, Y_2, Y_n$  комплексных амплитуд принимаемых колебаний необходимо решить задачу обнаружения, которая формулируется как задача проверки статистических гипотез относительно параметров распределения  $Y$ .

Гипотеза  $H_1$  о наличии сигнала ( $a=1$ ) заключается в том, что условная плотность распределения вероятностей выборки имеет вид:

$$P_{\text{пп}} = \left( \frac{Y}{\Phi_{\text{пп}}} \right) = (4\Pi)^{-\frac{pn}{2}} [\det(\Phi_{\text{пп}})]^{-\frac{n}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i^* \Phi_{\text{пп}}^{-1} Y_i \right\}. \quad (5)$$

Конкурирующая гипотеза  $H_0$  об отсутствии сигнала заключается в том, что плотность распределения вероятностей выборки имеет вид:

$$P_{\text{пп}} = \left( \frac{Y}{\Phi_{\text{пп}}} \right) = (4\Pi)^{-\frac{pn}{2}} [\det(\Phi_{\text{пп}})]^{-\frac{n}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i^* \Phi_{\text{пп}}^{-1} Y_i \right\}. \quad (6)$$

Для нахождения оценок интенсивности сигнала и корреляционной матрицы помех при условии справедливости гипотезы  $H_1$  необходимо найти решение системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d \ln P_{\text{пп}}(Y / h_c, \Phi_{\text{пп}})}{dh_c} = 0, \text{ при } h_c = \hat{h}_c \text{ и } \Phi_{\text{пп}} = \hat{\Phi}_1, \\ \frac{d \ln P_{\text{пп}}(Y / h_c, \Phi_{\text{пп}})}{d\Phi_{\text{пп}}} = 0, \text{ при } h_c = \hat{h}_c \text{ и } \Phi_{\text{пп}} = \hat{\Phi}_1 \end{cases} \quad (7)$$

Можно показать, что система уравнений (7) является недоопределенной и имеет бесчисленное множество решений [12].

Этот факт как раз и свидетельствует о том, что данных наблюдения не хватает для однозначного решения задачи и, следовательно, необходимо либо привлечь дополнительную априорную информацию, как это рекомендуется, например, в [3], или наложить ограничения на одну из неизвестных величин.

В работах [1,10] было получено решение системы (7) для случая большой интенсивности сигнала

$$h_c \gg \frac{1}{q^2} \quad (8)$$

При этом выражения для оценок интенсивности полезного сигнала и корреляционной матрицы помех имеют вид:

$$h_c = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \frac{|Z_{s1}|^2}{q^4} - \frac{1}{q^2} \quad (9)$$

$$\hat{\Phi}_1 = \frac{1}{2} \left[ Y_1 - \frac{Y_{s1}}{q^2} X_c(\alpha) \right] \left[ Y_1 - \frac{Y_{s1}}{q^2} X_c(\alpha) \right]^*, \quad (10)$$

где:

$$Z_{s1} = Y_1 \Phi_{\text{пп}} X_c(\alpha); \quad (11)$$

$$q^2 = X_c(\alpha) \Phi_{\text{пп}} X_c(\alpha) \quad (12)$$

Учитывая выражения (11, 12), преобразуем выражение (9)

$$\hat{h}_c = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \frac{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_1^{-1} Y_1 Y_1^* \hat{\Phi}_1^{-1} X_c(\alpha)}{\left[ X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_1^{-1} X_c(\alpha) \right]^2} = \hat{R}_H^* \hat{R}_0 \hat{R}_H,$$

где  $\hat{R}_H = \frac{X_c^*(\alpha) \Phi_1^{-1}}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_1 X_c(\alpha)}$  — оценка нормированного весового вектора.

Можно показать, что весовой вектор не изменяется от типа используемой при его вычислении корреляционной матрицы

$$R_H = \frac{X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1}}{X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1} X_c(\alpha)} = \frac{X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1}}{X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1} X_c(\alpha)} \quad (14)$$

Тогда с учетом (14) получим

$$\begin{aligned} \hat{h}_c &= \frac{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1}}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c(\alpha)} \\ \hat{\Phi}_0 &= \frac{\hat{\Phi}_0 X_c(\alpha)^{-1}}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c(\alpha)} = \frac{1}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c(\alpha)} \end{aligned} \quad (15)$$

Аналогично, раскрывая скобки в (10), и используя (11, 12 и 14) получим:

$$\hat{\Phi}_1 = \hat{\Phi}_0 - \frac{X_c(\alpha) X_c^*(\alpha)}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c(\alpha)} \quad (16)$$

Оценки (15) и (16) были использованы в [1] для получения алгоритмов обнаружения шумовых сигналов большой интенсивности, т.е. при условии, что справедливо соотношение (8). Принятое ограничение (8) можно ослабить, если учесть в алгоритме обнаружения внутренние шумы приемных каналов, которые изменяются

в процессе адаптации. Для этого представим корреляционную матрицу помех  $\Phi_{\text{пп}}$  в виде суммы:

$$\Phi_{\text{пп}} = \delta_{\text{ш}}^2 I + \Phi, \quad (17)$$

где  $\delta_{\text{ш}}$  — дисперсия внутренних шумов одного из приемных каналов (каналы полагаются идентичными, а их внутренние шумы независимы);

$I$  — единичная матрица;

$\Phi$  — корреляционная матрица внешних помеховых колебаний в каналах.

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{1}{q^2} &= \frac{1}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_1^{-1} X_c(\alpha)} = \\ &= R_H^* \Phi_{\text{пп}} R_H = \delta_{\text{ш}}^2 R_H^* R_H + R_H^* \Phi R_H \end{aligned} \quad (18)$$

Выражение (18) имеет ясный физический смысл. Так первое слагаемое (18) описывает выходную «окрашенную» мощность внутренних шумов, а второе — нескомпенсированную мощность помех после адаптивной обработки. Предположение является менее строгим ограничением, чем (8)

$$h_c \gg R_H \Phi R_H \quad (19)$$

и позволяет исключить из выражения для оценки мощности сигнала слагаемые, обусловленные внутренними шумами.

В этом случае выражения (15) и (16) будут иметь вид:

$$\hat{h}_c = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n \frac{|Z_{s1}|^2}{q^4} - \delta_{\text{ш}}^2 R_H^* R_H; \quad (20)$$

$$\hat{\Phi}_1 = \hat{\Phi}_0 - \frac{X_c(\alpha) X_c^*(\alpha)}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c(\alpha)} + \delta_{\text{ш}}^2 R_H^* R_H X_c(\alpha) X_c^*(\alpha) \quad (21)$$

Таким образом, алгоритм обнаружения сводится к сравнению с порогом отношения правдоподобия (1), а значение порогового уровня определяется выбранным критерием оптимальности и для критерия Неймана-Пирсона остается зависимым от мощности помеховых колебаний. Для принятых предположений относительно закона распределения дискретных значений принимаемых колебаний выражение для логарифма отношения правдоподобия можно записать

$$\begin{aligned} \ln I(Y_1 / \Phi_{\text{пп}}, \Phi_{\text{пп}}) &= \\ &= \frac{1}{2} \sum_{l=1}^n \frac{|Y_{s1}|^2}{q^4} Y_1^* (\Phi_{\text{пп}}^{-1} - \Phi_{\text{пп}}^{-1}) Y_1 - \ln \left( \frac{|\Phi_{\text{пп}}|}{|\Phi_{\text{пп}}|} \right), \end{aligned} \quad (22)$$

Учитывая, что

$$\Phi_{\text{пп}}^{-1} = \Phi_{\text{пп}}^{-1} - \frac{h_c \Phi_{\text{пп}}^{-1} X_c(\alpha) X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1}}{1 + h_c X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{пп}}^{-1} X_c(\alpha)}, \quad (23)$$

преобразуем первое слагаемое выражения (26)

$$\ln I(Y_1 / \Phi_{\text{сн}}, \Phi_{\text{н}}) = \frac{nh_c}{1 + h_c X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{сн}}^{-1} X_c(\alpha)} R^* \hat{\Phi}_0 R - \ln \left( \frac{|\Phi_{\text{сн}}|}{|\Phi_{\text{н}}|} \right), \quad (24)$$

где  $R = \Phi_{\text{сн}}^{-1} X_c(\alpha)$ .

Известно [11], что  $R^* \hat{\Phi}_0 R / R^* \hat{\Phi}_{\text{н}} R$  имеет  $\chi^2$  закон распределения с  $n$  — степенями свободы, тогда значение порога можно определить из условия обеспечения требуемого значения вероятности ложной тревоги

$$F = \int_{I_{\text{нор}}}^{\infty} P(I_n I) d(I_n I) = \int_{\xi_0}^{\infty} P(I_n I) d(I_n I) \chi^2(n, \xi, n) d\xi \quad (25)$$

где  $\xi = R^* \hat{\Phi}_0 R / R^* \hat{\Phi}_{\text{н}} R$

Используя известное соотношение [11] для закона распределения  $\chi^2$ , имеем:

$$F = \int_{\xi_0}^{\infty} \left[ 2^{\frac{n}{2}} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \right]^{-1} e^{-\frac{n\xi}{2}} (n\xi)^{\frac{n}{2-1}} (n\xi) d\xi$$

Далее, производя замену переменных, получаем:

$$F = \int_0^{\infty} \left[ 2^{\frac{n}{2}} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \right]^{-1} e^{-\frac{t}{2}} t^{\frac{n}{2-1}} dt,$$

где  $t_0 = n\xi_0 / 2$ .

С использованием выражения для полной  $\Gamma(\cdot)$  и не-полной  $\Gamma(\cdot, \cdot)$  гамма-функций [11] можно записать:

$$F = \Gamma\left[\frac{n}{2}, \frac{n\xi_0}{2}\right] / \Gamma\left[\frac{n}{2}\right] \quad (26)$$

Из последнего соотношения следует, что величина порога  $\xi_0 = f(F, n)$  является однозначной функцией заданной вероятности ложной тревоги и объема выборки, а значение порога определяется из уравнения

$$I_{\text{нор}}(\Phi_{\text{сн}}, \Phi_{\text{н}}) = \frac{h_c}{1 + h_c X_c^*(\alpha) \Phi_{\text{н}}^{-1} X_c(\alpha)} R^* \Phi_{\text{н}} R \xi_0(F, n) - \ln \left( \frac{|\Phi_{\text{сн}}|}{|\Phi_{\text{н}}|} \right). \quad (27)$$

При решении задачи обнаружения в условиях априорной неопределенности с учетом того, что неизвестные параметры в выражениях (24), (26) определяются по одной и той же входной реализации, решающая функция примет вид:

$$\hat{R}^* \hat{\Phi}_0 \hat{R} \geq \hat{R}^* \hat{\Phi}_1 \hat{R} \xi_0(F, n).$$

Преобразуя левую и правую части последнего неравенства с учетом выражений (20) и (21), получим:

$$\frac{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} X_c^*(\alpha)}{X_c^*(\alpha) \hat{\Phi}_0^{-1} \hat{\Phi}_0^{-1} X_c^*(\alpha)} \geq \delta_{\text{ш}}^2 \xi_0(F, n). \quad (28)$$

Структурная схема адаптивного обнаружителя, реализующего решающую функцию (28), изображена на рис. 1. Двойными стрелками показаны матричные и векторные связи, заштрихованная стрелка означает эрмитово сопряжение.

Оценка  $\hat{\Phi}_0^{-1}$  может быть получена различными известными методами: оцениванием прямой матрицы по принимаемой выборке с последующим ее обращением; непосредственным рекуррентным оцениванием обратной корреляционной матрицы; рекуррентным оцениванием корреляционной матрицы, связанной с регулярной структурой антенной решетки, и другими. От алгоритмов, реализующих решающую функцию (28), можно перейти к алгоритмам, использующим непосредственное оценивание весового вектора.

## Заключение

Представленный обнаружитель обладает более высокими характеристиками обнаружения и разрешения стохастических сигналов по сравнению, например, с [1,13]. Можно показать, что важным свойством полученной статистики (28) является стабилизация вероятности ложного обнаружения. Это достигается за счет нормировки мощности шумов на выходе устройства адаптации. Кроме того, полученный алгоритм в силу выражения (28) инвариантен к виду используемой для его вычисления корреляционной матрицы помех. А если учесть, что к мощности внутренних шумов, при большом количестве постановщиков шумовых помех, добавится некоррелированный фон, то следует ожидать существенного улучшения характеристик обнаружения. Сравнительный анализ известных ранее алгоритмов адаптивного обнаружения-измерения с предлагаемыми показывает, что последние позволяют в канале обнаружения более чем на два порядка снизить и стабилизировать вероятность ложной тревоги на уровне близком к заданному, а также уменьшить смещение оценок угловых координат источников помех и улучшить точность оценивания углового параметра в канале измерения более чем в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манжос В.Н., Семенов Г.Н. Многоканальной обнаружение шумовых сигналов неизвестной интенсивности на фоне гауссовых помех с неизвестной корреляционной матрицей.— Харьков: ВИРТА, 1980.— 32с.— Рукопись представлена ВИРТА. Деп. ВИМИ №Д 04712.1982.
2. Huang X., Guo Y.J., Bunton J.D. A Hybrid Adaptive Antenna Array // IEEE Transactions on Wireless Communications 9(5):1770—1779 DOI:10.1109/TWC.2010.05.091020
3. Wallace J.W., Jensen M.A. Mutual coupling in MIMO wireless systems: a rigorous network theory analysis // IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 3, no. 4, pp. 1317—1325, July 2004
4. Sytnik O.V. Adaptive Radar Techniques for Human Breathing // Detection Journal of Mechatronics. — 2015. — № 3(4). Pp. 1—6.
5. Репин В.Г., Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. М., «Советское радио», 1977, — 432 с.
6. Бакут П.А. [ред.] Теория обнаружения сигналов. — М. : Радио и связь, 1984. — 440 с.
7. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь, 1993. 416 с.
8. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. Радио и Связь, 1981г. 416 с.
9. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Пер с англ. Под ред. проф. В. Горяинова М.: Сов. радио 1975 г. 344 с.
10. Алмазов В.Б., Манжос В.Н. Получение и обработка радиолокационной информации.— Харьков: ВИРТА, 1985. — 427с.
11. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Пер. с англ. / Под ред. И.Г. Арамановича.— М.: Наука, 1978. 831 с.
12. Филонович А.В., Горлов А.Н., Ворначева И.В., Гайдаш Н.М. Методы и устройства адаптивного многоканального обнаружения — разрешения — измерения стохастических сигналов. Курс: Изд-во ЗАО «Университетская книга», — 2018. — 117 с.
13. Филонович А.В., Бельков В.Н., Сафонов В.А. Патент РФ №2116000. Адаптивная энергетико-корреляционная система подавления боковых лепестков диаграммы направленности антенны / Бюллетень № 20 от 20.07.1998.
14. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. Пер. с англ. / Под ред. В.Б. Лидского.— М.: Мир, 1971. — 408 с.
15. Большаков Б.В., Дробижев А.И., Скосырев В.Н. Полигонные испытания макета разнесенной приемной системы с компенсацией помех в главном луче диаграммы направленности.— Вопросы специальной радиоэлектроники.— 1979. № 14. С. 105—111.
16. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д.П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 441с.
17. Бакулов П.А. Радиолокационные системы. М.: Радиотехника, 2004. 320 с.
18. Паршева Е.А. Децентрализованное адаптивное управление многосвязными объектами с запаздыванием по управлению со скалярными входом-выходом / Е.А. Паршева // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2004. — № 56. — С. 16—28.
19. Фуртат И.Б. Адаптивное управление объектом с запаздыванием по управлению без использования прогнозирующих устройств / И.Б. Фуртат // Управление большими системами: сборник трудов. — 2012. — № — 40. — С. 144—163.
20. Паршева Е.А. Адаптивное децентрализованное управление многосвязными объектами с запаздыванием по управлению / Е.А. Паршева // Автоматика и телемеханика. — 2004. — № 10. — С. 134—146.
21. Рутковский В.Ю. Работы института проблем управления в области беспоисковых адаптивных систем и систем управления космическими аппаратами / В.Ю. Рутковский // Автоматика и телемеханика. 1999. — № 6. — С. 42—49.

---

© Филонович Александр Владимирович (filon8@yandex.ru); Ворначева Ирина Валерьевна (vornairina2008@yandex.ru);

Танцюра Антон Олегович (tanczyra@mail.ru); Ларин Олег Михайлович (larin77@mail.ru);

Чаплыгин Владимир Алексеевич (vovachaplygin656@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ (QoS) И ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА (QoE) В ИНТЕГРИРОВАННЫХ CLOUD-FOG-EDGE ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АРХИТЕКТУРАХ

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO EVALUATING QUALITY OF SERVICE (QoS) AND QUALITY OF EXPERIENCE (QoE) IN INTEGRATED CLOUD-FOG-EDGE COMPUTING ARCHITECTURES

V. Cherepenin  
I. Chebanov  
S. Vorobyov

*Summary.* The paper explores modern approaches to assessing Quality of Experience (QoE) and Quality of Service (QoS) in distributed Cloud-Fog-Edge architectures. Special focus is given to the role of machine learning algorithms in predicting user perception from objective metrics. The study highlights the benefits of hybrid evaluation models combining technical and behavioral factors. The necessity of integrating intelligent quality control mechanisms under high-load and variable network conditions is substantiated.

*Keywords:* Quality of Service, Quality of Experience, distributed architecture, Cloud-Fog-Edge, intelligent technologies, digital platforms.

**Черепенин Валентин Анатольевич**  
Аспирант, Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова (г. Новочеркасск)  
cherept2@gmail.com

**Чебанов Илья Александрович**  
Аспирант, Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова (г. Новочеркасск)  
ilia\_cheb@gmail.com

**Воробьев Сергей Петрович**  
кандидат технических наук, доцент, Южно-Российский  
государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова (г. Новочеркасск)  
vsp1999@yandex.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются современные подходы к оценке пользовательского опыта (QoE) и качества обслуживания (QoS) в распределённых архитектурах Cloud-Fog-Edge. Особое внимание уделяется роли алгоритмов машинного обучения в прогнозировании субъективных оценок на основе объективных метрик. Анализируются преимущества гибридных моделей оценки, сочетающих технические и поведенческие параметры. Обоснована необходимость интеграции интеллектуальных механизмов управления качеством в условиях высокой нагрузки и изменчивости трафика.

*Ключевые слова:* качество обслуживания, пользовательский опыт, Cloud-Fog-Edge, интеллектуальные технологии, распределённые архитектуры, цифровые сервисы.

В прикладном контексте QoE представляет собой со-вокупность субъективных и объективных ожиданий и впечатлений пользователя, формирующихся при взаимодействии с цифровыми сервисами в конкретных условиях. Этот подход учитывает не только технические характеристики, но и поведенческие, психологические и ситуационные факторы. Архитектуры, основанные исключительно на облачных вычислениях, нередко оказываются неэффективными при необходимости минимизировать задержки и обрабатывать данные почти в реальном времени. Это особенно важно для систем управления производством и служб экстренного реагирования. В таких случаях требуются распределённые модели, например Cloud-Fog-Edge, способные гибко перераспределять вычислительную нагрузку по уровням.

QoS включает объективные метрики, отражающие техническое состояние сети — задержки, потери пакетов, джиттер, пропускную способность. QoE же представляет субъективную реакцию пользователя, основанную на восприятии качества цифрового сервиса. Хотя улучшенные параметры QoS могут способствовать повышению QoE, между ними не всегда существует прямая зависимость: восприятие зависит от контекста и индивидуальных факторов. Как отмечают М.Х. Омар и со-авторы, в последние годы активно развиваются модели, устанавливающие связи между объективными сетевыми показателями и субъективной оценкой качества. Для этого применяются как статистические методы и регрессии, так и современные подходы — машинное обучение, нейросети и гибридные алгоритмы, опирающиеся на поведенческие и контекстуальные данные [1]. Выбор мето-

да зависит от типа услуги, структуры данных и целей анализа — от оптимизации ресурсов до персонализации.

QoE можно рассматривать как многомерную категорию, объединяющую ожидания, эмоции, пользовательский опыт и технические параметры. В этой системе QoS играет роль одного из компонентов, влияющих на итоговую оценку взаимодействия. QoE включает как объективные характеристики, так и субъективные восприятия, выступая надсистемным понятием по отношению к QoS [2, с. 170806]. Для измерения QoS в телекоммуникациях применяются такие метрики, как потери пакетов, задержки, джиттер и пропускная способность. Механизмы управления QoS охватывают приоритезацию пакетов, интеллектуальные маршруты передачи и динамическое распределение пропускной полосы [3], что позволяет адаптировать сеть к требованиям трафика и ожиданиям пользователей.

В рамках данного исследования основное внимание уделено многоуровневым архитектурам Cloud-Fog-Edge, которые становятся ключевыми для эффективного управления потоками данных в IoT-среде. Эти архитектуры предназначены для решения задач масштабной и чувствительной ко времени обработки информации, типичной для IoT-приложений. В условиях стремительного увеличения объёмов данных и требований к скорости обработки они обеспечивают необходимую гибкость и вычислительную эффективность. Архитектура включает три уровня — облачный, туманный и периферийный — каждый из которых выполняет специфические функции с учётом локализации, срочности и объёма данных. Их интеграция создаёт единую вычислительную среду, где интеллектуальное распределение задач между уровнями позволяет снижать задержки и повышать надёжность функционирования даже при высокой нагрузке [4].

Распределённые вычислительные решения всё чаще базируются на сочетании Cloud, Fog и Edge-подходов, что позволяет гибко адаптироваться к запросам пользователей. Одним из их главных достоинств является близость обработки данных к источнику, что снижает задержки и положительно влияет на QoE. Однако QoE до сих пор недостаточно интегрировано в архитектуры на уровне планирования и управления ресурсами. В рамках данного исследования компоненты, ориентированные на повышение QoE, структурированы по вычислительным уровням — от периферии до облака, включая технологии предсказания параметров QoE и методы управления пользовательским восприятием [5, с. 84580, 84588]. Для реализации таких подходов необходима новая экосистема, расширяющая традиционные IoT-модели.

Концепция fog computing в данной архитектуре рассматривается как связующее звено между облачными ресурсами и edge-уровнем. Её структура включает

три слоя: терминальный (конечные устройства), fog-уровень (локальные узлы) и облачный центр (централизованная обработка) [6]. Такое построение позволяет перераспределять задачи и обрабатывать данные ближе к их источнику, снижая задержки и уменьшая нагрузку на центральные серверы. Модель П.Х.Ш. Панахи, А.Х. Джалилванд и А. Дийанат использует алгоритм Random Forest для прогнозирования показателя MOS (Mean Opinion Score) на основе объективных сетевых метрик: задержки, джиттера, потеря пакетов, пропускной способности и битрейта. Эти параметры отражают работу сети и служат базой для моделирования пользовательского восприятия. В исследовании применяется адаптированная версия модели ITU-T P.1203, ориентированная исключительно на сетевые данные без анализа контента. Такой подход обеспечивает высокую точность при малых вычислительных затратах. Его ключевое достоинство — возможность оценки QoE на основе QoS, что особенно важно для динамичных систем Cloud-Fog-Edge. Для эффективного управления в таких условиях необходима быстрая настройка маршрутизации и приоритизации трафика [7, с. 1655, 1666].

Прогнозирование QoE требует учёта типа трафика: видеопотоки обычно используют переменную скорость передачи (VBR), а голосовой трафик — постоянную (CBR) [3]. Это влияет на выбор оценочных метрик и подходов к обработке. Для проверки точности моделей применяются показатели RMSE, MAE, precision, recall, F1 и общая точность (accuracy) [8]. Такой комплекс критериев позволяет оценить, насколько надёжно модель отражает поведение сети при изменяющейся нагрузке. Методология сочетает интеллектуальный анализ данных с классическим мониторингом сетевых параметров, обеспечивая масштабируемый механизм оценки пользовательского опыта в распределённых архитектурах.

Edge Computing сегодня развивается как ключевое направление для эффективной обработки данных у источника их генерации. Такая архитектура снижает нагрузку на облако, минимизирует задержки, повышает приватность и улучшает показатели QoS и QoE, особенно в системах, критичных к отклику. Ключевым преимуществом является возможность быстро обрабатывать локальные запросы и уменьшать объём передаваемого трафика. Однако ограниченные ресурсы и переменные нагрузки на периферии требуют применения интеллектуальных систем управления. Использование ИИ позволяет адаптировать вычисления к специфике приложений и эффективно контролировать энергопотребление [8]. Интеллектуальные механизмы на edge-уровне становятся необходимыми для поддержания стабильного качества в условиях нестабильной нагрузки.

Edge Computing представляет собой интеграцию вычислительных ресурсов, хранилищ и сетевой инфра-

структуры вблизи источников данных, что обеспечивает высокую скорость отклика и сниженные задержки. Для компенсации ограниченных возможностей конечных устройств применяется offloading — перенос ресурсоемких задач на более мощные edge-узлы, что улучшает обработку и соответствует параметрам QoS. При этом облачные технологии сохраняют значение для централизованных операций, но страдают от задержек и перегрузки каналов [9, с. 54041, 54051]. В этих условиях эффективным промежуточным решением выступает Fog Computing — уровень между edge и cloud, обеспечивающий маршрутизацию и предварительную обработку информации.

Fog-уровень представляет собой распределённую архитектуру, где каждый узел обслуживает несколько периферийных устройств. Это позволяет компенсировать нехватку вычислительных ресурсов на границе сети и снижать нагрузку на облачные центры [10]. Туманные узлы выполняют предварительную обработку, фильтрацию и агрегацию данных, что критично при ограниченной пропускной способности и высоких требованиях к скорости реакции. Интеграция fog — и edge-вычислений в рамках Cloud-Fog-Edge-подхода способствует повышению эффективности распределённых систем, обеспечивая сбалансированное распределение нагрузки между локальной обработкой и централизованными ресурсами, что улучшает QoS и стабильность пользовательского восприятия.

Вопрос оценки пользовательского опыта (QoE) активно изучается в научной и прикладной среде, поскольку он критичен для надёжного функционирования цифровых сервисов. Существующие методики включают субъективный, объективный и комбинированный подходы, каждый из которых имеет свои достоинства и ограничения, что требует комплексного анализа при построении эффективной модели оценки.

Субъективные методы оценки QoE основаны на участии пользователей и фиксируют их восприятие через опросы и экспертные оценки. Они отражают реальные ощущения, но требуют значительных временных и организационных ресурсов, что ограничивает их применимость в автоматизированных системах. Объективные подходы используют формальные метрики, извлечённые из параметров сети (задержки, потери пакетов, пропускная способность), обеспечивая непрерывный контроль без участия человека. Однако такие модели не всегда учитывают особенности пользовательского восприятия. В связи с этим всё большее распространение получают гибридные методики, сочетающие оба подхода. Они позволяют учитывать субъективные оценки и одновременно применять аналитические инструменты для автоматизации мониторинга и прогноза QoE, обеспечивая более точную связь с параметрами QoS [11].

Совершенствование гибридных моделей оценки QoE связано с использованием методов отбора признаков (feature engineering), которые позволяют выделить ключевые параметры, влияющие на восприятие качества. Алгоритмы машинного обучения и анализ данных выявляют зависимости между сетевыми характеристиками и пользовательскими оценками, способствуя сокращению входных данных и упрощению модели при сохранении её интерпретируемости. Исследования подчёркивают потенциал ИИ-технологий — нейросетей, деревьев решений, градиентного бустинга — в создании адаптивных систем управления качеством взаимодействия [12, с. 19508, 19511]. Их интеграция в Cloud-Fog-Edge-инфраструктуру обеспечивает точность прогнозов QoE и возможность адаптации сервисов под мультимедиа и интерактивные приложения. В целом гибридный подход представляет собой перспективное направление, обеспечивающее баланс между точностью субъективной оценки и эффективностью объективного мониторинга. Его развитие способствует формированию интеллектуальных систем управления качеством, способных учитывать многомерную природу пользовательского опыта в условиях распределённых вычислительных сред.

В гетерогенных Cloud-Fog-Edge-системах особую сложность представляет равномерное распределение ресурсов. Дисбаланс между уровнями архитектуры и типами ячеек может вызывать колебания пропускной способности и снижать стабильность QoE. Для решения этих задач используются интеллектуальные механизмы управления, обеспечивающие эффективное использование вычислительных и радиочастотных ресурсов при сохранении высокого QoS. Важное направление — внедрение AI и ML-алгоритмов, позволяющих перейти к предиктивным моделям управления, основанным на анализе телеметрических данных и выявлении устойчивых зависимостей, влияющих на пользовательское восприятие. DRL-технологии, сочетающие обучение с подкреплением и гибкость нейросетей, показали высокую эффективность в оптимизации распределения нагрузки и предотвращении перегрузок в сложных многомерных средах, характерных для Cloud-Fog-Edge-платформ [13, с. 37690, 37692, 37698].

Для управления пользовательским опытом в Cloud-Fog-Edge-средах требуется интеграция субъективных и объективных методов оценки. Первые основаны на взаимодействии с пользователями через опросы и анкетирование, раскрывая индивидуальное восприятие качества. Вторые опираются на измерение сетевых параметров — задержек, потерь, пропускной способности, а при необходимости — и физиологических данных. Только сочетание этих подходов позволяет получить достоверную и многогранную картину QoE. Использование платформ, способных параллельно собирать оба типа информации, становится ключевым элементом архи-

тектур оценки. Такие решения обеспечивают адаптацию сервисов в реальном времени и позволяют прогнозировать отклонения качества на основе телеметрии и пользовательских откликов [14, с. 1306].

Эффективное управление QoE в Cloud-Fog-Edge-системах требует не только оптимизации сетевых ресурсов, но и создания интеллектуальных решений, способных учитывать индивидуальные предпочтения пользователей и быстро адаптироваться к изменениям инфраструктуры. Ключевую роль в этом процессе играют AI/ML-технологии, гибридные модели оценки и адаптивные платформы.

По мнению Н. Цеплиньска и коллег, большинство исследований QoE проводится в формате поперечных срезов — краткосрочных лабораторных или полевых экспериментов. Хотя такие форматы упрощают организацию, они не всегда отражают реалии долгосрочного взаимодействия с цифровыми сервисами, где пользовательское восприятие меняется под влиянием опыта, привычек и условий эксплуатации. Это обуславливает значимость длительных наблюдений, позволяющих отслеживать динамику удовлетворённости в естественной среде на протяжении времени [14].

Регулярное наблюдение за пользователями позволяет выявлять устойчивые поведенческие шаблоны, указывающие на снижение QoE или риск отказа от сервиса. Это особенно важно в распределённых Cloud-Fog-Edge-средах, где любое изменение может повлиять на восприятие. Долгосрочные исследования дают возможность учитывать широкий контекст — от геопозиции и сетевой нагрузки до особенностей устройства, поведения и когнитивных характеристик. Учет таких переменных способствует созданию более точных моделей QoE, применимых для адаптации и совершенствования цифровых сервисов.

Показатель QoE всё чаще рассматривается как основной критерий эффективности цифровых сервисов, особенно в гетерогенных вычислительных и коммуникационных средах (HetNets). В современных сетях он перестаёт быть второстепенной метрикой и становится инструментом стратегического управления, способствующим росту удовлетворённости пользователей [1]. Это имеет особое значение для операторов и администраторов, обеспечивающих стабильность работы при изменяющейся нагрузке и трафике.

Одной из ключевых задач в гетерогенных архитектурах остаётся организация потоковой передачи мультимедийного контента с минимальными задержками и стабильным качеством. Нестабильность каналов, колебания трафика и разнообразие пользовательских устройств затрудняют поддержание предсказуемого уровня QoE. Необходимы не только постоянный мониторинг, но и

адаптивное управление на всех уровнях распределённой архитектуры. Используемые сегодня фиксированные шкалы битрейтов зачастую не отражают реального многообразия условий и устройств. Применение «лестницы битрейтов» в реальных потоковых системах без учёта контекста ограничивает возможности по улучшению восприятия и снижает лояльность пользователей [2, с. 170804, 170814]. Это обосновывает потребность в интеллектуальных подходах к динамической настройке кодирования и доставки с учётом особенностей контента, сети и клиентского оборудования.

Одной из перспективных стратегий является парадигма *fog computing* — децентрализованная модель, при которой обработка и хранение данных осуществляется ближе к их источникам. Такая архитектура способствует перераспределению нагрузки между облаком и периферией, снижая задержки и улучшая отклик приложений. Однако её широкое внедрение осложняется неоднородностью устройств, что затрудняет универсальное развертывание. Разнообразие сервисов и различие в требованиях к качеству доставки также усложняют управление ресурсами [6].

Инструменты искусственного интеллекта и анализа данных становятся ключевыми элементами *fog*-инфраструктур, позволяя прогнозировать поведение пользователей и эффективно управлять ресурсами. Интеллектуальные алгоритмы, встроенные в *fog*-узлы, способны оперативно обрабатывать сетевые показатели, учитывать контекст и адаптироваться к поведению пользователей, обеспечивая гибкое распределение ресурсов. Это способствует повышению QoE и устойчивости Cloud-Fog-Edge-архитектур к нагрузкам и изменяющимся условиям. Рисунок 1 содержит обобщение методических подходов к оценке качества обслуживания и пользовательского опыта.

Переориентация на пользовательский опыт (QoE) как основной критерий оценки цифровых услуг открывает возможности для повышения удовлетворённости пользователей, особенно на фоне усложнения мультимедийных сетей. При росте объёмов трафика и потребности в адаптивности цифровых решений возрастает значение субъективного восприятия качества. Однако долгосрочные исследования динамики QoE пока остаются малочисленными, что отражает недостаточную проработанность этой области. Несмотря на признание концепции *fog computing* в научной и профессиональной среде, её внедрение осложняется отсутствием стандартов, фрагментарностью решений и ограниченной инструментальной поддержкой. Тем не менее, растущий интерес к периферийной обработке данных подтверждает перспективность *fog*-подхода для дальнейшего развития.

На этом этапе особенно важно определить приоритетные направления дальнейших исследований.



Рис. 1. Методологические подходы к оценке QoS и QoE

Среди них — разработка архитектурных моделей, соответствующих специфике распределённых цифровых систем, а также стандартизация метрик QoS и QoE для повышения сопоставимости и объективности оценки. Также необходимы интегрированные платформы для управления мультиоблачной инфраструктурой с акцентом на масштабируемость, надёжность и чувствитель-

ность к параметрам взаимодействия. Перспективным направлением остаётся развитие персонализированных и контекстно-адаптивных подходов к управлению QoE, включая интеллектуальные механизмы самообучения и самонастройки в условиях неопределённости и разнообразных пользовательских сценариев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Omar M.H.H. Using QoE Metric as a Decision Criterion in Multimedia Heterogeneous Network Optimization: Challenges and Research Perspectives / M.H.H. Omar, J.P. Kouraogo, W.J.M. Kabre, S.D.W. Tapsoba, O. Sie // Journal of Computer Networks and Communications. 2024. Vol. 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/7864757>
2. Kalan, R. A Survey on QoE Management Schemes for HTTP Adaptive Video Streaming: Challenges, Solutions, and Opportunities / R. Kalan, I. Dulger // IEEE Access. 2024. Vol.12, p. 170803-170839. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3491613>
3. Mazhar, T. Quality of Service (QoS) Performance Analysis in a Traffic Engineering Model for Next-Generation Wireless Sensor Networks / T. Mazhar, M. Malik, S. Mohsan, Y. Li, I. Haq, S. Ghorashi, F. Karim, S. Mostafa // Symmetry. 2023. Vol. 15. Iss. 2. <https://doi.org/10.3390/sym15020513>
4. Kalyashina, A. Enhancing IoT systems through Cloud-Fog-Edge architectures challenges and opportunities / A. Kalyashina, Y. Smirnov, V. Esov, M. Kuznetsov, O. Dmitrieva // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 583. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458306012>
5. Saovapakhiran, B. QoE-Driven IoT Architecture: A Comprehensive Review on System and Resource Management / B. Saovapakhiran, W. Naruephiphat, C. Charnsripinyo, S. Baydere, S. Ç zdemir // IEEE Access. 2022. Vol. 10. p. 84579–84621. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3197585>
6. Das, R. A review on fog computing: Issues, characteristics, challenges, and potential applications / R. Das, M. M. Inuwa // Telematics and Informatics Reports. 2023. Vol. 10. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100049>
7. Panahi, P.H.S. An Efficient Network-Based QoE Assessment Framework for Multimedia Networks Using a Machine Learning Approach / P.H.S. Panahi, A.H. Jalilvand, A. Diyanat // IEEE Open Journal of the Communications Society. 2025. Vol. 6. p. 1653–1669. <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2025.3543750>
8. Bourechak, A. At the Confluence of Artificial Intelligence and Edge Computing in IoT-Based Applications: A Review and New Perspectives / A. Bourechak, O. Zedadra, M. N. Kouahla, A. Guerrieri, H. Seridi, G. Fortino // Sensors. 2023. Vol. 23. Iss. 3. <https://doi.org/10.3390/s23031639>
9. Liu, B. A Survey of State-of-the-art on Edge Computing: Theoretical Models, Technologies, Directions, and Development Paths / B. Liu, Z. Luo, H. Chen, C. Li. // IEEE Access. 2022. Vol. 10. p. 54038–54063. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3176106>
10. Li, Z. A quick response data collection and management system for digital twin production line based on cloud-fog-edge computing collaboration / Z. Li, X. Mei, D. Zhang, Z. Sun, J. Xu // Digital Twin. 2025. Vol.4. Iss.7. <https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17907.2>
11. Garcha-Torres M. Feature selection applied to QoS/QoE modeling on video and web-based mobile data services: An ordinal approach / M. Garcha-Torres, D.P. Pinto-Roa, C. N yez-Castillo, B. Quiconex, G. V bquez, M. Allegretti, M.E. Garcha-Diaz // Computer Communications. 2024. Vol. 217. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2024.02.004>
12. Kougoumtzidis, G. A Survey on Multimedia Services QoE Assessment and Machine Learning-Based Prediction / G. Kougoumtzidis, V. Poukkov, Z.D. Zaharis, P.I. Lazaridis // IEEE Access. 2022. Vol. 10. p. 19507–19538. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3149592>
13. Gures, E. Machine Learning-Based Load Balancing Algorithms in Future Heterogeneous Networks: A Survey / E. Gures, I. Shayea, M. Ergen, M.H. Azmi, A.A. El-Saleh // IEEE Access. 2022. Vol.10. p. 37689–37717. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3161511>
14. Черепенин, В.А. Интеграция и оптимизация систем облачных, туманных и граничных вычислений: моделирование, задержки и алгоритмы / В.А. Черепенин, С.П. Воробьев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2024. — № 3(223). — С. 19–25. — DOI 10.17213/1560-3644-2024-3-19-25. — EDN LKVVM.

© Черепенин Валентин Анатольевич (cherept2@gmail.com); Чебанов Илья Александрович (iliia\_cheb@gmail.com);

Воробьев Сергей Петрович (vsp1999@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРАВООХРАНИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОРГАНА МВД РОССИИ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

## DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF LAW ENFORCEMENT ACTIVITIES OF A TERRITORIAL BODY OF THE MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF THE RUSSIAN FEDERATION, TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL SPECIFICS

**A. Sharov**

*Summary.* The article examines the problem of inefficiency of unified criteria for evaluating law enforcement activities in Russia. It is proved that the mechanical application of general indicators that do not take into account socio-economic, demographic and other regional characteristics leads to a distortion of the real picture of the state of law and order and does not reflect the level of latent crime. The aim of the work is to develop and substantiate methodological approaches to the creation of adaptive assessment algorithms capable of integrating the specifics of a particular territory. The research is based on an integrated approach combining quantitative and qualitative methods. The analysis of official criminal and administrative statistics, as well as socio-economic data on a number of subjects of the Russian Federation is carried out. Mathematical and statistical methods, including multifactorial, regression and cluster analysis, supplemented by expert assessments, were used to identify the interrelationships and the degree of influence of various factors on the dynamics and structure of crime. The analysis revealed that the increase in reported crimes does not always correlate with a real improvement in the operational situation and may be accompanied by an increase in their latency. It has been established that regions form stable clusters where the structure of crime (for example, the predominance of property or street offenses) is closely related to the level of urbanization, the state of the economy and seasonal factors, and not only with the activity of the police. It is concluded that there is a need to move from formal indicators to a flexible assessment system based on adaptive algorithms. Such a system should integrate statistical data with a qualitative analysis of the regional context and take into account latent crime rates, which will allow for a more objective assessment of the effectiveness of the work of the territorial bodies of the Ministry of Internal Affairs and improve the quality of management decisions.

*Keywords:* effectiveness assessment, law enforcement, regional features, evaluation algorithms, latent crime.

**Шаров Алексей Сергеевич**

Адъюнкт, Академия управления МВД России  
alex02sh@rambler.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема неэффективности унифицированных критерии оценки правоохранительной деятельности в России. Обосновывается, что механическое применение общих показателей, не учитывающих социально-экономические, демографические и иные региональные особенности, приводит к искажению реальной картины состояния правопорядка и не отражает уровень латентной преступности. Цель работы — разработка и обоснование методологических подходов к созданию адаптивных алгоритмов оценки, способных интегрировать специфику конкретной территории. Исследование основано на комплексном подходе, сочетающем количественные и качественные методы. Проведен анализ официальной уголовной и административной статистики, а также социально-экономических данных по ряду субъектов РФ. Для выявления взаимосвязей и степени влияния различных факторов на динамику и структуру преступности применялись математико-статистические методы, включая многофакторный, регрессионный и кластерный анализ, дополненные экспертными оценками. В результате анализа выявлено, что рост зарегистрированных преступлений не всегда коррелирует с реальным улучшением оперативной обстановки и может сопровождаться увеличением уровня их латентности. Установлено, что регионы формируют устойчивые кластеры, где структура преступности (например, преобладание имущественных или уличных правонарушений) тесно связана с уровнем урбанизации, состоянием экономики и сезонными факторами, а не только с активностью полиции. Сделан вывод о необходимости перехода от формальных показателей к гибкой системе оценки, основанной на адаптивных алгоритмах. Такая система должна интегрировать статистические данные с качественным анализом регионального контекста и учитывать показатели латентной преступности, что позволит более объективно оценивать эффективность работы территориальных органов МВД и повысить качество управленческих решений.

*Ключевые слова:* оценка эффективности, правоохранительная деятельность, региональные особенности, алгоритмы оценки, латентная преступность.

## Введение

Перспективное развитие системы оценки эффективности правоохранительной деятельности в современных условиях требует комплексного подхода к анализу внутренних и внешних факторов, влияющих на оперативность и результативность работы полиции [12, с. 5]. Особенно актуальным становится вопрос корректной систематизации статистической информации, которая служит базой для формирования критериев и показателей эффективности, а также последующей интерпретации и развития алгоритмического инструментария. Практическая деятельность органов внутренних дел опирается на постоянно меняющиеся условия, связанные с демографическими, экономическими и социокультурными реалиями, что порождает необходимость адаптации методик оценки к локальным особенностям [7, с. 34]. Формирование алгоритмов, учитывающих специфику региона, тем самым становится важным шагом к усовершенствованию системы полицейского управления и более обоснованной расстановке сил в правоохранительных структурах. Однако применение общих показателей нередко искажает реальную картину оперативно-розыскной работы и не всегда отражает действительное состояние правопорядка и безопасность общества, так как в ряде субъектов Российской Федерации влияние демографических факторов или социально-экономических проблем может быть значительно более серьёзным, чем в других. И потому возникает потребность в системном изучении факторов влияния и в совершенствовании аналитического аппарата, адаптированного под специфику каждой территории. В совокупности, такая гибкая модель оценки обеспечивает более точное распределение ресурсов, а также повышает уровень доверия граждан к органам правопорядка и эффективность принимаемых управленческих решений.

При всём этом аналитические инструменты, позволяющие оценивать правоохранительную деятельность, должны не только учитывать количественные показатели, но и фиксировать качественные изменения в структуре преступности во взаимосвязи с социальными, политическими и экономическими параметрами [3, с. 35]. Сложность заключается в том, что существенная часть правонарушений может не находить отражения в формальной статистике, требуя более тонкого подхода, опирающегося на междисциплинарные методы. Правильная интерпретация системных факторов, сказывающихся на динамике преступлений, важна для выявления потенциальных рисков и упреждающих мер, что будет способствовать консолидации усилий различных ведомств, вовлечённых в процесс обеспечения безопасности населения. Такой подход становится возможным при условии, что в работу включаются эксперты из смежных областей, а сам процесс анализа и алгоритмизации результатов строится на принципах открытости и доступ-

ности данных, стимулируя и общественный контроль, и ответственность профессионального сообщества. Только при этом условии можно говорить о действительно результативных мерах, направленных одновременно на предупреждение и раскрытие преступлений, а также минимизацию социальных издержек и укрепление правопорядка.

## Материалы и методы исследования

Исследование опиралось на широкий спектр данных, включая материалы уголовной и административной статистики, влияние демографических, географических и социально-экономических факторов в разных регионах, а также отчёты о работе органов внутренних дел, составленные с учётом специфики конкретной территории [1]. Для обеспечения объективности анализа был применён принцип сопоставления результатов статистической выборки с аналогичными данными из других субъектов РФ; при этом учитывались как официальные сводки, так и итоги независимых исследований, что позволило расширить диапазон и глубину оценочных показателей. Важной составляющей явилось детальное изучение методологических основ сравнительного анализа, обеспеченное применением современных средств компьютерной обработки информации, в том числе программных комплексов, предназначенных для обнаружения трендов и закономерностей в многомерных массивах [15, с. 507]. Такой подход способствовал получению более презентативной выборки, а также выявлению возможных искажений в первичных сведениях, связанных с неполнотой отражения фактов или отсутствием должного уровня детализации в учетных данных. Использовались также методы экспертных оценок, предоставленные специалистами, обладающими опытом работы в органах правопорядка, что позволило сопоставлять формальные статистические результаты с реальной оперативной ситуацией на местах и формировать более точную картину эффективности предпринимаемых мер.

В ходе исследования критическим элементом обработки стали математико-статистические методы, ориентированные на многофакторный анализ, регрессионные модели и кластеризацию показателей [2, с. 60]. Эти инструменты позволили определить степень влияния различных факторов (социально-экономических, демографических и культурных) на колебания уровня преступности, а также установить корреляционные взаимосвязи между активностью органов внутренних дел и динамикой выявленных правонарушений. Дополнительно в рамках данного проекта применялись методы документального анализа и полевых исследований, где особое внимание уделялось качественным характеристикам функционирования правоохранительной системы. Значительное место занимал анализ оперативных сводок, процедур реагирования и системы внутреннего

контроля, позволяющий оценивать не только конечный результат в виде статистики раскрытий преступлений или административных правонарушений, но и систему принятия решений в экстренных ситуациях и при возникновении конфликтов. Сочетание количественных данных с качественным описанием реальных практик и взаимодействия различных подразделений действительно даёт возможность увидеть комплексную картину, оценить оперативность реагирования и выявить механизмы взаимного влияния региональных особенностей и уровня эффективности правоохранительной деятельности.

### Результаты и обсуждение

Первоначальный этап анализа показал, что эффективность правоохранительной системы в значительной степени определяется способностью оперативно реагировать не только на факты преступлений, но и на скрытую тенденцию к их росту в условиях социально-экономических изменений в регионе [5, с. 73]. При этом наличие высокоуровневых нормативно-правовых актов не всегда обеспечивает должную адаптивность, так как оперативная обстановка может трансформироваться быстрее, чем проходят формальные согласования и изменения в регламентах. Особенно чувствительны к этим процессам малые и средние города, где ресурсы органов внутренних дел ограничены, а социальные конфликты могут перерастать в более серьёзные формы правонарушений из-за близости жителей друг к другу и отсутствия высокоразвитой инфраструктуры [9, с. 71]. Важным моментом остаётся последовательность в управлении решениях, направленных на систематическое снижение латентной преступности, укрепление доверия к органам правопорядка и стимулирование гражданского участия в профилактической работе. Отсутствие объединённых усилий со стороны социально ориентированных учреждений, органов местной власти и правоохранительной системы нередко приводит к тому, что проблемы правопорядка остаются в тени, а статистические сведения не отражают реальную ситуацию. Кроме того, ряд территориальных органов МВД сталкивается с недостаточно высоким уровнем внедрения современных цифровых технологий и аналитических платформ, что остаётся серьёзным ограничением для эффективной оценки деятельности, особенно при необходимости быстрой идентификации закономерностей в больших объёмах данных.

Фундаментальное значение имеет системность в мониторинге эффективности и корректная интерпретация полученных результатов, что подразумевает не только механическую фиксацию показателей, но и применение комплексного анализа с учётом локальных факторов, влияющих на распространённость и структуру правонарушений [14, с. 239]. При всём многообразии методиче-

ских подходов к оценке, ключевая сложность заключается в несовпадении критериев, которые представляются важными для федеральных ведомств, и тех, что имеют практический смысл для региональных подразделений. Излишняя регламентация и формализация в некоторых случаях мешают осуществлять гибкие управленческие решения, ведь показатели, утверждённые на федеральном уровне, не отражают ситуацию в быстро меняющихся региональных условиях. Примечательно, что в рамках данного исследования выявлены случаи, когда официальный рост показателей раскрываемости преступлений сопровождался ростом уровня латентности, что искажало реальную оценку безопасной среды [8, с. 321]. Подобные противоречия определяют необходимость более тесной коммуникации между федеральным центром и субъектами Федерации, а также улучшения методики сбора и систематизации статистики (табл. 1).

Таблица 1.  
Сопоставление роста зарегистрированных преступлений и уровня латентности в различных регионах (данные за отчётный период)

Регион	Рост зарегистрированных преступлений (%)	Оценка латентности (%)
Регион А	11,36	4,82
Регион Б	5,29	3,17
Регион В	8,54	5,03
Регион Г	14,07	6,42
Регион Д	9,65	4,21

В рамках данной таблицы можно проследить, что в Регионе Г наблюдается самый высокий процент роста зарегистрированных преступлений (14,07 %), сопровождённый сравнительно высокой оценкой латентности (6,42 %) по сравнению с другими регионами, представленными в выборке. При этом нельзя однозначно утверждать, что более высокие показатели латентности прямо пропорциональны росту раскрываемости, так как в отдельных случаях активизация полицейского контроля ведёт к улучшению статистики по зарегистрированным правонарушениям, но может затруднять точное учётное разделение преступлений по их характеру. Анализ подобной динамики говорит о том, что повышение оперативности деятельности органов внутренних дел способно выявлять больше правонарушений и одновременно провоцировать всплеск скрытых форм, когда социальная напряжённость в регионе остаётся высокой и не полностью учитывается в официальных отчётах.

При сопоставлении данных по различным территориям следует обращать внимание на системные факторы: экономические кризисы, безработицу, культурные различия и уровень урбанизации [11, с. 84]. Статистические

модели, учитывающие не только абсолютные показатели, но и относительные, позволяют более точно выделить специфические факторы риска и скорректировать управленческий механизм. Выявленное противоречие, когда кажется, что деятельность органов внутренних дел улучшается, в то время как реальные параметры латентной преступности остаются высокими, указывает на то, что необходимы дополнительные меры по совершенствованию методов сбора данных и их интерпретации. Адекватная оценка должна опираться на фактическую динамику правонарушений, а также учитывать социальные опросы и экспертные заключения для определения доли преступлений, не попавших в официальную статистику. Подобная комплексность подпитывает и возможность лучшей аналитической обработки, что, в свою очередь, помогает выстраивать адресные превентивные меры, лишённые сугубо формального характера, и ориентироваться на результативную поддержку населения в проблемных точках.

Следующий этап исследования был связан с рассмотрением динамики региональных особенностей в рамках более продолжительных периодов наблюдений, что способствовало выявлению сезонных колебаний и социальной составляющей преступлений [6]. Для этого важно вовлекать не только сотрудников правоохранительных органов, но и специалистов по социологии, экономике и даже психологии, способных выявить мотивы, влияющие на структуру правонарушений в конкретных территориях. При этом рациональным представляется и формирование межведомственных рабочих групп, которые бы не только анализировали текущую статистику, но и формировали предложения по совершенствованию критериев оценки и внедрению новых методов оперативной работы. Опыт ряда регионов показал, что межведомственная координация, опирающаяся на объективные данные, может существенно повысить результативность профилактических программ, снизить уровень повторного правонарушения и одновременно повысить грамотность населения в вопросах правовой культуры. Однако для достижения устойчивого эффекта одних лишь статистических методов недостаточно, так как необходимо учитывать и субъективные факторы, включая стадность в криминальном поведении и тенденции к самосохранению у отдельных групп населения, формирующих закрытые сообщества либо склонных избегать контактов с официальными структурами.

Ниже представлена вторая таблица, в которой отражаются особенности структуры преступлений в ряде регионов с учётом факторов сезонности и динамики экономического положения населения (табл. 2).

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что в Регионе Б наблюдается относительно высокий процент имущественных преступлений (42,11 %), при этом

Таблица 2.  
Структура преступлений с учётом социальных и сезонных факторов

Регион	Уровень имущественных преступлений (%)	Уровень уличной преступности (%)	Коэффициент сезонности (0–1)
Регион А	37,44	25,18	0,72
Регион Б	42,11	18,67	0,63
Регион В	28,93	20,84	0,58
Регион Г	34,59	26,31	0,81
Регион Д	39,22	22,47	0,76

уровень уличной преступности оказывается ниже, чем в Регионе Г, но коэффициент сезонности там несколько ниже среднего показателя выборки. Подобное распределение указывает на тесную связь между социально-экономическими условиями и типами правонарушений, где имущественные преступления зачастую возникают в регионах, испытывающих давление экономических проблем и не имеющих достаточного количества рабочих мест. Коэффициент сезонности, в свою очередь, иллюстрирует, как в периоды неблагоприятных погодных условий либо массовых мероприятий повышается уязвимость определённых социальных групп, что может приводить к всплескам отдельных видов правонарушений.

Сопоставляя две представленные таблицы, можно отметить, что существенной проблемой остаётся несоответствие между официальным ростом зарегистрированной преступности и реальным социальным фоном [13, с. 245]. Высокие показатели могут отражать активизацию правоохранительных органов, но при этом не давать полной картины социально-экономических предпосылок нарушений закона. Это в очередной раз подтверждает необходимость универсальных методик, сочетающих систематический статистический сбор сведений с регулярными социальными исследованиями, позволяющими выявлять и мониторить латентные аспекты жизнедеятельности населения. Для формулирования точных прогнозов требуется отлаженная методология работы с большими объёмами данных, компетентное использование математико-статистических методов и создание гибких аналитических моделей, учитывающих особенности каждой территории. Только так можно обеспечить адекватную оценку эффективности полицейских алгоритмов и сформировать ясные предпосылки для их улучшения, не ограничиваясь формальными индикаторами.

Сочетание регрессионных моделей и методов кластерного анализа показало, что некоторые регионы в статистическом плане образуют кластеры, основанные на общности не только географического положения,

но и уровня урбанизации, типа доминирующих отраслей экономики и демографической структуры [10, с. 32]. Например, регионы с преобладающим сельским населением показывают определённую зависимость уровня имущественной преступности от сезонных факторов, когда в периоды низкой занятости в сельском хозяйстве наблюдается рост количества краж. Напротив, в высокоурбанизированных территориях главными факторами риска часто становятся социальное неравенство и не-пропорциональное распределение доходов, что подталкивает определённую часть молодёжи к совершению правонарушений. Подобная динамика усложняет задачу управления полицейскими подразделениями, так как универсальные федеральные критерии не в полной мере раскрывают суть происходящего. Гибкая адаптация критериев оценки к локальным факторам позволяет более адресно планировать профилактические меры, перераспределять ресурсы и добиваться большего взаимодействия с населением и местными органами власти.

При этом важно учитывать, что эффективность деятельности системы МВД не сводится исключительно к росту показателей раскрываемости, ведь обратной стороной медали может стать чрезмерное давление на население, особенно когда слабо налажена обратная связь и нет инструментов общественного контроля [4]. Практика показывает, что при давлении на статистическую отчётность существует риск искажений, выражющихся в изменении порядка регистрации и формальной переоценке тяжести преступлений. В ряде случаев подобные ухищрения позволяют искусственно завысить показатели и предъявить их как успех работы, но при этом теряются реальные ориентиры, необходимые для грамотного планирования управленческих решений. Цель данного исследования состояла в том, чтобы

не только провести сопоставительный анализ и выявить закономерности, но и продемонстрировать важность математически обоснованного подхода к оценке эффективности при полном понимании социальных, экономических и культурных отличий регионов. Такой подход нуждается в постоянной валидации на данных из разных источников и использовании экспертного мнения для устранения потенциальных методологических перекосов.

## Выводы

Комплексное исследование, проведённое в рамках обсуждаемой темы, показало, что алгоритмы оценки эффективности правоохранительной деятельности территориального органа МВД России требуют адаптивной методики и тесной интеграции как статистических, так и качественных показателей [7, с. 34]. Согласно полученным результатам, механическое использование унифицированных критериев не способно отражать реальную картину правопорядка, особенно когда речь идёт о скрытых факторах преступности и специфике социального контекста территории.

Разработанные подходы позволяют формировать более гибкие и точные системы мониторинга, учитывающие региональные особенности и уязвимые группы населения. Исследование подтвердило, что в условиях динамично меняющейся социальной и экономической среды важной составляющей работы становится своевременное распознавание латентных преступлений и формирование превентивных мер с упором на координацию между различными ведомствами и общественностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атамас Е.В., Беляева Е.А. Теория и практика разработки методики оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ. Краснодар, 2011.
2. Ботвинова Е., Аленин К.И. Проблема оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации // Юность науки. Сборник студенческих научных статей. Москва, 2018. С. 57–62.
3. Дехонов М.М. Оценка эффективности деятельности органов государственного управления субъектов РФ // Актуальные вопросы экономических наук. Сборник материалов XIV международной очно-заочной научно-практической конференции. 2019. С. 32–37.
4. Ипакян А.П. Методологические основы оценки эффективности деятельности органов внутренних дел. Москва, 1976.
5. Коноваленко С.А. Совершенствование системы оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов // Вестник Рязанского филиала Московского университета МВД России. 2009. № 3. С. 72–73.
6. Коноплева А.А. Оценка эффективности деятельности органов внутренних дел в механизме их реформирования // ЭГО: Экономика. Государство. Общество. 2014. № 3 (18).
7. Королева М.А. Проблема оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации // Современные технологии эффективного управления. Сборник научных трудов. 2018. С. 34–35.
8. Лекарев Г.В. Развитие нормативного регулирования оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти // Проблемы управления финансами в условиях цифровой экономики. Сборник материалов Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, посвященной 100-летию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. Под ред. Т.В. Пироговой, М.А. Селивановой. 2018. С. 319–323.
9. Логинов С.П., Меркулова Н.И. К вопросу о методике оценки эффективности деятельности территориальных органов МВД России // Охрана, безопасность, связь. 2021. № 6-1. С. 70–73.

10. Мазитов Р.Р., Козлов С.С. Критерии эффективности деятельности органов внутренних дел по обеспечению общественной безопасности // Российский следователь. 2008. № 22. С. 29–32.
11. Саркисян А.Ж. Оценка эффективности деятельности правоохранительных органов в Российской Федерации // Вестник Московского университета МВД России. 2014. № 8. С. 83–86.
12. Степаненко Ю.В., Гирько С.И. Научные основы оценки эффективности деятельности органов внутренних дел по обеспечению общественной безопасности // Административное право и процесс. 2007. № 5. С. 2–7.
13. Ступина К. Нормативно-правовые основы оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти в Российской Федерации // Международные научные студенческие чтения. Материалы XV международной студенческой научной конференции. Отв. ред. Д.Т. Карамануян. 2018. С. 243–245.
14. Чекин А.И. Оценка эффективности деятельности органов исполнительной власти региона как фактор его развития // Инновационное развитие социально-экономических систем: условия, результаты и возможности. Материалы II международной научно-практической конференции. Московский государственный областной гуманитарный институт Социально-экономический факультет Кафедра экономики, управления и бизнеса. 2014. С. 238–239.
15. Янышев Д.А. Оценка эффективности деятельности органов исполнительной власти как основной показатель совершенствования управления // Государственное управление и развитие России: проектирование будущего. Сборник статей международной конференц-сессии. Москва, 2022. С. 506–512.

---

© Шаров Алексей Сергеевич (alex02sh@rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ИНВЕСТИЦИЙ

## SOME APPROACHES TO SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMAL INVESTMENT SELECTION

H. Shungarov  
R. Botashev

**Summary.** The problem of attracting investments today is a key issue in the development of modern domestic production. The effective use of investments is carried out through the selection and implementation of optimal investment projects. The article is devoted to assessing the degree of complexity of the task of choosing the optimal investment project in general and developing new effective algorithms to solve it in cases of incomplete information.

**Keywords:** investment, investment project, probability, integer programming, linear programming, Boolean variable, income, expenses, net profit, profitability level, investment coefficient.

**Шунгаров Хамид Джашауевич**  
к.ф-м.н, доцент, Карагаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева  
hamidsh@rambler.ru

**Боташев Руслан Азаматович**  
Доцент, Карагаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева  
botashevruslan@mail.ru

**Аннотация.** Проблема привлечения инвестиций сегодня является ключевым вопросом развития современного отечественного производства. Эффективное использование инвестиций осуществляется через выбор и реализацию оптимальных инвестиционных проектов. Статья посвящена оценке степени сложности задачи выбора оптимального проекта инвестиций в общем виде и разработке новых эффективных алгоритмов для её решения в случаях неполной информации.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиционный проект, вероятность, целочисленное программирование, линейное программирование, булева переменная, доходы, расходы, чистая прибыль, уровень рентабельности, коеффициент инвестирования.

Для развития национальной экономики на современном этапе и для улучшения экономической деятельности предприятий важное значение имеют инвестиции. Благоприятный инвестиционный климат и эффективно действующая система инвестирования, как правило, позволяют решить целый комплекс экономических задач. Такая инвестиционная система создает также условия для оптимизации структуры производства.

Для нормального функционирования инвестиционного процесса необходимо привлечение и эффективное распределение денежных средств. Посредником в распределении денежных средств между субъектами экономических отношений является финансовый рынок, основной функцией которого становится привлечение финансовых ресурсов в реальный сектор экономики посредством внесения инвестиций.

Использование инвестиционных ресурсов осуществляется через реализацию инвестиционных проектов, которые направлены на достижение стратегических целей государства в целом и отдельного предприятия (организации). Проблема привлечения инвестиций всегда остается приоритетной для развития экономики и бизнеса.

Каждое предприятие с целью получения прибыли должно постоянно вкладывать капитал на обновление или расширение производства. Трудность заключается в том, что необходимо выбирать оптимальный проект инвестиций с целью учёта вероятности банкротства предприятия. Оптимальный проект инвестиций содержит такие параметры как: период инвестирования, объём инвестиций, а также прибыльность объекта инвестирования. Одной из проблем исследования является поиск и нахождение ответов на выяснение связей между периодом инвестирования, объёмом инвестиций и прибыльностью, поскольку принцип «чем больше вложений-тем больше прибыли» не всегда срабатывает.

В данной работе исследуются вопросы поиска новых возможностей применения и выбора оптимального инвестиционного проекта экономико-математической модели в условиях неполной информации. Для решения задачи выбора оптимального проекта инвестиций существует два основных метода проведения расчетов в условиях неполной информации:

- 1) использование обычных показателей экономической эффективности;
- 2) разработка и использование новых экономико-математических моделей и методов (алгоритм  $\alpha_3$ ).

Первый метод не позволяет выбрать оптимальный вариант внесения инвестиций. Второй метод обеспечивает получение максимально возможной прибыли от внесения этих инвестиций даже в задачах с неполной информацией.

В данной работе изложение методов решения различных моделей задачи оптимального инвестирования приводится для сравнения с методом решения задачи инвестирования в условиях неполной информации.

### 1. Постановка задачи

Инвестор намерен свободные денежные средства в сумме  $A$  инвестировать в  $n$  производств  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$  в течение  $m$  периодов  $j : j = 1, 2, \dots, m$ . Задача состоит в том, чтобы из всех производств  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$  выбрать такие, чтобы общая сумма чистой прибыли, полученная всеми производствами за весь период, была максимальной.

Обозначим через:

$a_{ij}$  — инвестиционные затраты  $i$ -го производства ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) за  $j$ -период ( $j = 1, 2, \dots, m$ );

$u_{ij}$  — доход  $i$ -го производства за  $j$ -период;

$w_{ij}$  — чистая прибыль  $i$ -го производства за  $j$ -период,  $w_{ij} = u_{ij} - a_{ij}$ ;

$z_j$  — коэффициент выбора варианта чистой прибыли;

$w_{ij}^*$  — пороговое значение прибыли  $(u_{ij} - x_{ij})$   $i$ -го производства на  $j$ -ом этапе,  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ .

Пусть задана линейная целевая функция

$$F(z) = \sum_{i=1}^n w_{ij} \sum_{j=1}^m z_j \rightarrow \max \quad (1)$$

при выполнении следующих условий:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} z_j \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$z_j \in \{0, 1\} \quad (3)$$

где  $z_j = \begin{cases} 1, & \text{если } w_{ij} \leq w_{ij}^* \\ 0, & \text{если } w_{ij} > w_{ij}^* \end{cases}$

Допустимым решением задачи оптимизации (1–3) является  $n$ -мерный вектор  $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ , который удовлетворяет условиям (2)–(3). Множество всех допустимых решений обозначим через  $Z = \{z\}$ .

Таким образом, задача оптимального инвестирования заключается в том, что среди всех наборов 0,1-век-

торов (решений) найти вектор с  $k$  единицами, который удовлетворяет (2) и доставляет целевой функции  $F(z)$  максимальное значение.

Известно, что задача выбора оптимального инвестирования в общем случае сводится к NP-полной задаче целочисленного булева программирования [1] и её можно решить методом построения последовательности планов [2]. При этом надо отметить, что при малых значениях  $n$  эту задачу можно решить методом полного перебора, причём число всех допустимых решений можно вычислить по формуле:  $\sum_{k=0}^n C_n^k = 2^n$ , где  $k$  — число единиц в 0,1 векторе.

Сформулированную, таким образом, задачу решим на простом примере методом перебора. Найдём число всех решений для  $n=3$  производств, которое равно  $2^3 = 8$ :  $(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 1), (0, 0, 1), (0, 1, 0), (1, 0, 1), (0, 0, 0)$ . Для решения этой задачи предлагается алгоритм  $\alpha_1$ , основанный на процедурах полного перебора.

Алгоритм  $\alpha_1$ .

1. Найти все допустимые решения задачи (1)–(3).
2. Найти значение целевой функции  $f(z)$ , подставив вместо  $z$  последовательно значения допустимых решений  $z_j \in Z$
3. Сравнить все полученные значения  $f(z_j)$  и среди них выбрать  $z_j \in Z : F^*(z_k) = \max_{z_j \in Z} F(z_j), k \leq k_0$ .
4. Вывести полученные решения, т.е. осуществить выбор.

2. Предположим, что известны суммы предполагаемых вложений в каждое производство  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$  в каждом периоде  $j : j = 1, 2, \dots, m$ . Также известны суммы предполагаемых доходов, получаемых каждым предприятием в каждом периоде.

Отметим, что задача выбора оптимального инвестирования в этом случае решается за полиноминальное время, если известны суммы предполагаемых инвестиций по всем периодам и суммы ожидаемых затрат (инвестиций).

Рассмотрим пример, представив предполагаемые инвестиционные затраты  $(a_{ij})$  и доходы  $(u_{ij})$  пяти производств по пяти годам в таблице 1.

Определим чистую прибыль  $w_{ij} = u_{ij} - a_{ij}$  по производствам и периодам. Если  $w_{ij} \leq w_{ij}^*$ , то  $z_j = 0$  — производство не выбирается и ему не вносятся инвестиции. Если  $w_{ij} \geq w_{ij}^*$ , то  $z_j = 1$  — предприятие выбирается и ему вносятся инвестиции. В этом случае предприятию дополнительно к запланированным вносятся ещё инвестиции путем пропорционального перераспределения неиспользованных сумм.

Таблица 1.

<i>i/j</i>	$a_{ij}$	$u_{ij}$	$w_{ij}$	$z_j$	$a_{2j}$	$u_{2j}$	$w_{ij}$	$z_j$	$a_{3j}$	$u_{3j}$	$w_{ij}$	$z_j$
1.	20	30	+10	1	30	35	+5	1	30	40	+10	1
2.	50	40	-10	0	35	30	-5	0	40	50	+10	1
3.	25	30	+5	1	40	40	0	0	50	50	0	0
4.	50	50	0	0	50	45	-5	0	30	35	+5	1
5.	30	20	-10	0	25	30	+5	1	40	45	+5	1
$\Sigma$	175	170	-5	0	180	180	0	0	190	220	+30	1

Оптимальная чистая прибыль равна:

$$F(w) = 10x1 + 5x1 + 5x1 + 5x1 + 10x1 + 10x1 + 5x1 + 5x1 = 55 \text{ млн руб.}$$

2. Предположим, что инвестор намерен инвестировать свободные денежные средства  $A$  в  $n$  производств в течение  $m$  периодов. Известны предполагаемые суммы вложений в каждое производство в каждом периоде. Также известны суммы предполагаемых доходов, получаемых каждым производством в каждом периоде. Задача состоит в выборе таких производств в каждом периоде, чтобы полученная общая сумма чистой прибыли за весь период, была максимальной.

Алгоритм  $\alpha_2$ .

1. Вычисляются значения функции прибыли  $F_j(z)$  по каждому производству  $P_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$  за каждый период  $j=1,2,\dots,m$ . Если на этапе  $j=1,2,\dots,m$  выполняется неравенство  $w_{ij} > w_{ij}^*$ , то  $P_i$  помечаются как выбранные на этапе  $j$ ,  $z_j(P_i) = 1$ .
2. Вычисляется сумма  $\sum_{j=1}^m z_j(P_i)$  всех значений  $z_j$ :  $z_j(P_i) = 1, j=1,2,\dots,m$ .

Каждый раз, когда на этапе  $j=1,2,\dots,m$  выполняется условие  $\sum_{j=1}^m z_j(P_i) = \max$ , то полагаем  $k=k+1$ , где  $k$  число всех производств  $P_i$ , которые были выбраны по всем этапам  $j = 1, 2, \dots, m$  ( $m=5$ ) наибольшее число раз.

3. Если доход  $u_{ij}$ , полученный производством  $P_i$  на этапе  $j = 1, 2, \dots, m$ , оказался меньше чем вложение (затраты), то все возможные затраты суммируются и вычитаются из общей ожидаемой прибыли (табл. 2).
4. Вывести значения общей максимальной прибыли.

Работа алгоритма  $\alpha_2$  показана в таблице 3:

В результате решения задачи максимальная чистая прибыль составила:  $F(z) = 20x1 + 15x1 + 25x1 + 20x1 + 20x1 = 100$  млн руб.

Таблица 2.

<i>i/j</i>	$u_{ij}$	$a_{ij}$	$w_{ij}$	$z_j$	$u_{ij}$	$a_{ij}$	$w_{ij}$	$z_j$	$u_{ij}$	$a_{ij}$	$w_{ij}$	$z_j$
1.	30	20	+10	1	30	30	0	0	30	30	0	0
	35	20	+15	1	35	30	+5	1	35	30	+5	1
	40	20	+20	1	40	30	+10	1	40	30	+10	1
2.	40	50	-10	0	40	35	+5	1	40	40	0	0
	30	50	-20	1	30	35	-5	0	30	40	-10	0
	50	50	0	0	50	35	+15	1	50	40	+10	1
3.	30	25	+5	1	30	40	-10	0	30	50	-20	0
	40	25	+15	1	40	40	0	0	40	50	-10	0
	50	25	+25	1	50	40	+10	1	50	50	0	0
4.	50	50	0	0	50	50	0	0	50	30	+20	1
	45	50	+5	0	45	50	-5	0	45	30	+15	1
	35	50	-15	0	35	50	-15	0	35	30	+5	1
5.	20	30	-10	0	20	25	-5	0	20	40	-20	0
	30	30	0	0	30	25	+5	1	30	40	-10	0
	45	30	+15	1	45	25	+20	1	45	40	+5	1

Итого за 5 лет при общем доходе ( $\Sigma u$ ) в 235 млн рублей и внесении 135 млн рублей инвестиций ( $\Sigma a$ ) оптимальный размер общей чистой прибыли ( $\Sigma w$ ) при уровне рентабельности производства продукции в 74 % составит 100 млн. рублей. Неиспользованная сумма инвестиций в сумме 15 млн рублей может перераспределяться между производствами для их расширения пропорционально полученным ими доходам.

3. Рассмотрим задачу оптимального инвестирования с неполной информацией. Предположим, что известна только общая сумма инвестиций и распределение этой суммы между производствами. Требуется распределить предполагаемые затраты по периодам так, чтобы максимизировать значение целевой функции  $F$ :

$$F(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} z_{ij} \rightarrow \max \quad (4)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} z_{ij} \leq b_i, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\} \quad (6)$$

где  $w_{ij} = u_{ij} - x_{ij}$  — чистая прибыль производства  $P_i$  в период  $j$ ;  $w_{ij}^*$  — пороговое значение;

$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } w_{i,j} \geq w^*_{i,j} \\ 0, & \text{если } w_{i,j} < w^*_{i,j} \end{cases}$ . В общем случае ограничения (5) задачи оптимального инвестирования представляют собой совокупность линейных диофантовых уравнений с неотрицательными коэффициентами.

Задачу (4)–(6) можно отнести к классу задач с большими данными. Поэтому проблема конструирования алгоритмов для решения таких задач является актуальной и практически значимой. Для решения этой проблемы предлагается параллельный алгоритм  $\alpha_3$ , описание которого представим ниже.

Пусть имеется параллельная вычислительная система типа SIMD [3,4], состоящая из  $m$  процессоров, каждый из которых выполняет один и тот же поток инструкций, но над различными потоками данных. Спроектируем алгоритм для  $m$  процессоров  $p_t, t \in \{1, 2, \dots, m\}$ . Перенумеруем процессоры числами  $p_1, p_2, \dots, p_m$ . Каждый процессор  $p_t, t \in \{1, 2, \dots, m\}$  выполняет действия этапа  $\alpha_t$  алгоритма  $\alpha$ . После выполнения всех действий этапа  $\alpha_t, t \in \{1, 2, \dots, m\}$ , каждый процессор  $p_t, t \in \{1, 2, \dots, m\}$  передает результаты вычислений центральному, который выдаёт результат.

#### Описание алгоритма $\alpha_3$ .

Параллельный алгоритм  $\alpha_3$  состоит из  $m$  этапов  $\alpha_3^t$ , перенумерованных индексом  $t = 1, 2, \dots, m$ . Работа алгоритма  $\alpha_3$  состоит в том, что на вход каждого этапа  $\alpha_3^t, t = 1, 2, \dots, m$  подаётся одно из уравнений совокупности ограничений:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + \dots + x_{n1} = b_1 \\ x_{12} + x_{22} + \dots + x_{n2} = b_2 \\ \dots \\ x_{1m} + x_{2m} + \dots + x_{nm} = b_m \end{cases} \quad (7)$$

и находятся все решения  $X_t = \{x\}, t = 1, 2, \dots, m$  этого уравнения, и из множества всех решений выбирается такое, которое удовлетворяет неравенствам (5). Затем на вход каждого этапа  $\alpha_3^t, t = 1, 2, \dots, m$  подаётся и решается одно из уравнений совокупности ограничений (8)

$$\sum_{i=1}^n w_{ij} = w^*_{j}, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$\begin{cases} w_{11} + w_{21} + \dots + w_{n1} = w^*_1 \\ w_{12} + w_{22} + \dots + w_{n2} = w^*_2 \\ \dots \\ w_{1m} + w_{2m} + \dots + w_{nm} = w^*_m \end{cases} \quad (8)$$

где  $w^*_j$  — пороговое значение чистой прибыли производства  $P_j$  в период  $j$ . Множество всех таких решений обозначим через  $X_t = \{x\}$  для некоторого  $t = 1, 2, \dots, m$  и

$W_t = \{w\}$  для некоторого  $t = 1, 2, \dots, m$ . Далее все решения  $W_t = \{w\}, t = 1, 2, \dots, m$  сравниваются между собой и выбирается такое решение с наибольшим числом ненулевых компонент, которое доставляет функции (4) максимальное значение  $F_t^*(w) = \max_{w \in W_t} F(w)$  и удовлетворяет

условиям (5). Полученные, таким образом, результаты передаются на вход заключительного этапа  $\alpha_3^{t+1}$ . На этапе  $\alpha_3^{t+1}$  сначала все значения  $F_t^*(w) = \max_{w \in W_t} F(w)$  сравниваются между собой и выбирается такое решение  $w^*$ , что  $F^*(w^*) = \max_{1 \leq t \leq m} F^*(w)$ . Затем устанавливается взаимно-

однозначное соответствие между всеми компонентами вектора значений  $F_t^*(w^*), t = 1, 2, \dots, m$  и всеми компонентами одного из каждого вектора выделенного подмножества  $X = \bigcup_{1 \leq t \leq m} X'_t$  и выбирается один из них  $-x^*$ . Таким образом,  $(w^* - x^*)$  — решение задачи (4)–(6). На этом каждый этап  $\alpha_3^{t+1}$ , а вместе с ним и параллельный алгоритм  $\alpha_3$  заканчивает свою работу.

Заметим, что предложенный алгоритм  $\alpha_3$  в случае, когда параметры  $n, m$  конечны, является полиномиальным алгоритмом.

Для решения этой проблемы при малых значениях параметров  $n, m$  требуется дополнительная информация при том условии, если такая информация имеется. Например, можно определить показатели рентабельности каждого производства  $P_i, i=1, 2, \dots, n$  по периодам  $j = 1, 2, \dots, m$ . Необходимо инвестировать каждое производство по периодам так, чтобы общая сумма прибыли, полученная по всем производствам (целевая функция)  $F(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$  была максимальной, где  $\beta_{ij}$  —

уровень рентабельности, который определяется как отношение чистой прибыли к затратам производства  $P_i, i=1, 2, \dots, n$  по периодам  $j = 1, 2, \dots, m$ :

$$\beta_{ij} = \frac{w_{ij} - a_{ij}}{a_{ij}} = \frac{u_{ij} - a_{ij}}{a_{ij}} \quad (7)$$

Тогда задача (4)–(6) сводится к следующей:

$$F(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (u_{ij} - a_{ij}) \rightarrow \max \quad (8)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad (10)$$

$$\text{где } x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i, j = 1, 2, \dots, m \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} > b_i, j = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (11)$$

Для этого случая предложим следующий алгоритм.

Алгоритм  $\alpha_4$ :

1. Ввести предполагаемую общую сумму инвестиций для всех производств.
2. Ввести предполагаемые коэффициенты рентабельности для всех производств по всем периодам  $j = 1, 2, \dots, m$  (таблица 4).
3. Вычислить предполагаемые затраты  $a_{ij}$  для всех производств  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , по всем периодам  $j = 1, 2, \dots, m$  (таблица 5). Привести систему ограничений к виду (9).
4. Для каждого предприятия  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , проверить, выполняется ли условие (9). Если условие (9) выполняется на этапе  $j = 1, 2, \dots, n$ , то соответствующее неравенство сохраняется в системе (9) иначе оно удаляется.

4. Предположим, что некоторое предприятие с многопрофильным производством имеет свободные денежные средства в сумме  $A$ . Он готов инвестировать  $n$  производств в течение  $m$  периодов. Известны суммы вложений в каждом периоде  $S_j$ , а также предполагаемый уровень рентабельности  $\beta_{ij}$  каждого производства в каждом периоде. Необходимо выбрать для инвестирования некоторые производства, чтобы общая прибыль была максимальной.

Для этого случая предложим следующий алгоритм.

Алгоритм  $\alpha_4$ :

1. Ввести значения общих объемов  $\alpha_{ij}$  инвестиций и коэффициенты уровней рентабельности  $\beta_{ij}$  для всех производств  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$  по всем периодам  $j = 1, 2, \dots, m$ .
2. Вычислить ожидаемую прибыль  $w_{ij}$  для каждого производства  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , по всем периодам  $j = 1, 2, \dots, m$ .
3. Общий объем инвестиций  $\alpha_{ij}$  равномерно вложить в каждое производство  $P_i, i = 1, 2, \dots, n$ , на каждый период  $j = 1, 2, \dots, m$ :  $\alpha_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$ .
4. Вычислить сумму всех  $w_{ij}$  и найти значение ожидаемой прибыли каждого производства  $P_i$  в период  $j: i = 1, 2, \dots, n$ .
5. Все значения  $F(w_i), i = 1, 2, \dots, n$ , сравнить между собой и найти  $F^*(w_i) = \max_{1 \leq i \leq n} F(w_i)$ .

6. Выбрать все производства  $P_i$ , для которых выполняется условие  $F^*(w_i) \geq F^0(w)$ , где  $F^0(w)$  — пороговое значение прибыли, которое вычисляется по формуле  $F^0(w) = (A / n) * \beta_{\min}$ .

7. Вычислить значение целевой функции:

$$F(w) = \sum_{i=1}^{n_0} F^*(w_i), \text{ где } n_0 \leq n.$$

Рассмотрим решение задачи на примере. Предположим, что у инвестора Альфа-Банк имеются свободные средства 150 тыс. дол, которые он готов вложить в течение 5 лет в 5 производств (Табл. 3):

в 1-ом году — 20000 дол., во 2-ом году — 25000 дол., в 3-ем году — 30000 дол., в 4-ом году — 35000 дол. и в 5-ом году — 40000 дол. Причём задано пороговое значение прибыли  $F^0(w) = (150000/5) * 0,25 = 7500$ .

Таблица 3.

Таблица коэффициентов уровней рентабельности ( $\beta_{ij}$ )

$S_j \backslash P_i$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$S_1$	0,25	0,28	0,32	0,34	0,36
$S_2$	0,28	0,31	0,33	0,35	0,37
$S_3$	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39
$S_4$	0,34	0,36	0,38	0,41	0,43
$S_5$	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44

Используя коэффициенты уровней рентабельности ( $\beta_{ij}$ ) и объемы инвестиций  $a_{ij}$ , получим следующий результат (Табл. 4):

Таблица 4.

$S_j \backslash P_i$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$F(w_i)$	$F^*(w_i)$
$S_1$	1000	1120	1280	1360	1440	6200	<7500
$S_2$	1400	1550	1650	1750	1850	8200	>7500
$S_3$	1920	1980	2100	2220	2340	10560	>7500
$S_4$	2380	2520	2660	2870	3010	13440	>7500
$S_5$	2880	3040	3200	3360	3520	16000	>7500

Таким образом, получен оптимальный план (Табл. 4), согласно которому вложить инвестиции выгодно в производство  $P_5, P_4, P_3, P_2$ . При этом может быть получена чистая прибыль в сумме 48200 (дол.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гэри М. Джонсон Д. Вычислительные машины и трудно решаемые задачи. М.: Мир, 1982.
2. Емеличев В.А., Комлик В.И. Метод построения последовательности планов для решения задач дискретной оптимизации. — М.: Наука, 1981.
3. Воеводин В. В. Математические модели и методы в параллельных системах. М.: Наука, 1986, 296 с.8.
4. Дж. Макконелл. Анализ алгоритмов. М.: Техносфера, 2002, 304с\
5. Томас Кормен, Чарльз Лейзерсон, Рональд Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. : Пер. с англ. — М. Издательский дом «Вильямс», 2011 — 1296 с.
6. Бирман И. Оптимальное программирование. — М.: Экономика, 1968.
7. Гольдштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Новые направления в линейном программировании. — М.: Советское радио, 1966.
8. Гольдштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Специальные направления в линейном программировании. — Изд. Красанд. 2018.
9. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация: Целочисленное программирование. Изд. стереотип. 2023. 192 с.
10. Дж. Хедли. Линейная алгебра (для экономистов). — М.: Высшая школа, 1966.
11. Канторович Л.В. Оптимальные решения в экономике. — М.: Наука, 1972.
12. Шунгаров Х.Д. , Боташев Р.А., Оптимизация модели выбора варианта инвестиции в многопрофильном производстве // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2024. — № 7-2.

---

© Шунгаров Хамид Джашауевич (hamidsh@rambler.ru); Боташев Руслан Азаматович (botashevruslan@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЛИЯНИИ ВАРИКОЗНОГО РАСШИРЕНИЯ ВЕН ТАЗА (ВВВТ) НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ ЖЕНЩИН (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## MODERN CONCEPTS OF THE INFLUENCE OF VARICOSE VEINS OF THE PELVIS (VRV) ON THE REPRODUCTIVE SYSTEM OF WOMEN (LITERATURE REVIEW)

**A. Bogdasarov**  
**L. Davidyan**  
**D. Baev**

**Summary.** Pelvic varicose veins are a complex and multifaceted disorder characterized by pathological dilation of not only the ovarian veins but also the venous plexuses located in the pelvis. In obstetric practice, pelvic venous disease is diagnosed in nearly 40% of pregnant women. However, the rate of antenatal losses remains high and shows no signs of decreasing. Currently, the principles of individualizing perinatal prognosis in women with pelvic varicose veins have not yet been fully developed, complicating the prediction of fetoplacental insufficiency, hypoxic birth, and thromboembolic complications. Despite significant advances in diagnosing varicose veins, the problem of universal diagnostic criteria for the disease remains unresolved. The impact of varicose veins is not limited to childbirth itself, but also extends to the postpartum period and long-term consequences for the woman's health. The mechanisms underlying these complications are not fully understood.

**Keywords:** Varicose veins of the pelvis, pregnancy, childbirth, postpartum period.

**В**арикозная болезнь вен таза (ВВВТ) — это сложное и многогранное заболевание, характеризующееся патологическим расширением не только вен яичников вен, но и венозных сплетений, расположенных в области таза. Это заболевание служит причиной хронической тазовой боли, вызывает дискомфорт в области малого таза и существенно ухудшает качество жизни женщин. [1]

В настоящее время нет единой общепринятой классификации ВВВТ, что создает определенные трудности как в диагностике, так и в выборе оптимальных методов лечения. Разнообразие клинических проявлений, а также отсутствие четких диагностических критериев,

**Богдасаров Азат Юрьевич**  
Д.м.н., профессор,  
ГОУ ВПО Ульяновский государственный университет  
azat-01@mail.ru

**Давидян Лиана Юрьевна**  
Д.м.н., профессор,  
ГОУ ВПО Ульяновский государственный университет  
dliana2009@mail.ru

**Баев Дмитрий Сергеевич**  
Аспирант,  
ГОУ ВПО Ульяновский государственный университет  
dimka270798@mail.ru

**Аннотация.** Варикозная болезнь вен таза представляет собой сложное и многогранное заболевание, которое характеризуется патологическим расширением не только яичниковых вен но и венозных сплетений, расположенных в области таза. В акушерской практике, болезнь вен таза выявляется почти у 40 % беременных женщин. При этом уровень антенатальных потерь остается высоким и не демонстрирует тенденции к снижению. На сегодняшний день принципы индивидуализации перинатального прогноза у женщин с ВВВТ еще не полностью разработаны, что затрудняет предсказание развития недостаточности фето-плацентарного комплекса, рождения ребенка в состоянии гипоксии и тромбоэмбологическим осложнениям. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в диагностике варикозной болезни, проблема универсальных диагностических критериев заболевания не решена. Влияние варикозного расширения вен не ограничивается только самими родами, но также распространяется на послеродовый период и отдаленные последствия для здоровья женщины. Механизмы, лежащие в основе этих осложнений, до конца не изучены.

**Ключевые слова:** варикозное расширение вен малого таза, беременность, роды, послеродовый период.

затрудняют понимание патогенеза заболевания и препятствует разработке стандартов лечения [2].

Волков А.Е. в 2000 г. предложил классификацию варикозной болезни, разработанную для беременных и основанную на диаметре расширения сосудов и расположении венозной эктазии [3]. Однако до настоящего времени предложенная классификация не нашла широкого применения в акушерстве.

ВВВТ в соответствии с «Клиническими рекомендациями по диагностике и лечению вен от 2018 г.», представлено, как заболевание, проявляющееся расширением и недостаточностью клапанов вен яичников, сочетаю-

щееся с нарушениями менструальной функции в виде гиперполименореи, ациклических кровотечений, приводящее к бесплодию и вызывающую хроническую тазовую боль [4].

Заболевание характеризуется увеличением длины и диаметра вен, а также необратимыми расширениями их просвета и недостаточностью клапанов. Это приводит к развитию синдрома венозного полнокровия и проявляется болями в органах таза [5, 6, 7, 8].

Хроническая венозная недостаточность (ХВН) является распространенным заболеванием у женщин репродуктивного возраста. Эпидемиологические исследования 2009–2010 г. VEIN CONSULT показывают, что среди 95 000 пациенток, только 18,8 % обследованных не имели признаков ХВН.

Известно, что артериальная сосудистая сеть короче венозной, в то время как объем крови, который она может вмещать, гораздо больше. Кровь в венах движется медленнее артериальной, при этом объем венозной системы в 2–3 раза больше. Низкое кровяное давление и небольшая скорость кровотока в венах приводит к более слабому развитию эластичных элементов в венах и их большей растяжимости [9, 10].

Особенностью строения вен малого таза является обширная сеть анастомозов, которая соединяет их не только друг с другом, но и с нижней полой и воротной венами [11]. Они выполняют роль коллектора и способны противостоять значительному гидростатическому давлению [12, 13].

В стенках вен расположены клапаны, которые предотвращают обратный ток венозной крови. Клапаны расположены на стенках сосудов неравномерно, так, например, в общей подвздошной вене их нет [14, 15].

Вены матки способны к морфологической перестройке в период беременности. Так, с увеличением срока гестации возрастает функциональная нагрузка на сосудистую систему. Вены матки обладают автономной иннервацией, что приводит к изменению маточного кровотока [16, 17, 18].

Не менее значимым компонентом анатомического строения вен таза является наличие артериовенозных конфликтов. Так синдром Мея—Тернера возникает в результате компрессии левой общей подвздошной вены правой общей подвздошной артерией [19, 20], что приводит к нарушению нормального кровообращения в левой общей и внутренней подвздошной венах и вызывает их расширение [21, 22].

Выявлены факторы, повышающие риск развития патологии. К ним относятся: паритет беременности, на-

следственность, возраст, избыточная масса тела [23]. Эпидемиологические исследования свидетельствуют о том, что варикозным расширением вен таза (ВВТ) чаще страдают женщины репродуктивного возраста. Среди женщин с поражением вен таза у каждой четвертой отмечается варикозное изменение вен вульвы и промежности [24, 25, 26]. При этом прирост новых случаев ВВТ среди женщин репродуктивного возраста каждый год составляет 2,6 % [27]. У пациенток с ВВТ также наблюдаются вторичные изменения органов малого таза, в виде диспареунии. Может развиваться лейкорея и дисменорея [28].

Ранее считалось, что основу пациенток с ВВТ составляют повторнородящие женщины в период пременопаузы [29]. Однако в последние годы стали появляться данные о наличии заболевания у женщин в постменопаузе [30]. Согласно современным представлениям ВВТ — это многофакторное заболевание, в развитии которого имеют значение врожденное отсутствие или недостаточность венозных клапанов, венозная непроходимость, беременность и роды, а также гормональные изменения [31].

В современной литературе выделяют первичную и вторичную ВВТ. Первичная ВВТ возникает как следствие аплазии венозных клапанов. При этом у 15 % женщин клапаны отсутствуют в левых и в 6 % случаев в правых яичниковых венах. Вторичная недостаточность вен таза является следствием внешней компрессии, которая приводит к нарушению венозного оттока. Клинически оба варианта характеризуются увеличением объема тазовых вен в сочетании с тазовой болью, которая усиливается к концу дня [32]. В развитии клинической картины ВВТ имеет значение высвобождение таких веществ как брадикинин или вещество P, которые принимают участие в развитии боли и воспаления, а также механическое сдавливание нервных окончаний [33].

Исследования Ахметзянова Р.В. (2020), показали как структурно-функциональные, так и морфологические изменений стенки яичниковой вены у женщин с ВВТ [34]. Установлено, что на ранних стадиях заболевания в венозной стенке появляются компенсаторные изменения, проявляющиеся уплотнением и гипертрофией всех ее слоев. Прогрессирование заболевания, ведет к фиброзным изменениям. Стадия декомпенсации вызывает склеротические процессы (атрофический тип поражения). Определена прямая умеренная корреляционная зависимость между длительностью заболевания, количеством факторов риска и беременностей, а также возрастом наступлением первой менструации.

Значимую роль гормональных воздействий в развитии ВВТ подтверждают результаты цикличности симптомов заболевания, совпадающие с фазами менструального цикла. У большинства женщин в пременопаузе

симптомы усиливаются во время менструаций, при этом у женщин в период постменопаузы ВБВТ отмечается крайне редко [35].

Варикозная болезнь может вызывать развитие хронических воспалительных заболеваний придатков матки, эндометриоз, способствовать образованию спаек малого таза, опухолей матки и яичников [36].

Также известно о генетических изменениях, имеющих значение для развития патологического процесса. Установлено, что генетический компонент имеет место у половины женщин с ВБВТ. Определена зависимость между развитием ВБВТ и мутациями генов TIE2, NOTCH3, а также гена FOXC2. В исследовании Серяпиной Ю.В. (2018), в качестве прогностических параметров развития ВБВТ предлагают полиморфные варианты генов матричных металлопротеиназ-3 (MMP-3) и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) [27]. Генетические дефекты вызывают изменения венозных клапанов, что в свою очередь, приводит к их несостоятельности, прогрессивному рефлюксу и развитию варикозного расширения вен. Значительную роль в развитии варикоза также играет дисплазия соединительной ткани, приводящая к врожденной слабости сосудистой стенки и недостаточности клапанного аппарата вен.

При синдроме Марфана и Элерса-Данлоса, которые рассматриваются как врожденная дисплазия, варикозная болезнь малого таза сочетается с варикозным расширением вен нижних конечностей. Заболевание проявляется уже в подростковом возрасте. У них также определена связь между нарушением менструального цикла и врожденной неполноценностью соединительной ткани [37].

Определенное влияние на развитие ВБВТ оказывает нарушение реакции перекисного окисления липидов. С началом заболевания происходит компенсаторное увеличение активности антиоксидантных ферментов: супероксиддисмутазы и каталазы. Прогрессирование процесса ведет к снижению антиоксидантной защиты.

Установлено, что врожденные анатомические особенности также способствуют возникновению ВБВТ. Известно, что венозный отток из вен малого таза осуществляется путем впадения правой яичниковой вены в нижнюю полую вену, а левой яичниковой вены в левую почечную вену. При этом существенное значение имеет угол между аортой и верхней брыжеечной артерией. Его уменьшение вызывает компрессию почечной вены и приводит к тромбозу внутритазовых венозных. Эти изменения характерны для синдрома щелкунчика (nutcracker syndrome). Анатомической основой которого является внешняя компрессия левой почечной вены верхней брыжеечной артерией, развитием застоя в по-

чечных сосудах, что в свою очередь ведет к развитию вторичной ВБВТ [2].

Причиной развития ВРВТ также может являться синдром Мея-Тернера — сдавление левой общей подвздошной вены правой общей подвздошной артерией [38]. Представленный синдром может быть результатом регионарной перегрузки венозной сети, связанной с тромбозом левой почечной вены, тромбозом опухоли системы нижней полой вены, циррозом печени и врожденными пороками развития яичниковых вен [39].

Определенное значение имеет возраст и конституциональные характеристики женщин. В исследовании, проведенном в США Gibson K. (2017), пациентки с ВБВТ были достоверно старше по сравнению с женщинами без патологии [40].

Результаты исследований Гаврилова С.Г. подтвердили зависимость между более высоким индексом массы тела женщин и частотой развития у них ВРВТ, у этих пациенток чаще выявлялось ожирение. Так у пациенток с более низким индексом массы тела чаще выявлялась ассоциированность заболевания, что объяснялось более острым аортомезентерикальным углом коротким аортомезентерикальным расстоянием [41].

Клиническая картина ВБВТ также характеризуется значительным разнообразием симптомов: хронической тазовой болью, вульварным варикозом и нарушениями менструальной функции. Тазовая боль наиболее типичная жалоба женщин с ВБВТ. Боль может быть постоянной или рецидивирующей.

Первым отечественным ученым, описавшим клинические проявления хронических тазовых болей, ассоциированных с ВРВТ был В.Ф. Снегирев. Он обратил внимание на расширение крупных вен темно-багрового цвета, расположенных в области наружных половых органов у женщин. При влагалищном исследовании им также были обнаружены болезненные и плотные конгломераты в области придатков с обеих сторон.

В последующем ученый Соколов А.А. (1999) пришел к аналогичным выводам и описала несколько случаев расширения вен в области таза у женщин с хронической тазовой болью [42]. Болевой синдром у женщин с ВБВТ сохраняется не менее 6 месяцев. Боль в области таза может быть циклической или нециклической, давать иррадиацию в пояснично-крестцовую область и пах. Тазовая боль усиливается к началу менструации, а также во время полового акта. Отмечено, что для болевого симптома имеет значение и длительная статическая нагрузка: при длительном стоянии, сидении. Боль уменьшается в положении лежа с приподнятыми кверху ногами [43].

Хроническая боль в области таза встречается у каждой четвертой пациентки с ВРВТ. У этих женщин чаще отмечают дизурические нарушения в виде учащенного мочеиспускания, на фоне усиления болей. Нарушения мочеиспускания объясняют полнокровием вен мочевого пузыря. Одним из симптомов ВРВТ может быть гематурия, возникающая при синдроме мезоаортальной компрессии левой почечной вены.

Достаточно часто заболевание сопровождается нарушением менструальной функции в виде нерегулярных, обильных и длительных кровотечений [44].

Примерно 6 % случаев ВБВТ сочетается с бесплодием и привычным невынашиванием беременности. Эти патологические состояния связывают со значительной эпителиальной дисфункцией венозных стенок сосудов матки и яичников [45].

Для оценки симптомов ВРВТ в настоящее время применяются различные шкалы и опросники. Так Ахметзянов Р.В. (2019) предлагает использовать у женщин с ВБВТ специализированную шкалу клинической оценки тяжести заболевания — Pelvic Venous Clinical Severity Score (PVCSS). Представленная шкала включает 10 признаков заболевания и выражается в баллах. По мнению автора, клиническая шкала PVCSS позволяет охарактеризовать клиническую симптоматику заболевания и дать оценку эффективности проводимого лечения. Вместе с тем вышеописанные жалобы не являются патогномоничными, и могут встречаться при различных заболеваниях соматической, гинекологической, урологической, неврологической направленности [34]. У части женщин ВБВТ протекает бессимптомно («немая» ВБВТ), и выявляется только данными визуализирующих методик.

Учитывая вышеизложенное диагноз ВБВТ устанавливается на основании визуализации методом исключения других причин тазовых болей [46].

Особый интерес представляет течение ВБВТ в период беременности. Согласно данным представленным М.М. Шехтманом (2013), варикозная болезнь выявляется почти у 40% беременных женщин [47]. При этом уровень антенатальных потерь остается высоким и не имеет тенденции к снижению, а принципы индивидуального перинатального прогноза у женщин с ВБВТ не полностью разработаны. Это затрудняет предупреждение развития недостаточности фето-плацентарного комплекса и рождения ребенка в состоянии гипоксии [47].

Основная масса врачей акушеров-гинекологов считают беременность основной причиной развития варикозного синдрома у женщин, которая приводит к ХВН и отекам нижних конечностей [48]. Такие симптомы ВБ, как телеангиэктазии, выявляются у большинства бере-

менных женщин и проявляются непосредственно в период гестации [49].

Согласно данным Вальц И.А. в последнее время наблюдается устойчивый рост венозной патологии и чаще всего это повторнородящие женщины, старшего репродуктивного возраста, с отягощенным акушерским анамнезом. При этом только из них 8,2 % ВРВТ имели наследственный характер. Доля кесаревых сечений у них была примерно в 2 раза выше, чем в популяции, что свидетельствует о негативном влиянии ВБВТ процесс беременности в целом и формировании показаний для оперативного родоразрешения [50].

Из акушерских осложнений у женщин с ВБВТ чаще отмечаются: угрожающий выкидыш, преждевременный разрыв плодных оболочек, истмико-цервикальная недостаточность, предлежание плаценты, фетоплацентарная недостаточность, тяжелые гестозы и дискоординированная родовая деятельность. У этих пациенток послеродовый период чаще осложняется маточными кровотечениями, что объясняется повышенным уровнем активированного частичного тромбопластинового времени (АЧТВ) [51].

Беременность, по мнению большинства исследователей является важнейшим фактором риска формирования варикозной трансформации венозной сети таза. В период гестации происходит физиологическое увеличение сосудистой емкости вен таза в 60 раз по сравнению с нормой. Увеличивается диаметр вен, что в связи с менее развитым мышечным слоем стенки, не приводит к уменьшению диаметра вен до их нормального состояния в послеродовом периоде. Эти изменения способствуют ретроградному току крови и развитию несостоительности венозных клапанов. А повышение внутриполостного давления во время родов повышает риск кровотечений и увеличивает риск материнской смертности [52].

Также существенное значение имеет и гормональный фон у женщин с ВРВТ. Так, изменение уровня прогестерона, который оказывает влияние на мышечную стенку сосудов, способствует расслаблению гладкой мускулатуры и облегчает экстравазальную компрессию. Гормональная перестройка может быть связана не только с беременностью и родами, но и с периодами полового созревания, менопаузы [53].

Во время беременности риск тромботических осложнений значительно увеличивается, при этом особое значение оказывает патологические изменения вен [54].

Наиболее уязвимыми в плане развития ВБВТ в период гестации являются повторно беременные, женщины с ожирением, с отягощенной наследственностью по ве-

нозным заболеваниям [55]. К факторам риска развития варикозной болезни относят отягощенный семейный анамнез, переходный возраст, повышенное внутрибрюшное давление, вызванное беременностью, хроническим запором, опухолями и длительной статической нагрузкой [56]. При этом клапанная недостаточность яичниковых вен, приводит к патологическому рефлюксу в венах и способствует развитию ВРВТ. Замедление кровотока в расширенных венах, при функционально и анатомически измененных стенах сосудов, сниженной фибринолитической активности крови создает благоприятные условия для формирования тромбов особенно в период беременности [57].

Увеличение объема циркулирующей крови, которое считается физиологическим в период гестации, является фактором, способствующим развитию полнокровия вен таза [58].

Гаврилов С.Г. указывал на значение венозного давления в развитии варикозного расширения вен в период беременности, и отмечал, что увеличение притока крови к матке приводит к перегрузке вен малого таза и повышает венозное давление [44].

Представленные результаты гистологического изучения вен, удаленных в период беременности и в послеродовом периоде, подтверждают отсутствие таких изменений как очаги флегбосклероза, первичная гипертрофия мышечных волокон [59].

Основными факторами венозной недостаточности, во время гестации, являются: гиперкоагуляция, венозный застой, снижение венозного возврата, гиподинамия и слабость сосудистой стенки. Особое значение имеет дисфункция и повреждение эндотелия вен и недостаточность венозных клапанов, приводящие нарушению микроциркуляции [60].

Предрасполагающими факторами развития ВРВТ является генетическая предрасположенность, паритет родов, аорто-мезентериальная компрессия левой почечной вены, постстромбическая болезнь и венозные дисплазии [61].

Известно, что отток крови из органов малого таза происходит через систему внутренних подвздошных и гонадных вен. Яичниковые вены содержат клапаны и их количество в левой яичниковой вене варьируется от 2 до 4, в правой вене оно не превышает 2. Вертикальный рефлюкс приводит к изменению сосудистой стенки и образованию гроздевидных венозных сплетений. Это способствует развитию синдрома тазовой венозной недостаточности [62].

Недостаточность работы клапанного аппарата сосудов приводит к образованию пельвио-перинеального

венозного рефлюкса и вызывает расширение вен вульвы и ягодиц, а также увеличению вен на внутренней и задней поверхностях бедер. Нарушение сафено-феморального соединения сопровождается забросом крови по наружной срамной вене и приводит к образованию ВБ в области перинеума [63].

Варикозное расширение вен у беременных может проявляться как в сочетании с ХВН, так и без неё. В настоящее время ХВН рассматривается не как отдельное заболевание, а как патологическое состояние причиной которого является ВБ. При этом беременность и роды являются факторами риска развития ХВН.

ХВН это состояние, проявляющееся общим нарушением всех функций эндотелия вен и вызывающее сбои в регуляции сосудистого тонуса, проницаемости и увеличение проокоагулянтной, проагрегантной, антифибринолитической активности эндотелия сосудов [64].

Физиологические изменения в состоянии гемостаза в период беременности способствуют развитию ХВН за счет гиперкоагуляции и дисфункции эндотелия, которая приводит к снижению синтеза оксида азота. Эти изменения характерны для развития фетоплацентарной недостаточности и вызывают задержку внутриутробного развития плода [65].

Степень тяжести ХВН у беременных напрямую влияет на частоту акушерских осложнений и гемодинамических изменений. У этих женщин чаще выявляется угроза прерывания беременности, задержка внутриутробного роста плода, артериальная гипертензия и нарушения кровотока в плаценте [66].

Учитывая, что при тяжелом гестозе происходит увеличение концентрации фибриногена в крови и протромбинового индекса, а гиперкоагуляция является показателем претромбоза, у женщин с ВБВТ тромбы при варикозной болезни возникают в три раза чаще [67].

В беременной матке происходит нарушение венозного оттока, сжатие подвздошных вен и дистального отдела нижней полой. Происходит возникновение варикозного расширения вен вульвы. В III триместре нижняя полая вена значительно сужается и у части пациенток полностью перекрывается, в то время венозная кровь из нижних конечностей и таза оттекает по коллатеральным сосудам — позвоночному сплетению и восходящим поясничным венам. Сужение просвета нижней полой вены сохраняется даже в положении беременной на боку. Сдавление нижней полой и подвздошных вен беременной маткой приводит к венозной обструкции и увеличению венозной емкости, что сопровождается стазом крови [68]. При физиологической беременности стенки сосудов остаются неповрежденными, при этом

проявления эндотелиальных расстройств могут вызывать развитие венозной гипертензии. Рост давления в венозной системе нарушает баланс между гидростатическим и коллоидно-осмотическим давлением и может приводить к отекам.

Значимым фактором, играющим роль в развитии ВБ во время беременности, является агенезия или гипоплазия клапана сафено-феморального соустья. Врожденная недостаточность соединительной ткани при ВБ часто сочетается с грыжами, стриями на коже и плоскостопием [69].

В настоящее время варикозная болезнь рассматривается как системное поражение соединительной ткани, морфологической основой которой служит снижение уровня коллагена. [70].

Морфологические изменения в плаценте у женщин с варикозной болезнью выявляют: кальциноз, кисты, псевдоинфаркты, а также участки кровоизлияний [71].

Осложненное течение родов у женщин с ВБ связано с развитием тромбофлебитов, тромбоэмболии легочной артерии, кровотечениями во время родов и послеродовым периоде, дискоординацией и слабостью родовой деятельности, септическими послеродовыми заболеваниями. Среди детей, рожденных матерями с ВРВТ, чаще регистрируются асфиксии, выше перинатальные потери. Применение оперативных пособий у рожениц с ВБТ может вызывать развитие тромбозов глубоких вен таза и нижних конечностей. У них чаще развиваются гнойно-септические процессы [72].

## Выводы

Таким образом ВРВТ у беременных женщин остается актуальной проблемой современного акушерства и гинекологии, при котором многие аспекты диагностики и тактики ведения пациенток остаются спорными и требуют дальнейшего изучения.

## ЛИТЕРАТУРА

- Гаврилов С.Г., Карапкин А.В., Москаленко Е.П. [и др.] Состояние венозного оттока из малого таза после хирургической коррекции пельвио-перинеального рефлюкса. Ангиология и сосудистая хирургия. 2018; 24 (4): 90–94. URL: <https://www.angiosurgery.org/magazine/2018/4/12.htm>
- Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен. Флебология. 2013; 7 (2): 6–48. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/flebologiya/2013/2>
- Волков А.Е. Эхосемиотика варикозного расширения вен малого таза. Эхография. 2000; 1 (1): 55–59.
- J. Liu, L. Han, X. Han. The Effect of a Subsequent Pregnancy After Ovarian Vein Embolization in Patients with Infertility Caused by Pelvic Congestion Syndrome. Acad Radiol. 2019; 26 (10): 1373–1377. DOI: 10.1016/j.acra.2018.12.024
- Ахметзянов Р.В., Бредихин Р.А., Фомина Е.Е. [и др.] Гистологические изменения стенки яичниковой вены при варикозной болезни таза. Флебология. 2020; 14 (3): 166–174. DOI: 10.17116/flebo202014031166
- Богачев В.Ю. Варикозная болезнь во время и после беременности. Гинекология. 2006; 8 (5): 26–30. URL:
- Фомина Е.Е., Ахметзянов Р.В., Бредихин Р.А. [и др.] Современный взгляд на проблему варикозной болезни вен таза (обзор литературы). Современные технологии в медицине. 2018; 10 (2): 166–174. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremenennyj-vzglyad-na-problemu-varikoznoy-bolezni-ven-taza-obzor>.
- Шанаев И.Н. Современные представления о механизмах развития варикозной и посттромботической болезней. Кубанский научный медицинский вестник. 2020; 27 (1): 105–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-mehanizmakh-razvitiya-varikoznoy-i-posttromboticheskoy-bolezney>.
- Сапин М.Р., Никитюк Д.Б., Швецов Э.В. Атлас нормальной анатомии человека. Москва: МЕДпресс; 2021. 632. URL:
- Asciutto G. Pelvic vein incompetence: a review of diagnosis and treatment. Phlebology. 2012; 19 (2): 84–90. URL:
- Сапин М.Р. Анатомия человека. Том 2 — М.: Медицина, 1986. — 480 с.
- Грищенкова А.С., Гаврилов С.Г. Современные представления о патогенезе, методах оценки и коррекции тазовой венозной боли. Флебология. 2022; 16 (2): 145–155. DOI: 10.17116/flebo202216021145
- Красенков Ю.В. Варикозная болезнь вен малого таза. Вопросы этиологии, патогенеза, клиники и диагностики заболевания (обзор литературы). Репродуктивная медицина: новые тенденции и неразрешенные вопросы: Материалы Всероссийской научной Интернет-конференции с международным участием. Казань; 2014. 33–37. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22282155>
- Калмыков Е.Л. Обзор материалов по сосудистой хирургии Конгресса Международного общества хирургов (Хельсинки, Финляндия, 25–29 августа 2013 года). Ангиология и сосудистая хирургия. 2014; 20 (1): 155–158. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21270584>
- Azirar S., Appelen D., Prins M.H. [et al.] Compression therapy for treating post-thrombotic syndrome. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2019; 9 (9): CD004177. DOI: 10.1002/14651858.CD004177.pub2
- Богачев В.Ю. Варикозная болезнь вен малого таза. Гинекология. 2006; 8 (4): 64–65.
- Э.Г. Герейханова, X.М. Омарова, Э.С.А. Ибрагимова [и др.] Беременность как причина возникновения варикозного расширения вен половых органов. Уральский медицинский журнал. 2019; 171 (3): 44–49. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37240686>
- Durham J.D., Machan L. Pelvic congestion syndrome. Semin Intervent Radiol. 2013; 30 (4): 372–380. DOI: 10.1055/s-0033-1359731
- Jones T., Cassada D., Heidel R. [et al.] Maximal venous outflow velocity: an index for iliac vein obstruction. Annals of Vascular Surgery. 2012; 26 (8): 1106–1113. DOI: 10.1016/j.avsg.2012.02.007

20. May R., Thurner J. The cause of the predominantly sinistral occurrence of thrombosis of the pelvic veins. *Angiology*. 1957; 8 (5): 419–427. DOI: 10.1177/000331975700800505
21. De Schepper A. Nutcracker phenomenon of the renal vein and venous pathology of the left kidney. *Journal Belge de Radiologie*. 1972; 55 (5): 507–511. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4660828/>
22. Hartung O., Barthelemy P., Berdah S. [et al.] Laparoscopy-assisted left ovarian vein transposition to treat one case of posterior nutcracker syndrome. *Annals of Vascular Surgery*. 2009; 23 (3): 413.e13–413.e16. DOI: 10.1016/j.avsg.2008.08.026
23. Rabe E., Pannier-Fischer F., Bromen K. [et al.] Epidemiological study to investigate the prevalence and severity of chronic venous disorders in the urban and rural residential populations. *Phlebologie*. 2003; 32 (1): 1–14. DOI: 10.1055/s-0037-1617353
24. Садриев О.Н., Калмыков Е.Л., Гаибов А.Д. [и др.] Рецидив варикозной болезни после флебэктомии. *Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова*. 2016; 24 (1): 86–90. URL:
25. A. Basile, G. Failla, C. Gozzo Pelvic Congestion Syndrome. *Semin Ultrasound CT MR*. 2021; 42 (1): 3–12. DOI: 10.1053/j.sult.2020.07.001
26. Blackwell R.E., Olive D.L. *Chronic Pelvic Pain : Evaluation and Management*. New York: Springer-Verlag. 1998; 215–239. DOI: 10.1007/978-1-4612-1752-7
27. Серяпина Ю.В., Севостьянова К.С., Тулупов А.А. [и др.] Генетические предикторы варикозной болезни малого таза: пилотное исследование. *Флебология*. 2018; 12 (1): 25–29. DOI: 10.17116/flebo201812125-29
28. Цуканов Ю.Т., Цуканов А.Ю., Левданский Е.Г. Поражение тазовых органов при вторичном варикозном расширении вен малого таза. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2015; 21 (2): 94–100. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23417052>
29. Сулима А.Н., Жуков О.Б., Рыбалка А.Н. Синдром тазовой конгестии и проблемы репродукции: междисциплинарный подход. *Андрология и генитальная хирургия*. 2020; 21 (4): 31–39. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44688556>
30. Ahmed O., Ng J., Patel M. [et al.] Endovascular stent placement for May–Thurner syndrome in the absence of acute deep vein thrombosis. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2016; 27 (2): 167–173. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.10.028
31. Dabbs E., Nemchand JL., Whiteley MS. Suprapubic varicose vein formation during pregnancy following pre-pregnancy pelvic vein embolisation with coils, without any residual pelvic venous reflux or obstruction. *SAGE Open Med Case Rep*. 2017; 5: 2050313X17724712. DOI: 10.1177/2050313X17724712
32. Oklu R., Habito R., Mayr M. [et al.] Pathogenesis of varicose veins. *J Vasc Interv Radiol*. 2012; 23 (1): 33–39. DOI: 10.1016/j.jvir.2011.09.010
33. Гаврилов С.Г., Москаленко Е.П., Каракин А.В. [и др.] Является ли диаметр тазовых вен предиктором тазового венозного полнокровия? *Флебология*. 2017; 11 (1): 28–31. DOI: 10.17116/flebo201711128-31
34. Ахметзянов Р.В., Бредихин Р.А., Фомина Е.Ф. [и др.] Гистологические изменения стенки яичниковой вены при варикозной болезни таза. *Флебология*. 2020; 14 (3): 166–74. DOI: 10.17116/flebo202014031166
35. Gibson K., Minjarez R., Ferris B. [et al.] Clinical presentation of women with pelvic source varicose veins in the perineum as a first step in the development of a disease-specific patient assessment tool. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2017; 5 (4): 493–499. DOI: 10.1016/j.jvsv.2017.03.012
36. Шостак В.А. Варикозная болезнь и хроническая венозная недостаточность в практике гинеколога. *Медицинские новости*. 2012; 10: 29–32 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/varikoznaya-bolezni-i-hronicheskaya-venoznaya-nedostatochnost-v-praktike-ginekologa>
37. Морозова Т.И., Переходова И.Г. Проявление мезенхимальной дисплазии соединительной ткани у женщин с менструальной дисфункцией. *Бюллетень медицинской науки*. 2019; 4 (16): 26–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proyavlenie-mezenhimalnoy-displazii-soedinitelnoy-tkani-u-zhenschin-s-menstrualnoy-disfunktsiey>
38. Волков А.Е. Эхосемиотика варикозного расширения вен малого таза //Эхография. — 2000. — № 1 (1). — С. 55–59.
39. Гаврилов С.Г., Кириенко А.И., Мишнев О.Д. [и др.] Варианты анатомического строения яичниковых вен. *Анналы хирургии*. 2004; 3: 72–76. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17033950>
40. Gibson, K. Clinical presentation of women with pelvic source varicose veins in the perineum as a first step in the development of a disease-specific patient assessment tool / K. Gibson, R. Minjarez, B. Ferris, M. Neradilek, M. Wise, J. Stoughton, M. Meissner // *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. — 2017. — Vol.5. — №4. — P.493–499.
41. Гаврилов С.Г., Кириенко А.И. Варикозная болезнь таза. Москва: Планида ТМ; 2015. 180. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010753772/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010753772/)
42. Соколов А.А., Цветкова Н.В. Варикозное расширение овариальных вен: диагностика и лечение. *Sonoace International*. 1999; 4: 12–22. URL: <https://www.medison.ru/si/art37.htm>
43. Taylor H.C. Vascular congestion and hyperemia; their effects on structure and function in the female reproductive system. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1946; 57: 637–653. DOI: 10.1016/0002-9378(49)90704-8
44. Гаврилов С.Г., Кириенко А.И. Варикозная болезнь таза. Москва: Планида ТМ; 2015. 104. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_010753772/](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_010753772/)
45. Андронова Д.И., Муравьева В.И., Костечук Д.С. [и др.] Варикозное расширение вен органов малого таза у женщин в репродуктивном возрасте и в постменопаузе. Актуальные вопросы современной медицины: материалы VII Дальневосточного медицинского молодежного форума. Хабаровск: Дальневосточный государственный медицинский университет; 2023. 332–334. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54947665>
46. Герейханова Э.Г., Омарова Х.М., Магомедова И.Х. [и др.] Беременность как причина возникновения варикозного расширения вен половых органов (обзор литературы). *Уральский медицинский журнал*. 2019; 171 (3): 44–49. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37240686>
47. Шехтман М.М. Руководство по экстрагенитальной патологии у беременных. Москва: Триада-Х; 2013. 896. <https://www.elibrary.ru/qlzksj>
48. Vandenbosche R.C., Kirchner J.T. Intrauterine growth retardation. *Am. Fam. Phys.* 1998; 58 (6): 1384–1390. URL: <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/1998/1015/p1384.html>

49. Соколян А.В., Мурашко А.В., Кречетова Л.В. [и др.] Значение ангиогенного фактора роста в патогенезе гестоза у беременных с варикозной болезнью. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2008; 145 (4): 464–466. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10336722>
50. Вальц И.А., Абукеримова А.К. Патология вен у женщин в период беременности и родов //Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации: материалы 53-й ежегодной Всероссийской конференции студентов и молодых ученых, посвященной 90-летию доктора медицинских наук, профессора, члена-корреспондента Российской академии естествознания Бышевского А.Ш. — Тюмень, 27–28 марта 2019 года. — Тюмень: РИЦ «Айвекс», 2019. — С. 391–392.
51. Буданов П.В., Лебедев В.А. Особенности профилактики и лечения варикозной болезни вен у беременных. Трудный пациент. 2008; 6 (1): 27–29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-profilaktiki-i-lecheniya-varikoznoy-bolezni-ven-u-beremennyy>
52. Богачев В.Ю., Стойко Ю.М., Гаврилов С.Г. [и др.] Варикозная болезнь. Сосудистая хирургия. Национальное руководство. Краткое издание. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2014. 405. URL: [https://static-eu.insales.ru/files/1/2456/12077464/original/sosudistaya\\_hir.pdf](https://static-eu.insales.ru/files/1/2456/12077464/original/sosudistaya_hir.pdf)
53. Бредихин Р.А., Игнатьев И.М., Фомина Е.Е. [и др.] Диагностика и лечение варикозной болезни вен малого таза. Ангиология и сосудистая хирургия. 2012; 18 (1): 63–9. URL: <https://angiolsurgery.org/magazine/2012/1/9.htm>
54. Danilenko-Dixon D.R., Heit J.A., Silverstein M.D. [et al.] Risk factors for deep vein thrombosis and pulmonary embolism during pregnancy or postpartum: a population-based, case-control study. Am. J. Obstet. Gynecol. 2001; 184 (1): 104–110. DOI: 10.1067/mob.2001.107919
55. Савельева Г.М., Федорова М.В., Клименко П.А. [и др.] Плацентарная недостаточность. Москва: Медицина; 1991. 272. URL: <https://akusher-lib.ru/books/platsentarnaya-nedostatochnost/>
56. Евдокимов А.Г., Тополянский В.Д. Болезни артерий и вен. Москва: МЕДпресс-информ; 2012. 345. URL: <https://medpress.tmweb.ru/upload/iblock/2db/l3xbqod60v5oiq5f82zo9hqu1vxfu9h/bfc7e6d9b9c59ac1041001a0db1bda4d.pdf>
57. Камаев А.А., Булатов В.Л., Вахратьян П.Е. [и др.] Варикозное расширение вен. Флебология. 2022; 16 (1): 41–108. DOI: 10.17116/flebo20221601141
58. Савельева Г.М., Сухих Г.Т., Серов В.Н. [и др.] Акушерство: национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022. 1080. URL: <https://medknigaservis.ru/product/akusherstvo-natsionalnoe-rukovodstvo-el-versiya-2/>
59. Шевченко Ю.Л., Стойко Ю.М., Гудымович В.Г. [и др.] Гликокаликс — определяющий фактор в развитии эндотелиальной венозной дисфункции и возможности ее коррекции. Ангиология и сосудистая хирургия. 2020; 26 (4): 71–77. DOI: 10.33529/ANGIO2020404
60. Gordon M.C., Gabbe S.G., Niebyl J.R. [et al.] Maternal physiology. Obstetrics: normal and problem pregnancies. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2007. 55–84. DOI: 10.1016/B978-0-443-06930-7.50005-0
61. Юпатов Е.Ю., Мальцева Л.И., Игнатьев И.М. [и др.] Физиологические и патологические изменения вен малого таза в практике акушера-гинеколога, невролога и сосудистого хирурга. Практическая медицина. 2013; 1 (66): 92–97. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-i-patologicheskie-izmeneniya-ven-malogo-taza-v-praktike-akushera-ginekologa-nevrologa-i-sosudistogo-hirurga> (дата обращения: 26.08.2025).
62. Hobbs JT. The pelvic congestion syndrome. Practitioner. 1976; 216 (1295): 529–540. URL: <https://scispace.com/papers/the-pelvic-congestion-syndrome-det54qt962>
63. Lechter A., Lopez G., Martinez C. [et al.] Anatomy of the gonadal veins: a reappraisal. Surgery. 1991; 109 (6): 735–739. URL: [https://www.surgjournal.com/article/0039-6060\(91\)90419-M/abstract](https://www.surgjournal.com/article/0039-6060(91)90419-M/abstract)
64. Кулаков В.И. Клинические рекомендации «Акушерство и гинекология». Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2008. 212. URL: <https://studfile.net/preview/3598985/page:22/>
65. Маризоева М.М., Садриев О.Н., Калмыков Е.Л. [и др.] Течение родов у женщин с варикозной болезнью. Российский медицинский и биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2017; 25 (1): 97–102. DOI: 10.23888/PAVLOVJ2017197-102
66. Куракина К.Э., Абукеримова С.К. Оценка варикозного расширения вен у беременных с учетом гемодинамического сдвига. Смоленский медицинский альманах. 2023; 2: 171–173. DOI: 10.37903/SMA.2023.2.51
67. Kirkilesis G., Kakkos S.K., Bicknell C. [et al.] Treatment of distal deep vein thrombosis. Cochrane Database Syst Rev. 2020; 4 (4): CD013422. DOI: 10.1002/14651858.CD013422.pub2
68. Юпатов Е.Ю. Хроническая венозная недостаточность и беременность. Практическая медицина. 2009; 2 (34): 44–48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17772307>
69. Мурашко А.В. Заболевания вен и беременность. Гинекология. 2005; 7 (5–6): 316–318. URL:
70. Мозес В.Г., Мозес К.Б. Клинические проявления системного поражения соединительной ткани у женщин раннего репродуктивного возраста с варикозным расширением вен малого таза. Бюллетень сибирской медицины. 2006; 5 (1): 87–90. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20206864>
71. Кропмаер К.П. Плацентарные нарушения у беременных с варикозной болезнью: автореф. дис. . . . канд. мед. наук. Омск; 2012. 22. URL: <http://weblib.omsk-osma.ru/fulltext/d44/assets/basic-html/page1.html>
72. Кафарова Э.Г. Оптимизация ведения беременности у женщин с варикозным расширением вен наружных и внутренних половых органов: дис. . . . канд. мед. наук. Москва; 2024. 164. URL: <https://moniag.ru/upload/images/modules/catalogs/Dissertatsiya-Kafarovoj-E.G..pdf>

© Богдасаров Азат Юрьевич (azat-01@mail.ru); Давидян Лиана Юрьевна (dliana2009@mail.ru);

Баев Дмитрий Сергеевич (dimka270798@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ УСПЕШНОГО РОДОРАЗРЕШЕНИЯ ПАЦИЕНТКИ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ В АНАМНЕЗЕ И ПРОВЕДЕНИЕМ АБДОМИНАЛЬНОГО СЕРКЛЯЖА

## A CLINICAL CASE OF SUCCESSFUL DELIVERY OF A PATIENT WITH A HISTORY OF CERVICAL CANCER AND ABDOMINAL CERCLAGE

**Sh. Dzhanibekova**  
**S. Gaidukov**  
**M. Konovalova**  
**I. Matevosyan**  
**L. Kurdynko**

**Summary.** The current clinical study focuses on the management of a pregnancy in a patient with a long history of severe gynaecological conditions, including severe cervical dysplasia that required radical surgical intervention, as well as the presence of significant obstetrical risk factors. Particular emphasis is placed on implementing a comprehensive approach aimed at preventing complications and ensuring favourable outcomes. The study was conducted using the medical records of a patient who had a history of cervical intraepithelial neoplasia (CIN) and subsequent conization procedures, cervical cerclage surgeries, and uterine operations. The primary methods employed included dynamic cytological surveillance, laboratory testing for anti-nuclear antibodies (ANA), annexin V levels, and markers associated with pre-eclampsia and premature birth risk, as well as planned caesarean section at 39 weeks of gestation using standard surgical procedures. Preventive measures such as antibiotic therapy and thromboprophylaxis were also implemented. The pregnancy culminated in the successful birth of a full-term male infant, with excellent Apgar scores. The patient underwent a scheduled cesarean section, which was performed without complications for both the mother and the newborn. To mitigate the risk of thromboembolic events and recurrence of oncological pathology, preventive measures were implemented. Long-term monitoring confirmed the stability of the pathological changes and the lack of signs of recurrence. A comprehensive multidisciplinary approach, including meticulous planning of delivery, proactive measures to prevent complications, and surgical techniques to reinforce the cervix, contributed to ensuring safe outcomes in a case of high obstetrical complexity. This instance exemplifies the efficacy of contemporary management strategies for pregnant individuals with severe gynecological conditions, emphasizing the significance of personalized care in achieving favorable outcomes.

**Keywords:** gestation, carcinoma of the cervix, istmicocervical insufficiency, cerclage, caesarean section.

**Джанибекова Шерифат Салиховна**  
 кандидат медицинских наук, ассистент,  
 ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный  
 педиатрический медицинский университет  
 Минздрава России, Санкт-Петербург

**Гайдуков Сергей Николаевич**  
 доктор медицинских наук, ФГБОУ ВО Санкт-  
 Петербургский государственный педиатрический  
 медицинский университет Минздрава России  
 gaiducovsn@yandex.ru

**Коновалова Марина Владиславовна**  
 кандидат медицинских наук, ФГБОУ ВО Санкт-  
 Петербургский государственный педиатрический  
 медицинский университет Минздрава России  
 marinavladyslavovna@mail.ru

**Матевосян Ирина Эдиковна**  
 кандидат медицинских наук, ФГБОУ ВО Санкт-  
 Петербургский государственный педиатрический  
 медицинский университет Минздрава России  
 imatevosyn@mail.ru

**Курдынко Людмила Витальевна**  
 кандидат медицинских наук, ассистент,  
 заведующая послеродовым отделением  
 Перинатального центра ФГБОУ ВО Санкт-  
 Петербургский государственный педиатрический  
 медицинский университет Минздрава России,  
 L.kurdynko@yandex.ru

**Аннотация.** Настоящее клиническое исследование посвящено ведению беременности у женщины с многолетним анамнезом тяжелых гинекологических заболеваний, включая дисплазию шейки матки высокого риска, карциному *Ca in situ*, проведенные радикальные хирургические вмешательства и наличие факторов высокого акушерского риска. Особое внимание уделяется комплексному подходу к профилактике осложнений и обеспечению безопасных исходов. В качестве объекта исследования — медицинская документация пациентки с историей дисплазии шейки матки (*Ca in situ*), выполненные конизациями, серкляжами шейки матки, а также перенесенными операциями на матке. Ведущие методы включали динамическое цитологическое наблюдение, лабораторные исследования (антинуклеарные антитела, annexin V, показатели риска преэклампсии и преждевременных родов), плановое кесарево сечение на сроке 39 недель с использованием стандартных хирургических техник и профилактических мер (антибиотикотерапия, тромбопрофилактика). Беременность завершилась благополучным родоразрешением доношенного мальчика с хорошими показателями по шкале Апгар. В ходе оперативного вмешательства у пациентки успешно выполнено плановое кесарево сечение без осложнений у матери и новорожденного. Проведены профилактические мероприятия для снижения риска тромбоэмболии и рецидива онкологии. Многолетнее наблюдение подтвердило стабильность патологических изменений и отсутствие признаков



Рак шейки матки остается одной из наиболее актуальных проблем здравоохранения на глобальном уровне, занимая третье место среди всех онкологических заболеваний у женщин репродуктивного возраста. По данным 2023 года, число новых случаев заболевания достигло почти 700 тысяч в мире [1,2,3]. В Российской Федерации заболеваемость предраковыми состояниями и раком шейки матки остается стабильной, ежегодно диагностируется свыше 15 тысяч новых случаев у женщин. Особенно часто рак шейки матки регистрируется в возрастной группе 25–35 лет, где он занимает первое место среди злокачественных новообразований у женщин и составляет около 21–23 % от всех онкологических диагнозов. Каждый год в России рак шейки матки становится причиной смерти около шести тысяч женщин (в 2022 году — 6112 случаев, в 2023 — 5943 случаев), что составляет около 5 % всех смертельных исходов от онкологических заболеваний у женщин [4, 5, 6]. При беременности рак шейки матки находится на первом месте среди остальных злокачественных заболеваний и составляет 0,17 — 4,1 %. Среди больных раком шейки матки беременность встречается в 1,3–4,2 %. При этом преинвазивная карцинома *in situ* выявляется — 1:770 беременных.

Современная онкология все больше ориентируется на повышение качества жизни пациентов, в том числе за счет использования органосохраняющих методов лечения. При предраковых состояниях и микроинвазивных формах рака шейки матки возможны минимально травматичные хирургические вмешательства, такие как конизация или высокая ампутация шейки матки. Однако такой объем вмешательства приводит к органической истмико-цервикальной недостаточности (ИЧН). В результате этого длина оставшейся части шейки зачастую не превышает 2 см [7,8].

Распространенность ИЧН варьирует в широком диапазоне: по данным различных исследований, она составляет от 1,5–8,7 % до 7,2–13,5 %, и является одним из ключевых факторов невынашивания беременности и преждевременных родов. Следует отметить, что преждевременные роды и невынашивание остаются одной

ков рецидива. Комплексный междисциплинарный подход, включающий своевременное планирование родоразрешения, профилактику осложнений и использование хирургических методов укрепления шейки матки, позволил обеспечить безопасные исходы при высокой акушерской сложности. Данный случай демонстрирует эффективность современных методов ведения беременных женщин с тяжелыми гинекологическими патологиями и подчеркивает важность индивидуализированного подхода для достижения благоприятных результатов.

**Ключевые слова:** беременность, рак шейки матки, истмико-цервикальная недостаточность, серкляж, кесарево сечение.

из острых проблем современного акушерства из-за высокой частоты осложнений и перинатальной смертности. В мире ежегодно рождается около 15 миллионов недоношенных детей, а их доля в структуре перинатальной смертности достигает 70–75 % [7,9,10].

Несомненно, вопросы профилактики и своевременного лечения ИЧН после органосохраняющих операций остаются приоритетными для снижения риска осложнений у беременных женщин и повышения выживаемости недоношенных детей [11,16,17].

Таким образом, рак шейки матки остается одной из ведущих причин онкологической заболеваемости среди женщин репродуктивного возраста. Современные методы диагностики и лечения позволяют достигать высоких показателей выживаемости, однако вопросы сохранения репродуктивной функции остаются актуальными. В случае наличия предраковых и ранних онкологических изменений, таких как дисплазии высокой степени и карцинома *Ca in situ*, лечение зачастую включает хирургические вмешательства, что может осложнить течение беременности и родоразрешения. Важным аспектом является правильная тактика ведения беременных женщин, имеющих в анамнезе онкологические заболевания шейки матки [4,6].

Настоящее клиническое исследование посвящено анализу случая успешного родоразрешения у женщины, имеющей в анамнезе карциному *Ca in situ* и наложение профилактического абдоминального серкляжа на шейку матки. В рамках работы была проанализирована медицинская документация с 2009 по 2024 г.: выписные эпикризы, данные ультразвуковой диагностики, данные лабораторных исследований, заключения врачей-специалистов.

Перед началом работы с медицинской документацией у пациентки С., 46 лет, было взято информированное добровольное согласие на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в рамках данного исследования.

### Клинический случай

Пациентка встала на учет по беременности 28.05.2024 г. на сроке 12 недель беременности. При сборе анамнеза установлен крайне отягощенный акушерско-гинекологический анамнез. Выяснено, что настоящая беременность третья. Первая закончилась самопротивольным выкидышем на 20 неделе беременности (2016 г.), вторая (2019 г.) — преждевременными родами на 24-й неделе и смертью новорожденного. Родоразрешена путем операции кесарева сечения, так как в 2018 году в связи с истмико-цервикальной недостаточностью до беременности был осуществлен лапароскопический серклаж. После 1 беременности в 2017 г. — гистероскопия, иссечение перегородки матки. Настоящая беременность третья наступила в результате экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) с использованием метода интрацитоплазматической инъекции спермы (ИКСИ), которое привело к беременности при пятой попытке.

В 2009 г. в возрасте 31 год выявлена дисплазия шейки матки CIN II-III ст., в связи с чем проведена диатермоэксизия шейки матки. Последующее цитологическое наблюдение показало сохраняющееся поражение шеечного канала, что потребовало выполнения 21.01.2010 г. повторной электроконизации шейки матки с высаживанием цервикального канала. Гистологическое исследование выявило фрагменты эндометрия пролиферативного типа и наличие плоскоклеточного эпителия с признаками карциномы Ca *in situ*. Дальнейшее динамическое наблюдение показало отсутствие рецидива. А 07.06.2023 г. в связи с планированием беременности и существующими изменениями со стороны шейки матки выполнен повторный лапароскопический серклаж.

В ходе динамического наблюдения за настоящей беременностью дополнительные лабораторные исследования выявили носительство антинуклеарных антител (ANA) в титре 1:80; транзиторное носительство антианексин V — 7,0 Ед/мл; высокий риск преэклампсии (1:51); показатели задержки роста плода составили 1:8; риск преждевременных родов. Диагностирована умеренная гомоцистинемия, компенсированная проводимой терапией, а также латентный дефицит железа без клинических проявлений анемии, потребовавший назначение пероральных препаратов железа. В соответствии с существующими протоколами с целью предупреждения прерывания беременности применялся интравагинально ут疆естан.

29.11.2024 года поступила в перинатальный центр на сроке 39 недель беременности и признаками умеренной преэклампсии для родоразрешения путем операции кесарева сечения в плановом порядке.

02.12.2024 г. произведена лапаротомия по Пфенненштилю с иссечением старого кожного рубца. Вскрыта

пузырно-маточная складка, в нижнем сегменте матки выполнен разрез скальпелем, края раны разведены в стороны. Затем произведено вскрытие плодного пузыря. Толщина миометрия в области нижнего сегмента составила 2 мм по всей длине. Объем и характер вод — умеренное количество светлых околоплодных вод без запаха. Плод извлечен за ножки из поперечного положения на 5-й минуте операции. Новорожденный — доношенный мальчик с массой 3300 г и длиной 52 см, с оценкой по шкале Апгар 8/9 баллов, без видимых пороков развития. Отделен от матери и передан неонатологу. Послед был удален потягиванием за пуповину, плацента отделилась самостоятельно. Структура плаценты без особенностей. Полость матки осушена стерильной салфеткой, внутривенно введен окситоцина. Разрез на матке ушит двухрядным непрерывным мышечно-мышечным швом PGA (шовный материал на основе полигликолиевой кислоты). Выполнена перитонизация пузырно-маточной складкой. По задней стенке матки выше внутреннего зева визуализировался узел от абдоминального серклажа. Имелись признаки перенесенного периметрита. Придатки матки без патологических изменений. Стерилизация маточных труб не выполнялась. При ревизии брюшной полости патологий не выявлено. Послойное ушивание передней брюшной стенки наглухо; кожный шов — косметический, рассасывающийся.

Общий объем кровопотери составил около 600 мл. Послед осмотрен цел. В связи с перенесенным периметритом и высоким риском осложнений продолжена антибиотикотерапия цефтриаксоном (2 г в/в один раз в сутки) на протяжении пяти дней. Течение послеродового (послеоперационного) периода без осложнений. Ребенок развивается нормально.

Данный клинический случай представляет собой наблюдение беременной женщины с отягощенным акушерско-гинекологическим анамнезом. При анализе данных медицинской документации необходимо отметить, что пациентка относится к группе женщин старшего репродуктивного возраста, имеющей в анамнезе невынашивание беременности и отсутствие живых детей, с отягощенным гинекологическим анамнезом карциномой Ca *in situ*, а также фактом наступления беременности после неоднократных попыток ЭКО. При углубленном обследовании выявлено носительство антител ANA (1:80). Антинуклеарные антитела (ANA) представляют собой группу аутоантител, направленных против структурных компонентов клеточного ядра. Их наличие служит важным маркером для диагностики аутоиммунных патологий. В области гинекологии выявление ANA может быть связано с различными видами клинической патологии, включая бесплодие, невынашивание беременности и др. Однако следует подчеркнуть, что обнаружение ANA не обязательно свидетельствует о наличии патологического процесса, поскольку их присутствие может

быть обнаружено и у здоровых лиц без клинических проявлений [12,13]. Так же у пациентки было определено транзиторное носительство антител к аннексину V с уровнем 7 ед/мл. Следует отметить, что аннексин представляют собой семейство белков, обладающих способностью связывать фосфолипиды, такие как эфиры многоатомных спиртов и жирных кислот. Эти белки выполняют важные функции в клеточном метаболизме, включая транспорт органелл, передачу сигнала, а также участие в регуляции деления и роста клеток, а также в процессе апоптоза. Одним из наиболее исследованных является аннексин V. При отсутствии патологий аннексин V локализуется в эндотелиальных клетках сосудистого слоя и синцитиальном слое трофобласта. В физиологических условиях аннексин V выполняет роль естественного антикоагулянта; формирует защитный слой на внутренней поверхности сосудов и ворсин трофобласта. Этот слой препятствует участию фосфолипидов клеточной мембраны в активации системы свертывания, тем самым обеспечивая целостность сосудистого русла и плацентарных структур [14,15]. Наличие антител у пациентки к аннексину V в кровотоке нарушает этот антикоагулянтный механизм, что способствует развитию тромбозов и сосудистых осложнений, самопроизвольного прерывания беременности. Поэтому их наличие служит важным маркером патологической активации иммунной системы и повышенной склонности к тромбообразованию и невынашиванию. Учитывая отягощенный акушерско-гинекологический анамнез, особенности наступления беременности, оправдано было принято решение о плановом абдоминальном родоразрешении на сроке 39 недель беременности. Причем для оперативного родоразрешения было достаточно наличия у беременной только лапароскопического серкляжа. В связи с высоким риском развития тромбоэмбологических осложнений (оценка риска ВТЭО — 8 баллов), было рекомендовано проведение профилактических мероприятий, включающих назначение низкомолекулярных гепаринов на протяжении не менее 6 недель после родов, а также использование компрессионного трикотажа для снижения риска тромбозов. Правильная оценка клинической ситу-

ации обеспечила безопасное родоразрешение у женщины с высоким акушерским риском, а также снизила вероятность развития тромбоэмбологических осложнений в послеродовом периоде.

Данный клинический случай демонстрирует возможность безопасного ведения беременности у женщин после проведения радикальных хирургических вмешательств по поводу карциномы Ca *in situ*.

Особое значение имеет применение профилактического абдоминального серкляжа, позволяющего снизить риск невынашивания беременности. Данный клинический случай показал, что при правильной тактике ведения и родоразрешения возможно достижение благоприятных акушерских исходов как для матери, так и плода.

Данный клинический случай иллюстрирует успешное ведение беременности у женщины с многолетним анамнезом тяжелых гинекологических заболеваний, включая дисплазию шейки матки высокого риска и проведенные радикальные хирургические вмешательства, а также с учетом возрастных особенностей и системных факторов риска. Комплексный подход, включающий своевременное планирование родоразрешения методом кесарева сечения, профилактику тромбоэмбологических осложнений и использование хирургических методов коррекции ИЦН, позволил обеспечить безопасные исходы для матери и плода. Следует подчеркнуть особое значение использования абдоминального серкляжа у данной категории пациенток и тромбопрофилактики, что способствует снижению риска наступления преждевременных родов и сосудистых осложнений. Этот случай демонстрирует возможность достижения благоприятных акушерских результатов при наличии онкологической патологии и крайне отягощенном анамнезе при строгом наблюдении и индивидуализированном подходе. Полученные данные свидетельствуют об эффективности современных методов профилактики и лечения в обеспечении безопасной беременности у женщин с тяжелой гинекологической патологией.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Riano I., Contreras-Chavez P., Pabon C.M. An overview of cervical cancer prevention and control in Latin America and the Caribbean Countries // Hematol. Oncol. Clin. North Am. 2024. Vol. 38. No. 1. P.13–33.
2. Pilleron S., Cabasag C.J., Ferlay J. Cervical cancer burden in Latin America and the Caribbean: Where are we? // Int. J. Cancer. 2020. Vol. 147. No. 6. P. 1638–1648.
3. Hemminki K., Førsti A., Liska V. Long-term survival trends in solid cancers in the Nordic countries marking timing of improvements // Int. J. Cancer. 2023. Vol. 152. No. 9. P.1837–1846.
4. Мерабишвили, В.М., Бахидзе, Е.В., Урманчеева , А.Ф. и Берлев , И.В. 2024. Рак шейки матки: сравнительное исследование заболеваемости, смертности и выживаемости в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации и в странах Северной Европы // Вопросы онкологии. 2024. № 70. С. 470–480.
5. Акматбекова Д.А. Ранняя диагностика рака шейки матки: ключ к здоровью // In The World Of Science and Education. 2025. №3. С. 32–35.
6. Давлетияров Т.И., Омарова Ф.М., Сарбасова Д.Н. Рак шейки матки: эпидемиология, диагностика и современные методы лечения // Endless light in science. 2025. № 3. С. 56–62.

7. Ушакова С.В., Зароченцева Н.В., Попов А.А., Федоров А.А., Капустина М.В., Вроцкая В.С., Малова А.Н. Современные методики коррекции истмико-цервикальной недостаточности // Российский вестник акушера-гинеколога. 2015. Т. 15. № 5. С. 117–123
8. Федоров А.А., Попов А.А., Вроцкая В.С., Петрухин В.А., Краснопольская К.В., Чечнева М.А., Магилевская Е.В. Репродуктивные результаты циркляжа матки // Российский вестник акушера-гинеколога. 2019. Т. 19. № 6. С. 43–50.
9. Анжоева П.Г., Шаманова А.И., Суншева Б.А., Байрамукова А.А., Вандышева А.П., Джалилова А.Б., Крывчак А.Д., Шангереева Г.Н. Анализ исходов беременностей и родов при истмико-цервикальной недостаточности // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. Т. 144. № 6. С. 30–33.
10. Раченкова Т.В., Дударева Ю.А., Гурьева В.А. Истмико-цервикальная недостаточность: поиск дополнительных предикторов и возможности прогнозирования // Акушерство и гинекология: Новости. Мнения. Обучения. 2024. Т. 12. № 2. С. 30–35.
11. Долгушина В.Ф., Алиханова Е.С., Курносенко И.В., Асташкина М.В., Смольникова Л.И. Иммунологические предикторы преждевременных родов при истмико-цервикальной недостаточности // Доктор.Ру. 2024. Т. 23. № 2. С. 12–18.
12. Конкина А.В., Бликан Л.А., Алейникова Д.Э., Абубакаров И.Р., Джуманъязова А.С., Абрамьян А.В., Гафурова Л.Г., Лобко Д.А., Позоян А.А., Тхагапсова К.М., Голубева М.С., Шванова Е.Е., Рыжов Е.О. Иммунологическое тестирование при женском бесплодии: современный взгляд на проблему // Акушерство, Гинекология и Репродукция. 2024. Т. 18. №4. С. 547–562.
13. Степанова Р.Н., Макарова О.М. Антинуклеарные аутоантитела (ANA) у женщин, страдающих привычной потерей беременности // Человек и его здоровье. 2010. № 1. С. 97–99.
14. Погосян Г.Г., Микаелян М.В., Авагян А.Х., Гаспарян В.К. Аннексин V в сыворотках беременных женщин и больных некоторыми типами рака // Клиническая лабораторная диагностика. 2014. Т.59. № 4. С. 14–17.
15. Корниюшина Е.А., Чепанов С.В., Сельков С.А., Дадаева Д.Г., Шахалиев Р.О., Чудотоворов К.Н., Немцверидзе Н.Н. Профилактика потери беременности у женщин с циркуляцией аутоантител, не входящих в критерии антифосфолипидного синдрома // Журнал акушерства и женских болезней. 2018. Т. 67. №6. С. 24–30.
16. Акушерство: учебник /А.А. Безменко, Д.И. Гайворонских, И.В. Гайворонский [и др.]. Санкт-Петербург.: СпецЛит, 2024. 487 с.
17. Акушерские аспекты перинатальных потерь: [руководство] / Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации; [Д.О. Иванов и др.]; под редакцией Д.О. Иванова, Н.Н. Рухляды. Санкт-Петербург: СПбГПМУ, 2025. 503 с.

© Джанибекова Шерифат Салиховна; Гайдуков Сергей Николаевич (gaiducovsn@yandex.ru);  
Коновалова Марина Владиславовна (marinavladyslavovna@mail.ru); Матевосян Ирина Эдиковна (imatevosyn@mail.ru);  
Курдынко Людмила Витальевна (L.kurdynko@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ГЕРНИОПЛАСТИКЕ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ВЕНТРАЛЬНЫХ ГРЫЖ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

## COMPREHENSIVE RISK ASSESSMENT IN HERNIOPLASTY OF LARGE POSTOPERATIVE VENTRAL HERNIAS

B. Efremov  
O. Pervova  
D. Cherdantsev

**Summary.** The problem of surgical treatment of incisional ventral hernias remains highly relevant due to their significant prevalence after laparotomies (15–20 %) and the growing frequency of comorbid conditions among patients. Comorbid status, including obesity, smoking, cardiovascular and bronchopulmonary diseases, diabetes mellitus, not only increases the risk of hernia development but also complicates their surgical treatment, especially in the presence of loss of abdominal domain.

**Keywords:** loss of domain, hernioplasty, complications, postoperative ventral hernias, comorbid status, diabetes mellitus, obesity, posterior component separation.

**Ефремов Борис Ильич**

Аспирант, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации borisefremov03@gmail.com

**Первова Ольга Владимировна**

д.м.н., профессор, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Черданцев Дмитрий Владимирович**

д.м.н., профессор, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Аннотация.** Проблема хирургического лечения послеоперационных вентральных грыж сохраняет высокую актуальность в связи с их значительной распространностью после лапаротомий (15–20 %) и растущей частотой коморбидных состояний среди пациентов. Коморбидный статус, включаящий ожирение, курение, сердечно-сосудистые и бронхолегочные заболевания, сахарный диабет, не только повышает риск развития грыж, но и осложняет их хирургическое лечение, особенно при наличии потери домена брюшной полости. Исследование направлено на улучшение результатов хирургического лечения пациентов с большими послеоперационными вентральными грыжами на фоне отягощенного коморбидного статуса.

**Ключевые слова:** потеря домена, герниопластика, осложнения, послеоперационные вентральные грыжи, коморбидный статус, сахарный диабет, ожирение, задняя сепарационная пластика.

Проблема послеоперационных вентральных грыж остается одной из наиболее значимых в современной абдоминальной хирургии. Несмотря на значительный прогресс в области герниологии и совершенствование хирургических техник, частота возникновения послеоперационной грыжи после лапаротомий по-прежнему достигает 15–20 %, что свидетельствует о недостаточной эффективности существующих профилактических мер [1, 3]. Особую актуальность проблеме придает растущая распространность коморбидных состояний среди хирургических пациентов. Такие факторы, как ожирение, длительное курение, сердечно-сосудистые, бронхолегочные заболевания, сахарный диабет и почечная недостаточность, не только повышают риск развития послеоперационных вентральных грыж, но и существенно осложняют их течение [6, 10]. Зачастую тяжелый коморбидный статус становится причиной отказа

пациентам в оперативном лечении, что приводит к удлинению срока грыженосительства. Отдельного внимания заслуживает феномен потери домена брюшной полости, это состояние, характеризующееся значительным увеличением объема грыжевого мешка на фоне редукции брюшной полости, что существенно усложняет хирургическое лечение и повышает риск развития абдоминального компартмент-синдрома в послеоперационном периоде [4, 5, 7]. Таким образом, формируется своеобразный «порочный круг», когда коморбидность ограничивает возможности планового хирургического лечения пациентов с большими послеоперационными грыжами, что в свою очередь, отягощает исходный статус самой грыжи так и пациента [2, 8, 9].

В связи с этим актуальной задачей современной герниологии является выявить ключевые предикто-

ры, влияющие на развитие послеоперационных осложнений.

### Материалы и методы

В исследование вошли 87 пациента с послеоперационными грыжами передней брюшной стенки, находившихся на лечении в КГБУЗ Краевой клинической больнице города Красноярска в период с 2017 по 2023 г. Исследование носило проспективный анализ. Пациенты разделены на две сравнительные группы в зависимости от предоперационной подготовки. Группа 1 включала пациентов, которым хирургическое вмешательство выполнялось без предварительной модификации сопутствующих заболеваний и факторов риска. Группа 2 — состояла из больных, прошедших целенаправленную коррекцию основных компонентов коморбидного статуса перед оперативным лечением. Программа предоперационной оптимизации предусматривала снижение массы тела до достижения ИМТ  $\leq 35$  кг/м<sup>2</sup>, стабилизацию гликемического профиля у пациентов с сахарным диабетом, полный отказ от табакокурения не менее чем за 3 месяца до планируемой операции, а также коррекцию сердечно-легочной патологии по клиническим показаниям. Важно подчеркнуть, что изначально в исследование было включено 75 пациентов, но в ходе проспективного наблюдения 27 участников (36 %) выбыли из дальнейшего анализа из-за неспособности выполнить требования протокола исследования. Данный факт указывает на существенные сложности, возникающие при попытках изменения образа жизни и достижения компенсации хронической патологии у пациентов с множественными коморбидными состояниями. В результате итоговую группу 2 сформировали 43 больных, которые полностью завершили программу коррекции коморбидного статуса и достигли установленных целевых значений по всем контролируемым клиническим и лабораторным показателям. Данный подход был направлен на максимальное устранение модифицируемых факторов риска с целью снижения периоперационных осложнений и улучшения отдаленных результатов хирургического лечения.

Обе группы были репрезентативны по полу, возрасту, характеристикам грыж, данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика пациентов группы 1 и группы 2

Переменные	Группа 1 n=44 (%)	Группа 2 n=43 (%)	p
Женщин	20 (45,5 %)	29 (67,4 %)	p > 0,05
Мужчин	24 (54,5 %)	14 (32,6 %)	p > 0,05
Возраст	63,20 $\pm$ 10,11	63,16 $\pm$ 11,67	p > 0,05
Ширина грыжевого дефекта	19,41 $\pm$ 4,32	16,21 $\pm$ 3,94	p > 0,05
Рецидивная грыжа	13 (29,55 %)	10 (23,26 %)	p > 0,05

Среди пациентов группы 1 наиболее часто выявлялись следующие коморбидные состояния: артериальная гипертензия у 38 больных (86,4 %), хроническая сердечная недостаточность — у 18 (40,9 %), избыточная масса тела и ожирение — у 29 (65,9 %), курение табака — у 15 (34,9 %), сахарный диабет — у 16 пациентов (36,4 %).

Анализ сопутствующих заболеваний у участников группы 2B выявил следующее распределение патологии: артериальная гипертензия диагностирована у 69,8 % пациентов, хроническая недостаточность кровообращения — у 39,5 % больных, ишемическая болезнь сердца установлена в 14 % случаев, варикозное расширение вен нижних конечностей — у 23,3 % участников. Среди респираторной патологии ХОБЛ выявлена у 14 % пациентов, бронхиальная астма — у 9,3 % больных. Онкологические заболевания в анамнезе имелись у 18,6 % участников исследования. Сахарный диабет диагностирован у 17 пациентов (39,5 %). На момент включения в исследование активно курили 14 больных (32,6 %), при этом 6 участников (42,8 %) были исключены из исследования по причине отказа прекратить табакокурение. Ожирение II-III степени с ИМТ  $> 35$  кг/м<sup>2</sup> на начальном этапе предоперационной подготовки было выявлено у 32 пациентов (74,4 %). И только 11 (15,7 %) смогли до-

Таблица 2.  
Характеристика коморбидного статуса пациентов группы 1 и группы 2

Переменные	Группа 1 n=44 (%)	Группа 2 n=43 (%)	p
Гипертоническая болезнь (%)	38 (86,4 %)	30 (69,8 %)	p > 0,05
Хроническая сердечная недостаточность (%)	18 (40,9 %)	17 (39,5 %)	p > 0,05
Ишемическая болезнь сердца (%)	14 (31,8 %)	6 (14 %)	p > 0,05
Хронические заболевания вен (%)	7 (15,9 %)	10 (23,3 %)	p > 0,05
Сахарный диабет (%)	16 (36,4 %)	17 (39,5 %)	p > 0,05
Ожирение 1 ст (ИМТ 30–34,9)	17 (38,6 %)	18 (41,9 %)	p > 0,05
Ожирение 2 ст (ИМТ 35–39,9)	10 (22,7 %)	7 (16,3 %)	p > 0,05
Ожирение 3 ст (ИМТ <40)	1 (2,3 %)	0 (0,0 %)	p < 0,05
Хроническая обструктивная болезнь легких (%)	5 (11,4 %)	6 (14 %)	p > 0,05
Бронхиальная астма (%)	8 (18,2 %)	4 (9,3 %)	p > 0,05
Онкологические заболевания (в анамнезе) (%)	5 (11,4 %)	8 (18,6 %)	p > 0,05
Табакокурение (%)	15 (34,9 %)	0 (0,0 %)	p < 0,05

стичь требуемого значения индекса массы тела. Спектр сопутствующих заболеваний в обеих группах по частоте встречаемости представлен в таблице №2.

### Результаты

Средняя продолжительность операции составила  $277,05 \pm 61,85$  минут в группе 1, в группе 2 продолжительность составила  $254,09 \pm 65,53$  минут. Потребность в продленной ИВЛ возникла у 14 пациентов (31,8 %) в группе 1 и только у 1 больного (2,3 %) в группе 2 ( $p < 0,001$ ), что связано с улучшением респираторной функции после отказа от курения, снижения массы тела и оптимизации терапии ХОБЛ. Продолжительность пребывания в ОРИТ значительно различалась:  $2,5 \pm 6$  койко-дней в группе 2А против  $0,34 \pm 0,71$  койко-дня в группе 2В ( $p < 0,001$ ). В группе предоперационной подготовки большинство пациентов находились в ОРИТ только сутки для стандартного наблюдения, и лишь один больной потребовал трехсуточного пребывания (таблица № 3).

Таблица 3.

Характеристика периоперационных показателей у пациентов группы 1 и группы 2

Переменные	Группа 1 n=44 (%)	Группа 2 n=43 (%)	p
Средняя продолжительность операции (мин)	$277,05 \pm 61,85$	$254,09 \pm 65,53$	$p > 0,05$
Продленная ИВЛ (%)	14 (31,8 %)	1 (2,3 %)	$p < 0,001$
Пребывание в ОРИТ (к/д)	$2,5 \pm 6$	$0,34 \pm 0,71$	$p < 0,001$

Анализ послеоперационных осложнений у пациентов группы 1 показал следующие результаты. Структура раневых осложнений включала: серомы передней брюшной стенки — 31,8 % случаев (лечение пункционной эвакуацией), гематомы послеоперационной

Таблица 4.

Структура и частота послеперационных осложнений у пациентов группы 1 и группы 2

Переменные	Группа 1 n=44 (%)	Группа 2 n=43 (%)	p
Серома (%)	14 (31,8 %)	5 (11,6 %)	$p < 0,05$
Гематома (%)	5 (11,4 %)	4 (9,3 %)	$p > 0,05$
Нагноение послеоперационной раны (%)	12 (27,3 %)	3 (7 %)	$p < 0,05$
Пневмония (%)	4 (9,3 %)	1 (2,3 %)	$p < 0,05$
ТЭЛА (%)	1 (2,3 %)	0 (0 %)	$p < 0,05$
Острая задержка мочи (%)	2 (4,5 %)	0 (0 %)	$p < 0,05$
Летальный исход (%)	1 (2,3 %)	0 (0 %)	$p < 0,05$

раны — 11,4 % (потребовали ревизии и дренирования), нагноение раны — 27,3 % больных. Из системных осложнений зарегистрировано 9,3 % случаев нозокомиальной пневмонии, пациентам проводилась антибактериальная терапия. В 1 случае развилась ТЭЛА, что явилось причиной летального исхода (2,3 %). Также у 4,5 % пациентов выявлена задержка мочи, успешно разрешившаяся консервативно.

Сравнительный анализ продемонстрировал значимое снижение частоты раневых осложнений в группе 2: частота возникновения серомы снизилась до 11,6 %, инфекционные осложнения зарегистрированы у 7 %. Частота нозокомиальной пневмонии снизилась до единичных случаев (2,3 %) с благоприятным исходом на фоне антибактериальной терапии. Летальных исходов не зарегистрировано. Данные представлены в таблице 4.

### Выводы

Сопоставление исходов оперативного лечения больных с послеоперационными вентральными грыжами больших размеров в сравниваемых группах дает основания для заключения о значимом воздействии дооперационной модификации контролируемых факторов риска на развитие и выраженность послеоперационных осложнений. Результаты проведенного исследования наглядно подтверждают достоверное уменьшение количества локальных и генерализованных осложнений у больных, получивших всестороннюю дооперационную коррекцию, нацеленную на улучшение коморбидного профиля. Наиболее значимым представляется сокращение числа инфекционных осложнений в зоне операции, что критически важно с учетом доказанной взаимосвязи между присутствием инфекционного процесса и риском повторного формирования грыжевого выпячивания в долгосрочной перспективе. Необходимо отметить, что реальное применение концепции дооперационной коррекции сопутствующей патологии встречает определенные трудности. Основной проблемой становится существенная длительность подготовительного этапа, которая иногда может растягиваться на многие месяцы или годы, преимущественно у больных с патологическим ожирением и множественными хроническими заболеваниями. Самостоятельная нормализация весовых параметров представляет серьезную задачу для большей части пациентов с грыжами живота и избыточной массой тела, что связано с совокупностью психоэмоциональных, социокультурных и метаболических причин. Вследствие этого образуется специфический замкнутый цикл: с одной стороны, больным с выраженным избыточным весом и неконтролируемыми коморбидными состояниями не проводят плановые хирургические вмешательства до нормализации ключевых параметров, с другой стороны, существование абдоминальной грыжи значительно лимитирует двигательную активность и пре-

пятствует снижению веса. Продолжительная отсрочка хирургического лечения в ожидании улучшения коморбидного профиля связана с опасностью прогрессирования грыжевого образования, расширения грыжевых ворот и дополнительного снижения жизненного комфорта пациентов. Кроме того, в процессе затянувшейся подготовительной фазы значительно повышается риск возникновения угрожающих жизни состояний, таких как странгуляция грыжевого содержимого или механи-

ческая кишечная обструкция, требующих неотложного хирургического вмешательства. При больших размерах вентральных грыж неотложные операции сопряжены с чрезвычайно высокой вероятностью интраоперационных и послеоперационных осложнений и смертности, а при благоприятном исходе — с повышенным риском повторного образования грыжи и развития еще более сложной патологии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П., Захарова М.А., Кузнецов А.В., Миронова Н.Л., Уханов А.В. Шелина Н.В. Хирургическая помощь в Российской Федерации. — М.: ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А. В. Вишневского». 2020. — 136 с.
2. Никишков, А.С. Распространенность грыж передней брюшной стенки: результаты популяционного исследования / А.С. Никишков, А.И. Кириенко, А.С. Шевцов // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2016. — № 8. — С. 61–66.
3. Лунина, Т.Г. Осложнения в лечении послеоперационных вентральных грыж / Т.Г. Лунина, А.Г. Лунин // Альманах ин-та хирургии им. А.В. Вишневского. — 2015. — № 2. — С. 333–334.
4. Егиев, В.Н. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов после сепарационных пластик при срединных грыжах / В.Н. Егиев, С.А. Кулиев, И.В. Евсюкова // Врач-Аспирант. — 2017. — № 2 (60). — С. 18–23.
5. Cornette, B., Bacquer D.D., Berrevoet F. Component separation technique for giant incisional hernia: A systematic review // The American Journal of Surgery. — 2018. — Vol. 215 (4). — P. 719–726.
6. Kingsnorth, A.N. Management of Abdominal Hernias A.N. Kingsnorth, K. A. LeBlanc. — Fourth Edition. — 2013. — 103 p.
7. Михин И.В., Кухтенко Ю.В., Панчишин А.С. Большие и гигантские послеоперационные вентральные грыжи: возможности хирургического лечения (обзор литературы) // Вестник ВолГМУ. 2014. №2. С. 8–16.
8. Паршиков В.В., Федаев А.А. Протезирующая пластика брюшной стенки в лечении вентральных и послеоперационных грыж: классификация, терминология и технические аспекты (обзор) // Современные технологии в медицине. 2015. №2. С. 138–152
9. Endara M, Masden D, Goldstein J, et al. The role of chronic and perioperative glucose management in high-risk surgical closures: a case for tighter glycemic control. Plast Reconstr Surg. 2013;132:996–1004
10. Grove T.N., Kontovounisios C., Montgomery A., Heniford B.T., Windsor, A.C.J., Warren O.J. AWR Europe Collaborative. Perioperative optimization in complex abdominal wall hernias: Delphi consensus statement. // BJS Open. — 2021. — №6;5(5).

© Ефремов Борис Ильич (borisefremov03@gmail.com); Первова Ольга Владимировна; Черданцев Дмитрий Владимирович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВНУТРИАРТЕРИАЛЬНОЕ ВВЕДЕНИЕ ЦИСПЛАТИНА У ПАЦИЕНТОВ С РАСПРОСТРАНЕННОЙ КАРЦИНОМОЙ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОЙ ПАЗУХИ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

## INTRAARTERIAL CISPLATIN ADMINISTRATION IN PATIENTS WITH ADVANCED MAXILLARY SINUS CARCINOMA. EFFICIENCY AND SAFETY

**A. Zagorulko**  
**G. Nistratov**

**Summary.** Squamous cell carcinoma of the maxillary sinus is often diagnosed at late stages. Surgical treatment remains the main method of cancer treatment, but it is associated with severe cosmetic defects and functional impairments. Intraarterial chemoinfusion makes it possible to reduce the size of the tumor, thereby avoiding such extensive operations. Administration of cisplatin intraarterially is an effective and safe method. Clinical positive dynamics is noted in the early postoperative period, in the form of a reduction in pain and edema, which allows the patient to reduce the amount of painkillers taken, improves breathing and swallowing, making it possible to eat more comfortably and, as a result, gain body weight. Three consecutive courses of therapy lead not only to clinical results, but also to instrumental ones, which is reflected in a decrease in the volume of the tumor, its microvascular invasion and structure as a whole. The clinical effect after the first course improves both the general and psychological condition of the patient, allows him to remain socially active, maintaining a positive attitude towards recovery, which plays a very important role in treatment. Thus, this technique is promising, effective and technically possible in many institutions of the country.

**Objective:** to evaluate the safety and effectiveness of treatment of patients with inoperable maxillary sinus tumors by angiographic intraarterial administration of cisplatin.

**Keywords:** TACI, TACE, squamous cell carcinoma, maxillary sinus, cisplatin.

**Загорулько Алексей Иванович**  
кандидат медицинских наук,  
врач по рентгенэндоваскулярным диагностике  
и лечению, врач сердечно-сосудистый хирург,  
заведующий отделением рентгенохирургических  
методов диагностики и лечения №2 филиал  
«Онкоцентр №1 ГКБ имени С.С. Юдина ДЗ Москвы»;  
Ассистент, ФГАОУ ВО «Российский университет  
дружбы народов им. Патрика Лумумбы», Москва

[alexrus80@yandex.ru](mailto:alexrus80@yandex.ru)

**Нистратов Григорий Павлович**  
кандидат медицинских наук,  
врач по рентгенэндоваскулярным диагностике  
и лечению, отделения рентгенохирургических методов  
диагностики и лечения №2 филиал «Онкоцентр №1 ГКБ  
имени С. С. Юдина ДЗ Москвы»  
[hypokrat-g@mail.ru](mailto:hypokrat-g@mail.ru)

**Аннотация.** Плоскоклеточный рак верхнечелюстной пазухи часто диагностируется на поздних стадиях. Основным методом лечения рака остается хирургический, но он связан с тяжелыми косметическими дефектами и функциональными нарушениями. Проведение внутриартериальной химиоинфузии позволяет уменьшить размеры опухоли, тем самым избежать таких объемных операций. Введение цисплатина внутриартериально — это эффективный и безопасный метод. Клиническая положительная динамика отмечается в раннем послеоперационном периоде, в виде снижения болевого синдрома, отека, что позволяет пациенту снижать объем принимаемых обезболивающих препаратов, улучшает дыхание и акт глотания, давая возможность более комфортно принимать пищу и как следствие набирать массу тела. Последовательные три курса терапии приводят не только к клиническим результатам, но и инструментальным, что отражается в уменьшении объема опухоли, ее микрососудистой инвазии и структуры в целом. Клинический эффект после первого курса улучшает как общее, так и психологическое состояние пациента, позволяет оставаться социально активным, поддерживая позитивный настрой на выздоровление, что играет очень важную роль в лечении. Таким образом, данная методика перспективна, эффективна и технически возможна во многих учреждениях страны.

**Цель:** оценка безопасности и эффективности лечения пациентов неоперабельными опухолями верхнечелюстной пазухи ангиографическим методом внутриартериального введения препарата цисплатина.

**Ключевые слова:** ТАХИ, ТАХЭ, плоскоклеточный рак, верхнечелюстная пазуха, цисплатин.

## Актуальность

**К**оличество впервые выявленных злокачественных новообразований в России в 2023 г. увеличилось на 8,0% по сравнению с 2022 г. В 2023 г. впервые выявленные злокачественные новообразования головы и шеи составили 15476 случаев. Доля пациентов с III–IV стадией остается высокой и составляет для губы — 5,7 %, полости рта — 39,5 %, глотки — 54,7 %. Одногодичная летальность в 2023 г. при ЗНО губы соответствовала 3,8%, полости рта — 27,0 %, глотки — 35,2 % [1].

Частота локальных и локорегионарных рецидивов в 1-й год наблюдения больных достигает 30 % [2]. Subrez и соавторы отметили повышенный риск развития кровотечения у пациентов после химиотерапии и радиотерапии до 7 раз [3]. Частота кровотечений при запущенных злокачественных образованиях головы и шеи достигает по разным данным 10–14 % [4–6]. Особенностями опухолей головы и шеи является вовлечение в процесс крупных кровеносных сосудов, что объясняет плохой прогноз, с общим уровнем выживаемости 35%–50 % [7]. Рентгенэндоваскулярные методы лечения позволяют выполнять эндоваскулярную эмболотерапию с целью гемостаза. Знания о большом количестве анастомозов между наружной и внутренней сонными артериями, а также между артериями, отходящими от подключичных сосудов в нормальной анатомии, дают нам возможность заранее спрогнозировать появление возможных патологических сосудов и их развитие в опухолях. Необходимо в обязательном порядке выполнять поиск и эмболизацию аfferентных сосудов как с ипсиллатеральной, так и контрлатеральной стороны [8].

Плоскоклеточный рак верхнечелюстной пазухи (ВЧП) часто диагностируется на поздней стадии из-за отсутствия симптомов на ранней стадии [9, 10]. Хирургическое вмешательство при местнораспространенном раке ВЧП приводит к изменению внешнего вида и функциональным нарушениям, связанным с приемом пищи и артикуляцией [11]. В некоторых случаях приходится жертвовать пораженным глазом. Для сохранения внешнего вида и функции применялась внутривенная химиолучевая терапия, но ее эффективность была ограничена, отчасти из-за большого объема опухоли при местнораспространенном раке ВЧП [9, 12].

Robbins K. и соавт. [13] в 1996 г. представили работу, показавшую положительные результаты применения трансартериальной химиоэмболизаци (ТАХЭ) цисплатином, который нейтрализуется внутривенно тиосульфатом натрия, в сочетании с лучевой терапией при лечении опухолей головы и шеи [14]. Они сообщили, что артериальная инфузионная химиолучевая терапия рака головы и шеи, названная RADPLAT, показала хорошие онкологические результаты [15]. Далее были зареги-

стрированы оптимистичные клинические результаты лечения RADPLAT для рака ВЧП [16–18]. Однако рандомизированное исследование в Нидерландах, сравнивающее артериальную и внутривенную инфузию, не выявило существенной разницы в локорегиональном контроле или общей выживаемости (ОВ) между двумя группами [19]. В это исследование входили разные пациенты с раком головы и шеи, отличительным моментом было введение препарата селективно — в наружную сонную артерию, а не в афферентные ветви — суперсекретивно. Также включало много двусторонних случаев кровоснабжения опухоли, что могло повлиять на результаты лечения трансартериальной химиоинфузии (ТАХИ). Загорулько А.И. и соавт., недавно продемонстрировали комплексное лечение пациентки с 3-х курсовым внутриартериальным введением цисплатина при раке рогоглотки и последующим хирургическим лечением, лучевой терапией. Надо отметить, что послеоперационный гистологический материал содержал — «признаки лечебного патоморфоза 2 степени (обширные очаги некроза, фиброза)» [20]. Операция выполнена до проведения лучевой терапии. Период наблюдения составил более 3-х лет.

Дмитриев С.П. и соавт. продемонстрировали результаты систематического обзора и мета-анализа, показав, что внутриартериальная химиоинфузия (ВАХИ) является эффективной терапией при плоскоклеточном раке головы и шеи, в том числе при распространенных опухолях — III и IV стадий [21].

В практических рекомендациях RUSSCO для опухолей головы и шеи (редакция 2024 года) трансартериальное введение препаратов возможно в отдельных клинических ситуациях, когда имеется обширное распространение первичной опухоли (T4b) или метастатических лимфоузлов (N3) с высоким риском развития кровотечения, при наличии технической возможности [22].

Все вышесказанное показывает важность поиска новых способов и усовершенствование имеющихся методов лечения при плоскоклеточном раке органов головы и шеи. В данной статье мы приводим клиническое наблюдение пациентов с опухолями верхнечелюстной пазухи T4, которым на первом этапе проведена ТАХИ, по запатентованной методике [23], согласно научно-исследовательскому протоколу (НИР). Выписка из протокола №7 заседания проблемной комиссии ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ» от «30» апреля 2025 года. Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и публикации материалов.

## Клиническое наблюдение

Пациент К. 58 лет поступил в плановом порядке в стационар химиотерапевтического отделения больницы

ГКБ им. С.С. Юдина, ДЗМ, Онкоцентр №1, после проведенного онкоконсилиума с диагнозом: C31.0 Рак правой верхнечелюстной пазухи с инвазией жевательного пространства, носового хода, носовой перегородки, основания черепа cT4aN0M0 IVA стадия, клиническая группа 2.

Из анамнеза известно, что с января 2025 г. отмечает заложенность носа справа. В марте обратился к отоларингологу по месту жительства, лечение без эффекта. Компьютерная томография (КТ) области головы от 08.04.2025 — выявлено образование правой ВЧП. 14.04.2025 обратился в ФНКЦ ФМБА России. 06.05.2025 выполнена эндоскопическая биопсия новообразования полости носа справа. Гистологическое исследование (ГИ) от 14.05.2025 — в исследованном материале обнаружен рост инфильтративной карциномы. Направлен в ГКБ им. С.С. Юдина, ДЗМ, Онкоцентр №1. ГИ (пересмотр) № 20xxxxxx/25 от 27.05.2025: Эпителиоидноклеточная злокачественная опухоль верхнечелюстной пазухи, для уточнения гистотипа материал направлен на иммуногистохимическое исследование (ИГХ). ИГХ № 5125-xxxxxx\_xx-x от 04.06.2025: Иммунофенотип соответствует плоскоклеточной карциноме, вирус папилломы человека (ВПЧ)(p16)-позитивной.

Пациент обследован. Ультразвуковое исследование (УЗИ) л/у шеи от 28.05.2025: эхографическая картина без видимой очаговой патологии в лимфоузлах шеи. УЗИ органов брюшной полости от 28.05.2025: эхографическая картина диффузных изменений паренхимы печени, поджелудочной железы. КТ органов грудной клетки от 26.05.2025: очаговые и инфильтративные изменения в легких не выявлены. Эзофагодуоденоскопия от 03.06.2025: Эритематозная гастропатия. КТ органов головы и шеи с контрастом от 26.06.2025: в правой ВЧП отмечается объемное гиперваскулярное образование с признаками деструкции стенок пазухи. Общие раз-

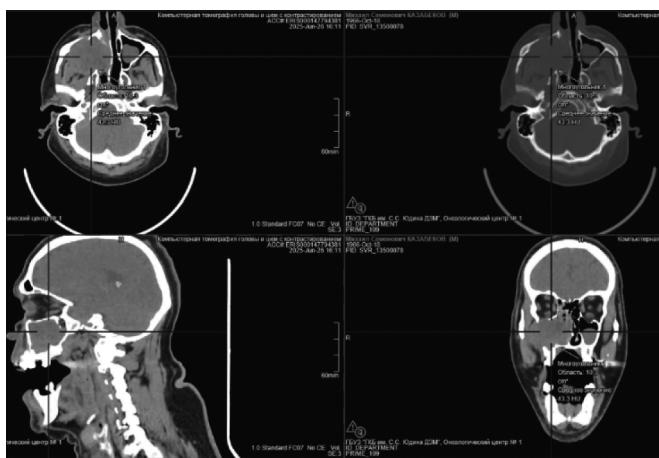
меры: 52x44x48 мм. Распространение: деструкция латеральной стенки с распространением в правую жевательную область, деструкция передней стенки и медиальной стенки с распространением в правый носовой ход, правую хоану и носовую перегородку с участками локальной деструкции, без убедительных признаков распространения на контрлатеральную сторону. Опухоль заполняет ячейки решетчатой кости, признаки деструкции; опухоль распространяется в правую лобную пазуху.

Клиническая ситуация обсуждена на консилиуме № 000-003-1-2025-xxxxx от 03.07.2025: учитывая распространенность опухолевого процесса, на первом этапе рекомендовано проведение 3 курсов ТАХИ по схеме DCF с внутриартериальным введением цисплатина (согласно протоколу НИР — Выписка из протокола №7).

03.07.2025 проведен 1 курс ТАХИ по схеме DCF (Схема: sh0075 Доцетаксел 75 мг/м<sup>2</sup> внутривенно в 1-й день + цисплатин 75 мг/м<sup>2</sup> внутриартериально в 1-й день + фторурацил 1000 мг/м<sup>2</sup> внутривенно в 1–4-й дни; цикл 21 день) с внутриартериальным введением цисплатина 75мг/м<sup>2</sup>. Перенес удовлетворительно, с нежелательными явлениями в виде тошноты 1 степени.

Оценка динамики на терапию от 24.07.2025 г.: на фоне проведенного лечения отмечается положительная динамика в виде значительного снижения интенсивности болевого синдрома, уменьшения отека правой половины лица, уменьшение заложенности носа справа. Со стороны лабораторных и инструментальных исследований противопоказаний к проведению второго курса лекарственной противоопухолевой терапии не выявлено. Второй курс перенес удовлетворительно.

Динамика на терапию от 18.08.2025 г.: сохраняется клиническая картина как после первого курса ТАХИ,



1А

Рис. 1А. Компьютерная томограмма до начала лечения от 26.06.2025 г.



1Б

Рис. 1Б. Плоскодетекторная компьютерная томография от 03.07.2025 г.

жалобы при поступлении на незначительное онемение в области правой щеки. Локальный статус: отечность правой половины лица в области резцовой ямки. Шейные л/узлы не увеличены. Носовое дыхание справа затруднено, слева не изменено. Третий курс перенес удовлетворительно.

25.08.2025 г. на фоне проведенного третьего курса ТАХИ, пациент отметил положительную динамику в виде полного нивелирования болевого синдрома, уменьшение отека правой половины лица, уменьшение заложенности носа справа. Все три курса внутриартериального введения цисплатина в расчетной дозе 150 мг пациент перенес удовлетворительно, не было отмечено местной реакции в виде гиперемии кожи щеки и носа, аллергических реакций.

Ангиографическое исследование брахецефальных артерий. Операция выполнена на аппарате Philips Azurion 7 M20, контрастное вещество Омнипак 350. Для выполнения оперативных вмешательств во всех трех случаях использовался лучевой доступ, с помощью интрайюсера «Prelude» 6F. Обязательно проводили системную гепаринизацию 5000 ЕД суммарно. Использовался катетер диагностический PERFORMA, вариант исполнения: катетер «Симmons 1» (SIM), 1 шт. Селективная катетеризация: правой общей сонной артерии, при контрастировании визуализируются патологические сосуды от верхнечелюстной артерии, кровоснабжающие опухоль рис. 2. В просвет SIM 1 установлен микрокатетер Progreat внешний диаметр 0,80 мм, длина 150 см, суперселективно в правую верхнечелюстную артерию, кровоснабжающую опухоль. Выполнена инфузия раствора

Цисплатина (150 мг). Длительность операции составила 110 минут. Финальная ангиография — признаков нецелевой эмболизации, экстравазации контраста не выявлено. Катетер на проводнике и интрайюсер удалены. Ручной гемостаз места чрескожного функционарного артериального доступа, на место пункций наложена асептическая давящая повязка.

На ангиограмме, рис. 2, показаны размеры опухоли ВЧП справа, которые соответствуют данным диагностического КТ исследования. В нашей практике активно используется такая функция ангиографа, как плоскодетекторная томография (ПДКТ). На рисунке 1А и 1Б продемонстрировано сравнение двух методов исследования. В момент выполнения ангиографических процедур можно в реальном времени произвести это дополнительное исследование, что позволяет оценить размеры опухоли, коллатерали и ангиогархитектонику опухоли [24].

Заключение КТ от 27.08.2025 г.: сравнение с КТ-исследованием от 26.06.2025 показало отсутствие очаговых изменений в веществе головного мозга. Срединные структуры не смещены. Придаточные пазухи носа развиты правильно. Правая верхнечелюстная пазуха  subtotaly заполнена жидкостным содержимым, на этом фоне нечетко прослеживается мягкотканый компонент, слабо накапливающий КП размерами **25x38x32 мм** (ранее **52x44x48 мм**). Распространение: сохраняется деструкция латеральной стенки с уменьшением в размерах мягкотканого компонента в правой жевательной области — сохраняется деструкция передней стенки и медиальной стенки с распространением в правый носовой ход, правую хоану и носовую перегородку с участками



Рис. 2. Селективная ангиография правой верхнечелюстной артерии до начала лечения от 03.07.2025 г.

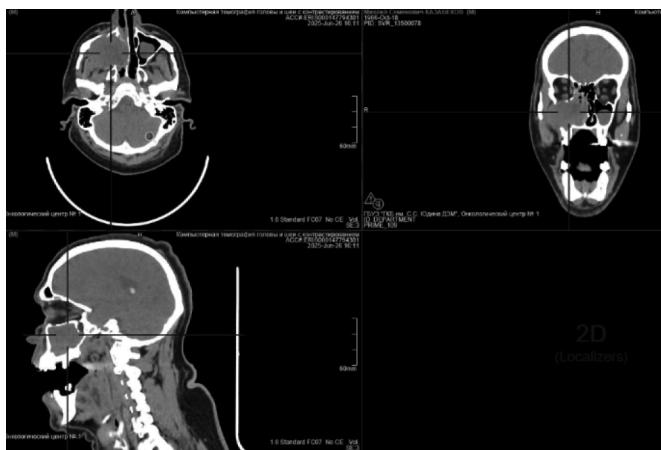


Рис. 3. Компьютерная томограмма после проведенного лечения от 27.08.2025 г.

локальной деструкции, без убедительных признаков распространения на контралатеральную сторону (визуально с уменьшением в размерах мягкотканого компонента в носовой полости справа, в правой хоане). В ячейках решетчатой кости справа определяется деструкция с их заполнением. Крупные сосуды шеи интактны. Оценка лимфоузлов: лимфоузлы с признаками метастатического поражения не выявлены.

## Результаты

Опухоль правой верхнечелюстной пазухи, которая по данным КТ до лечения, была гиперваскулярным с признаками деструкции стенок пазухи, размерами  $52 \times 44 \times 48$  мм, распространяющаяся в правую жевательную область, деструкцией передней и медиальной стенок, в правый носовой ход, правую хоану с участками локальной деструкции носовой перегородки, заполнением ячеек решетчатой кости и распространением в правую лобную пазуху. Клинически пациент отмечал: заложенность носа, выделения из носа, увеличение объема и боли в правой половине лица, головные боли. После первого курса ТАХИ была отмечена положительная динамика в виде уменьшения болевого синдрома, отека лица и заложенности носа. Положительная клиническая динамика отмечалась после каждого нового курса, вплоть до полного нивелирования болевого синдрома после трех курсов терапии. Инструментально эффективность зафиксирована после трех курсов при контрольном КТ — правая верхнечелюстная пазуха субтотально заполнена жидкостным содержимым, мягкотканый компонент, слабо накапливающий КП размерами  $25 \times 38 \times 32$  мм (ранее  $52 \times 44 \times 48$  мм), сохраняется деструкция латеральной стенки с уменьшением в размерах мягкотканого компонента в правой жевательной области, сохраняется деструкция передней и медиальной стенок с распространением в правый носовой ход, правую хоану и носовую перегородку, без убедительных признаков распространения на контралатеральную сто-

рону (визуально с уменьшением в размерах мягкотканого компонента в носовой полости справа, в правой хоане). В ячейках решетчатой кости справа определяется деструкция с их заполнением.

## Обсуждение

По мнению многих авторов, ключом к успеху ВАХИ являются ангиографическая техника и правильное введение цисплатина в опухоль. Эффект первого прохождения большой (расчетной дозы) препарата платины непосредственно в сосуды опухоли приводит к желаемому результату.

Преимущества ВАХИ, как альтернативного лечения заключаются в том, что пациенты могут избежать серьезного хирургического вмешательства и могут ожидать улучшения показателей выживаемости на основе результатов исследований. Кроме того, в большинстве запущенных случаев требуется радикальная операция, такая как полная максиллэктомия или краинофациальная резекция с полной резекцией содержимого орбиты или без нее; однако такие вмешательства имеют тяжелые косметические последствия, а также нарушения функций дыхания, глотания и речи. Большинство наших пациентов были обеспокоены деформациями лица после операции и понимали вероятность поздних осложнений, таких как офтальмологические, после терапии, поэтому предпочли методику ВАХИ.

В представленном литературном обзоре и клиническом примере проанализирован дополнительный метод воздействия на опухоль — внутриартериальная химиотерапия. Методы ВАХИ и ТАХЭ, являются перспективными и в скором времени в нашей стране, как и за границей, количество случаев применения данных методов будет расти с демонстрацией хороших результатов в источниках литературы и на конференциях, наряду с внутривенной химиотерапией. Следует отметить, что путь введения цисплатина внутриартериально или внутривенно на аллергическую реакцию не влияет, однако, ответ опухоли различный. Мы не наблюдали у наших пациентов гиперемии, отека или другой реакции в области введения препарата. Учитывая объем циркулирующей крови (ОЦК) 5–6 л у среднестатистического человека 70–80 кг, можно только догадываться какое количество препарата поступит в артерию, кровоснабжающую опухолевую ткань при внутривенном введении препарата. Поэтому врачи химиотерапевты в некоторых исследованиях увеличивают дозировку химиопрепараторов, в надежде на положительный ответ опухоли, но при этом возрастает повреждающее воздействие на здоровые клетки и почки. Если 10–15 лет назад, вышеуказанные исследования способны были выполнять крупные научно-исследовательские центры, связано это было с наличием ангиографических аппаратов, соответствующих

специалистов и опыта, то в сегодняшнее время данная методика доступна многим учреждениям.

Мы продемонстрировали свои результаты клинического случая применения суперселективной ВАХИ цисплатина на опухоль верхнечелюстной пазухи с оценкой ее безопасности и эффективности. Данная НИР продолжается и по мере накопления данных мы будем опубликовывать результаты, в надежде вызвать интерес у вра-

чебного общества к описанной методике не только при раке опухолей головы и шеи, но и других локализаций.

**Выводы:** суперселективная внутриартериальная химиоинфузия цисплатина при плоскоклеточном раке верхнечелюстной пазухи, является перспективным метод лечения, показавшая себя безопасной и эффективной, но учитывая малую группу пациентов, требует дальнейшего исследования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карпин А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. Москва: МНИОИ им. П.А.Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2024.-илл. — 262с. [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(92\)90642-u](https://doi.org/10.1016/0360-3016(92)90642-u).
2. Venkatesulu Bh.P., Mahadevan L.Sh., Aliru M.L., Yang X., Bodd M.H., Singh P.K., Yusuf S.W., Abe J.-I., Krishnan S. Radiation-Induced Endothelial Vascular Injury: A Review of Possible Mechanisms. *JACC: Basic to translational science*. 2018;3(4):563–572. DOI: 10.1016/j.jacbs.2018.01.014.
3. Suárez C, Fernández-Alvarez V, Hamoir M, Mendenhall WM, Strojan P, Quer M, Silver CE, Rodrigo JP, Rinaldo A, Ferlito A. Carotid blowout syndrome: modern trends in management. *Cancer Management and Research*. 2018;10:5617–5628. DOI: 10.2147/CMAR.S180164.
4. Bachar G., Esmat N., Stern S., Litvin S., Knizhnik M., Perlow E., Atar E., Shpitzer T., Belenkay A. Transarterial Embolization for Acute Head and Neck Bleeding: Eight-Year Experience With Emphasis on Rebleeding Risk in Cancer Patients. *Laryngoscope*. 2013;123:1220–1226.
5. Lu H-J, Chen K-W, Chen M-H, Chu P-Y, Tai S-K, Wang L-W, Chang PM-H, Yang M-H: Predisposing factors, management, and prognostic evaluation of acute carotid blowout syndrome. *Journal of Vascular Surgery*. 2013;58(5):1226–1235. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.04.056.
6. VilasBoas P.P., de Castro-Afonso L.H., Monsignore L.M., Nakiri G.S., de Mello-Filho F.V., Abud D.G. Endovascular Management of Patients with Head and Neck Cancers Presenting with Acute Hemorrhage: A Single-Center Retrospective Study. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2017;40(4):510–519. DOI: 10.1007/s00270-016-1550-8.
7. Krol E., Brandt C.T., Blakeslee-Carter J., Ahanchi S.S., Dexter D.J., Karakla D., Panneton J.M. Vascular interventions in head and neck cancer patients as a marker of poor survival. *Journal of Vascular Surgery*. 2019;69(1):181–189. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.04.058.
8. Загорулько А.И., Ництрович Г.П., Голубцов А.К., Козлов Д.В., Колединский А.Г., Рыков С.П. Артериальные анастомозы между наружной и внутренней сонными артериями при кровотечениях у пациентов с распадающимися опухолями головы и шеи. Эндоваскулярный гемостаз и эмболотерапия в интервенционной онкорадиологии. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и Технические науки» № 8, 2025, С.171–178, DOI 10.37882/2223-2966.2025.08.11.
9. Bhasker S, Biswas R, Thakar A et al (2020) Treatment outcome and patterns of failure in patients with maxillary sinus cancer: clinical experience from a regional cancer centre in North India. *Indian J Surg Oncol* 11(3):401–405. <https://doi.org/10.1007/s13193-020-01062-1>
10. Ashraf M, Biswas J, Dam A, Bhowmick A, Jha, Sing V, Nayak S (2010) Results of treatment of squamous cell carcinoma of maxillary sinus: a 26-year experience. *World J Oncol* 1(1):28–34. <https://doi.org/10.4021/wjon2010.02.191w>
11. Petrides GA, Hicks G, Dunn M et al (2021) Dentoalveolar outcomes in maxillary reconstruction: a retrospective review of 85 maxillectomy reconstructions. *ANZ J Surg* 91(7–8):1472–1479. <https://doi.org/10.1111/ans.17001>
12. Sato Y, Morita M, Takahashi HO et al (1970) Combined surgery, radiotherapy, and regional chemotherapy in carcinoma of the paranasal sinuses. *Cancer* 25(3):571–579. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(197003\)25:3<571::aid-cncr2820250312>3.0.co;2-n](https://doi.org/10.1002/1097-0142(197003)25:3<571::aid-cncr2820250312>3.0.co;2-n)
13. Robbins KT, Fontanesi J, Wong FS, Vicario D, Seagren S, Kumar P, Weisman R, Pellitteri P, Thomas JR, Flick P, Palmer R, Weir 3rd A, Kerber C, Murry T, Ferguson R, Los G, Orloff L, Howell SB. A novel organ preservation protocol for advanced carcinoma of the larynx and pharynx. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996;122(8):853–857. <https://doi.org/10.1001/archotol.1996.01890200043010>.
14. Robbins KT, Vicario D, Seagren S et al (1994) A targeted supradose cisplatin chemoradiation protocol for advanced head and neck cancer. *Am J Surg* 168(5):419–422. [https://doi.org/10.1016/s0002-9610\(05\)80089-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9610(05)80089-3)
15. Robbins KT, Kumar P, Regine WF et al (1997) Efficacy of targeted supradose cisplatin and concomitant radiation therapy for advanced head and neck cancer: the Memphis experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 38(2):263–271. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(97\)00092-8](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(97)00092-8).
16. Shiga K, Yokoyama J, Hashimoto S, Saijo S, Tateda M, Ogawa T, Watanabe M, Kobayashi T (2007) Combined therapy after superselective arterial cisplatin infusion to treat maxillary squamous cell carcinoma. *Otolaryngology* 136(6):1003–1009. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2006.12.018>.
17. Homma A, Oridate N, Suzuki F et al (2009) Superselective high-dose cisplatin infusion with concomitant radiotherapy in patients with advanced cancer of the nasal cavity and paranasal sinuses: a single institution experience. *Cancer* 115(20):4705–4714. <https://doi.org/10.1002/cncr.24515>.
18. Kanoto M, Oda A, Hosoya T et al (2010) Impact of superselective transarterial infusion therapy of high-dose cisplatin on maxillary cancer with orbital invasion. *AJNR Am J Neuroradiol* 31(8):1390–1394. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2082>.
19. Rasch CR, Hauptmann M, Schornagel J et al (2010) Intra-arterial versus intravenous chemoradiation for advanced head and neck cancer: results of a randomized phase 3 trial. *Cancer* 116(9):2159–2165. <https://doi.org/10.1002/cncr.24916>.
20. Загорулько А.И., Черняев М.В., Козлов Д.В., Голубцов А.К. Лечение плоскоклеточного рака головы и шеи комбинированным методом на основе трансартериальной химиоэмболизации. Клиническое наблюдение // Лаборатория и клиническая медицина. Фармация. 2024. Т. 4, № 1. С. 25–33. DOI: 10.14489/lcmr.2024.01.pp.025-033.

21. Дмитриев С.П., Чичеватов Д.А., Селиверстова О.В. Регионарная внутриартериальная химиотерапия рака головы и шеи: систематический обзор и мета-анализ. // Поволжский онкологический вестник. 2023. 14(5): 88–97.
22. Болотина Л.В., Владимирова Л.Ю., Деньгина Н.В. и соавт. Опухоли головы и шеи. Практические рекомендации RUSSCO, часть 1.1. Злокачественные опухоли 2024;14(3s2):160–182.
23. Патент на изобретение № 2806512 от 09 февраля 2023г. «Способ лечения неоперабельного рака головы и шеи». Загорулько А.И., Козлов Д.В., Голубцов А.К.
24. Загорулько А.И., Нистратов Г.П., Голубцов А.К., Козлов Д.В., Рыков С.П. Роль ангиографии брахиоцефальных артерий и плоскодетекторной КТ в диагностике метастатических узлов шеи и опухоли каротидного гломуса. // Международный журнал интервенционной кардиоангиологии. 2024; 79 (4): 61–75. <https://doi.org/10.24835/1727-818X-79-61>.

---

© Загорулько Алексей Иванович (alexrus80@yandex.ru); Нистратов Григорий Павлович (hypopokrat-g@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ДЕНЕРВАЦИЯ НАДЛОПАТОЧНОГО НЕРВА КАК МЕТОД СИМПТОМАТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНЫХ СТАДИЙ ОМАРТРОЗА

## SUPRASCAPULAR NERVE DENERVATION AS A METHOD OF SYMPTOMATIC TREATMENT FOR END-STAGE OMARTHROSIS

**G. Karapetyan**  
**L. Darchiya**  
**A. Shuysky**  
**P. Vakhromeeva**

**Summary.** Objective. To evaluate the efficacy and safety of pulsed radiofrequency ablation (RFA) of the suprascapular nerve for the management of chronic pain in patients with omarthrosis of radiographic stage III–IV who have contraindications to shoulder arthroplasty.

**Materials and Methods.** A prospective comparative study included 40 patients with severe omarthrosis contraindicated for arthroplasty. The patients were randomized into two groups: the main group (n=20) underwent suprascapular nerve RFA; the control group (n=20) received comprehensive conservative therapy (systemic NSAIDs, a course of intra- and periarticular injections, and physiotherapy). The follow-up period was 12 months. Prior to inclusion, all patients underwent clinical examination, radiography and computed tomography of the shoulder joint, ultrasound of the joint and the suprascapular nerve, and electromyography of the upper limbs. Outcomes were assessed using the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire and the Visual Analog Scale (VAS). Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U test in IBM SPSS Statistics.

**Results.** Baseline VAS and DASH scores did not differ significantly between the groups ( $p>0.05$ ). At the 12-month follow-up, the main group showed statistically significant improvements compared to the control group. The mean VAS score was  $2.1 \pm 0.8$  in the main group versus  $5.8 \pm 1.6$  in the control group ( $p<0.05$ ). The mean DASH score was  $30.5 \pm 8.2$  in the main group versus  $55.4 \pm 9.7$  in the control group ( $p<0.05$ ). A sustained positive effect was observed in 18 patients (90 %) in the main group. Two patients required a repeat procedure at 8–9 months. No complications (infectious, neurological, or other disorders) were reported.

**Conclusion.** Radiofrequency ablation of the suprascapular nerve is an effective and safe method for the symptomatic treatment of omarthrosis, providing significant and long-term pain reduction and improved limb function in patients contraindicated for arthroplasty. This technique should be considered an important alternative in the arsenal of palliative treatments for severe glenohumeral osteoarthritis.

**Keywords:** omarthrosis, glenohumeral osteoarthritis, radiofrequency ablation, suprascapular nerve, chronic pain, conservative management, symptomatic treatment.

**Карапетян Григорий Сергеевич**  
 кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед отделения ортопедии взрослых ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России;

**Дарчия Леван Юрьевич**  
 кандидат медицинских наук, заведующий клинико-диагностическим отделением ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России;

**Шуйский Артём Анатольевич**  
 кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России;  
 shuj-artyom@mail.ru

**Вахромеева Полина Юрьевна**  
 врач-невролог, Юсуповская больница,  
 ООО «Нейроклиника»

**Аннотация.** Цель. Оценка эффективности и безопасности методики импульсной радиочастотной денервации (РЧД) надлопаточного нерва для купирования хронического болевого синдрома у пациентов с омартрозом III–IV рентгенологической стадии при наличии противопоказаний к эндопротезированию плечевого сустава.

**Материал и методы.** В проспективное сравнительное исследование включено 40 пациентов с тяжелым омартрозом, которым было противопоказано эндопротезирование. Пациенты были рандомизированы на две группы: основная группа (n=20) — пациенты, которым была проведена РЧД надлопаточного нерва; контрольная группа (n=20) — пациенты, получавшие комплексную консервативную терапию (системные НПВП, курс внутри- и околосуставных инъекций лекарственных препаратов, физиотерапевтическое лечение). Период наблюдения составил 12 месяцев. Всем пациентам до включения в исследование выполнялись клинический осмотр, рентгенография и компьютерная томография плечевого сустава, УЗИ сустава и надлопаточного нерва, электронейромиография верхних конечностей. Для оценки результатов использовались опросник DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) и визуальная аналоговая шкала (ВАШ). Статистическая обработка данных проводилась с использованием U-критерия Манна-Уитни в программе IBM SPSS Statistics.

**Результаты.** Исходные показатели по ВАШ и DASH между группами достоверно не отличались ( $p>0.05$ ). Через 12 месяцев наблюдения в основной группе зафиксированы статистически значимо лучшие результаты по сравнению с контрольной группой. Средний балл по ВАШ в основной группе составил  $2.1 \pm 0.8$ , в контрольной —  $5.8 \pm 1.6$  ( $p<0.05$ ). Средний балл по DASH в основной группе —  $30.5 \pm 8.2$ , в контрольной —  $55.4 \pm 9.7$  ( $p<0.05$ ). У 18 пациентов (90 %) основной группы отмечен стойкий положительный эффект. У 2 пациентов потребовалось повторное проведение процедуры через 8–9 месяцев. Осложнений (инфекционных, неврологических и других нарушений) не зарегистрировано.

**Заключение.** Радиочастотная денервация надлопаточного нерва является эффективным и безопасным методом симптоматического лечения омар-



## Введение

**О**мартроз (артроз плечевого сустава) является распространенной причиной хронического болевого синдрома и значительного снижения качества жизни, приводя к выраженному ограничению функции верхней конечности. Золотым стандартом лечения терминальных стадий омартроза является эндопротезирование плечевого сустава, демонстрирующее высокую эффективность в устранении боли и восстановлении функции [1, 2]. Однако наличие тяжелых сопутствующих заболеваний, отказ пациента от операции или высокий анестезиологический риск делают выполнение артроспактики невозможным или нецелесообразным.

В таких случаях лечение ограничивается консервативными методами: приемом анальгетиков, внутрисуставными инъекциями лекарственных препаратов, физиотерапией. К сожалению, эффективность такой терапии часто носит временный и недостаточный характер, не позволяет добиться полноценного и долговременного купирования боли, а длительный прием НПВП и других анальгетиков сопряжен с риском серьезных побочных эффектов, особенно у пациентов группы риска.

В этой связи актуальным является поиск и внедрение малоинвазивных методов симптоматического лечения, обеспечивающих длительный анальгетический эффект. Перспективной методикой является радиочастотная денервация (РЧД) сустава, направленная на прерывание передачи болевых импульсов по чувствительным нервным волокнам [3]. Основной мишенью для денервации плечевого сустава является надлопаточный нерв, который, как показали анатомические исследования, обеспечивает до 70% его чувствительной иннервации [4, 5, 6, 7].

Целью данного исследования явилась сравнительная оценка эффективности и безопасности методики импульсной радиочастотной денервации надлопаточного нерва у пациентов с омартрозом, имеющих противопоказания к эндопротезированию, в сравнении с консервативной терапией в среднесрочном периоде (12 месяцев).

троза, позволяющим добиться значительного и долговременного снижения болевого синдрома и улучшения функции конечности у пациентов, которым противопоказано эндопротезирование. Данная методика должна рассматриваться как важная альтернатива в арсенале средств паллиативного лечения тяжелого остеоартроза плечевого сустава.

**Ключевые слова:** омартроз, радиочастотная денервация, надлопаточный нерв, хроническая боль, консервативное лечение, симптоматическая терапия.

## Материалы и методы

### Дизайн исследования и пациенты

В проспективное одноцентровое сравнительное исследование, проведенное в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, было включено 40 пациентов с рентгенологически подтвержденным омартрозом III–IV стадии, которым было противопоказано хирургическое лечение. Критерии включения: возраст старше 18 лет; стойкий умеренный и выраженный болевой синдром (4–10 баллов по ВАШ), сохраняющийся более 3 месяцев; неэффективность предыдущей консервативной терапии; наличие абсолютных противопоказаний к эндопротезированию или отказ пациента от операции. Критерии исключения: инфекционный процесс, ревматоидный артрит в активной фазе, тяжелый неврологический дефицит верхней конечности, коагулопатии.

Пациенты были рандомизированы на две группы:

- **Основная группа (n=20):** Пациенты, которым проведена радиочастотная денервация надлопаточного нерва.
- **Контрольная группа (n=20):** Пациенты, получавшие комплексную консервативную терапию.

### Методика консервативного лечения (Контрольная группа)

Пациенты контрольной группы получали комплексную консервативную терапию: пероральный и парентеральный прием НПВП; курс около- и внутрисуставных инъекций (введение кортикоидов, озона, препаратов гиалуроновой кислоты); физиотерапевтическое лечение (фонофорез гидрокортизона), ЛФК.

### Методика радиочастотной денервации (Основная группа)

Первым этапом выполнялись диагностические блокады проекции надлопаточного нерва, что стандартно для других методов абляции позвоночника и крупных суставов. Уменьшение боли более чем на 50 % характеризовался как положительный эффект от диагностической блокады. Далее проводилась собственно про-

цедура РЧД. В положении пациента сидя либо полулёжа на боку настаивался электронно-оптический преобразователь для получения строго передне-задней либо косой (проекция Grashey) проекции. В данных проекциях спиногленоидальная вырезка идентифицируется путём определения латеральной границы лопаточной ости до её прикрепления к шейке лопатки. Зона абляции надлопаточного нерва соответствует верхней половине задней части шейки гленоида латеральнее остисто-гленоидной вырезки, но медиальнее линии суставной поверхности лопатки. Все манипуляции проводились под контролем электронно-оптического преобразователя. Канюлированную иглу 22 G 10 см продвигали до контакта с надкостницей лопатки, выполняли введение 5 мл раствора местного анестетика через проведённую иглу, достигался положительный сенсорный эффект от блокады. Через канюлированную иглу проводился электрод в зону абляции, выполнялось моторное тестирование путём стимуляции до 1,5–2 Вольт (2 Герца), подтверждали отсутствие сокращений надостной и подостной мышц. При выраженным моторном ответе от данных мышц производили смещение электрода латеральнее, проводили повторное тестирование. Выполняли радиочастотную абляцию надлопаточного нерва в импульсном режиме по 120 секунд при температуре 42 градусов по Цельсию. Обезболивающий эффект мог достигаться как в течении короткого срока после денервации, так и в течении 2–4 недель с вероятностью непродолжительного обострения болей сразу после манипуляции.

#### Оценка результатов

Оценка по шкалам ВАШ (боль в покое и при движении) и DASH проводилась до лечения, а также через 3, 6 и 12 месяцев после процедуры или начала консервативной терапии.

#### Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась с ис-

Таблица 1.  
Общая характеристика пациентов

Характеристика	Основная группа (РЧД)	Контрольная группа	p-value
Количество пациентов	20	20	–
Мужчины	8 (40 %)	7 (35 %)	>0,05
Женщины	12 (60 %)	13 (65 %)	>0,05
Средний возраст, лет	$68.5 \pm 5.1$	$70.2 \pm 4.8$	>0,05
Исходный ВАШ (баллы)	$7.1 \pm 1.5$	$6.9 \pm 1.7$	>0,05
Исходный DASH (баллы)	$65.3 \pm 10.2$	$63.8 \pm 9.5$	>0,05

пользованием программы IBM SPSS Statistics v.26. Для сравнения количественных показателей между группами применялся непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Общие характеристики пациентов представлены в Таблице 1. Группы были сопоставимы по возрасту, полу и исходным показателям боли и функции.

#### Результаты

На основании проведенного исследования разработан и апробирован алгоритм методики радиочастотной денервации плечевого сустава при болевом синдроме, обусловленном омартрозом.

Исходно, до лечения, результаты анкет ВАШ и DASH пациентов основной и контрольной групп были сопоставимы, различия между группами были статистически незначимы ( $p > 0,05$ ). Средний балл по ВАШ в основной группе составил  $7.1 \pm 1.5$ , в контрольной группе —  $6.9 \pm 1.7$ . Средние значения опросника DASH в основ-

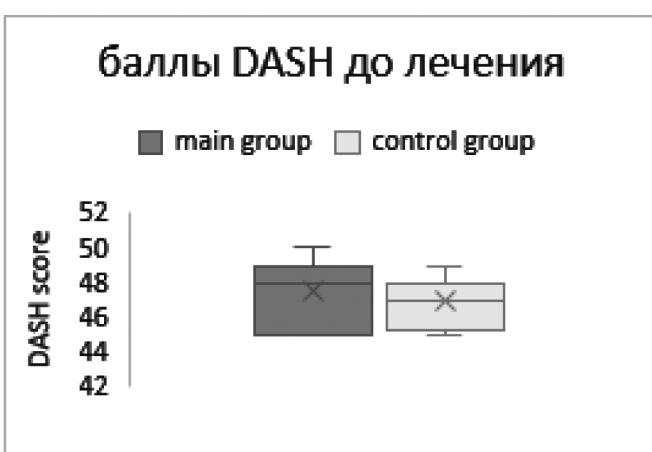
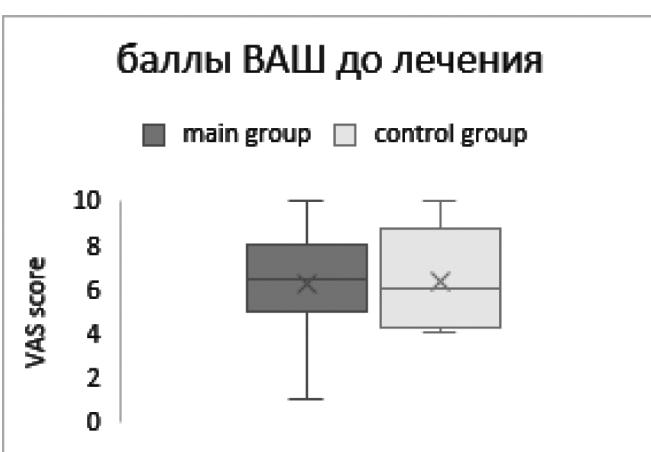


Рис. 1. Результаты опросников ВАШ и DASH у пациентов основной и контрольной групп до лечения

ной группе были  $65.3 \pm 10.2$ , в контрольной группе —  $63.8 \pm 9.5$  (рис. 1).

Промежуточные результаты были оценены через 3 и 6 месяцев после начала лечения.

**Через 3 месяца** средний показатель ВАШ в основной группе ( $2.5 \pm 0.9$ ) статистически значимо отличался от такового в контрольной группе ( $3.8 \pm 1.2$ ) ( $p<0.05$ ). Показатели DASH также были достоверно лучше в группе РЧД ( $38.4 \pm 7.1$  против  $50.1 \pm 8.3$  в контрольной группе;  $p<0.05$ ).

**Через 6 месяцев** различия между группами сохранились и стали более выраженным. Средний балл по ВАШ в основной группе составил  $2.2 \pm 0.7$ , в контрольной —  $4.9 \pm 1.4$  ( $p<0.05$ ). Показатели DASH в основной группе были  $32.6 \pm 6.8$ , в контрольной группе —  $53.8 \pm 8.9$  ( $p<0.05$ ).

Окончательные результаты лечения были оценены через 12 месяцев. Статистически значимые результаты ( $p<0.05$ ) наблюдались по опросникам ВАШ и DASH у пациентов основной и контрольной групп. Средние значения ВАШ в основной группе пациентов составили  $2.1 \pm 0.8$ , в контрольной группе —  $5.8 \pm 1.6$ . Показатели DASH в основной группе были  $30.5 \pm 8.2$ , в контрольной группе —  $55.4 \pm 9.7$ .

Результаты обработки данных исследования позволяют сделать заключение, что имеются статистически значимые различия между основной и контрольной группами пациентов, как по выраженности болевого синдрома, так и по ограничениям повседневной активности (таблица 2).

В связи с этим, пациенты, которым была проведена радиочастотная денервация надлопаточного нерва, находились под наблюдением. В результате у 18 пациентов (90 %) отмечался стойкий положительный эффект на протяжении всего периода наблюдения. Хорошие (26–50 баллов по DASH, низкие баллы по ВАШ) функциональные результаты были получены у 90 % пациентов. Средний балл по ВАШ составил 2.1 балла, средний балл по DASH — 30.5. Двум пациентам была проведена повторная процедура через 8–9 месяцев. Возможной причиной возврата боли является неполная денервация ввиду технических трудностей или анатомических особенностей пациента. Моторной денервации плечевого сустава ни у одного из пациентов не наблюдалось. Гематом или инфекционных осложнений также не было.

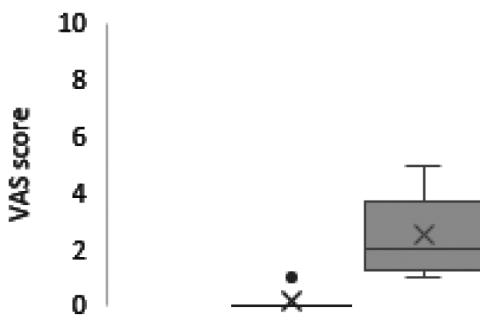
Таблица 2.  
Динамика показателей ВАШ и DASH в группах  
через 3, 6 и 12 месяцев

Срок наблюдения	Показатель	Основная группа (РЧД)	Контрольная группа	p-value
3 месяца	ВАШ	$2.5 \pm 0.9$	$3.8 \pm 1.2$	$<0.05$
	DASH	$38.4 \pm 7.1$	$50.1 \pm 8.3$	
6 месяцев	ВАШ	$2.2 \pm 0.7$	$4.9 \pm 1.4$	$<0.05$
	DASH	$32.6 \pm 6.8$	$53.8 \pm 8.9$	
12 месяцев	ВАШ	$2.1 \pm 0.8$	$5.8 \pm 1.6$	$<0.05$
	DASH	$30.5 \pm 8.2$	$55.4 \pm 9.7$	

Через 12 месяцев в основной группе было зафиксировано статистически значимое снижение интенсивности боли и улучшение функции конечности по сравнению с контрольной группой. В контрольной группе

### баллы ВАШ через 12 месяцев

■ main group ■ control group



### баллы DASH через 12 месяцев

■ main group ■ control group

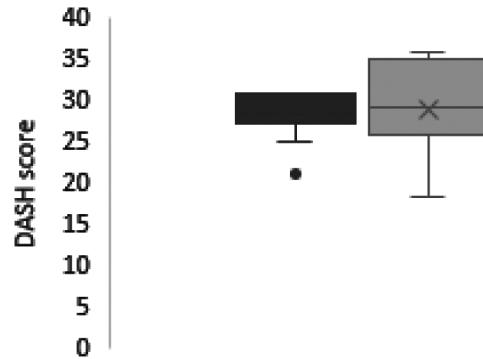


Рис. 2. Результаты опросников ВАШ и DASH у пациентов основной и контрольной групп через 12 месяцев после лечения

у 17 пациентов (85 %) отмечалось лишь временное незначительное улучшение после курса инъекций с последующим возвратом к исходному уровню боли к 6-му месяцу наблюдения.

### Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют четкое и статистически значимое превосходство радиочастотной денервации надлопаточного нерва над стандартной консервативной терапией в лечении болевого синдрома при омартрозе у пациентов, не являющихся кандидатами на эндопротезирование. Методика обеспечивает длительный анальгетический эффект, что позволяет значительно сократить или полностью отказаться от приема анальгетиков и избежать связанных с ним системных побочных эффектов, особенно актуальных для коморбидных пациентов.

Важным преимуществом методики является ее минимальная инвазивность и возможность выполнения в условиях процедурной комнаты под местной анестезией. Как показали наши результаты и данные других исследований, использование импульсного режима РЧД (при температуре 42°C) позволяет избежать денервационной миопатии и повреждения двигательных волокон, обеспечивая при этом длительную модуляцию боли за счет воздействия на ноцицептивные проводящие пути.

Отсутствие серьезных осложнений в нашем исследовании подтверждает безопасность метода при точном соблюдении методики выполнения под рентген-контро-

лем и проведении предварительной моторной стимуляции. Необходимость повторной процедуры у 10% пациентов связана с явлениями реиннервации, что является ожидаемым и не снижает ценности метода как средства эффективного симптоматического лечения, направленного на улучшение качества жизни данной категории пациентов.

### Ограничения исследования

Ограничениями исследования являются относительно небольшой объем выборки и отсутствие двойного слепого контроля, что связано с особенностью вмешательства. Для получения более репрезентативных данных требуются дальнейшие многоцентровые рандомизированные исследования.

### Заключение

Таким образом, радиочастотная денервация надлопаточного нерва является высокоэффективным, безопасным и минимально инвазивным методом симптоматического лечения пациентов с тяжелым омартрозом, которым противопоказано эндопротезирование. Методика обеспечивает достоверное и долговременное снижение интенсивности болевого синдрома и улучшение функции плечевого сустава, превосходя по эффективности стандартную консервативную терапию. РЧД должна рассматриваться как важная альтернатива в арсенале средств паллиативного лечения тяжелого остеоартрита плечевого сустава.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Kesyan G.A., Urazgil'deev R.Z., Karapetyan G.S., et al. Reverse shoulder arthroplasty in difficult clinical cases. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. 2019; (4): 111-120. Russian (Кесян Г.А., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С. и др. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава в сложных клинических случаях. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2019; 18(4): 111–120).
2. Kesyan G.A., Karapetyan G.S., Shuyskiy A.A. et al. Reverse shoulder arthroplasty in cases of glenoid defects using primary-revision metaglene. N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics. 2021. — Vol. 28. — N. 2.: 13–20. doi: 10.17816/vto64589. Russian. (Кесян Г.А., Карапетян Г.С., Шуйский А.А. и др. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава при дефектах гленоида с использованием первично-ревизионного метаглена. Вестник травматологии и ортопедии им Н. Н. Приорова. 2021. — Т. 28. — №2: 13–20).
3. Eckmann M., Joshi M., Bickelhaupt B. How I do it: shoulder articular nerve blockade and radiofrequency ablation. ASRA News 2020; 45. <https://doi.org/10.52211/asra110120.062>
4. Simopoulos T.T., Nagda J., Aner M.M. Percutaneous radiofrequency lesioning of the suprascapular nerve for the management of chronic shoulder pain: a case series. J Pain Res. 2012;5: 91–97. <https://doi.org/10.2147/JPR.S29864>.
5. Eckmann M.S., Bickelhaupt B., Fehl J. et al. Cadaveric study of the articular branches of the shoulder joint. Reg Anesth Pain Med. 2017;42(5):564–570. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000652>
6. Tran J., Peng P., Agur A. Anatomical study of the innervation of glenohumeral and acromioclavicular joint capsules: implications for image-guided intervention. Reg Anesth Pain Med. 2019;44: 452–458. <https://doi.org/10.1136/rapm-2018-100152>
7. Tran J., Peng P., Agur A. Evaluation of suprascapular nerve radiofrequency ablation protocols: 3D cadaveric needle placement study. Reg Anesth Pain Med. 2019;44: 1021–1025. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100739>

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

## ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОМОГРАФТОВ

## И НАТИВНЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА

### COMPARATIVE ANALYSIS OF ECHOCARDIOGRAPHIC PARAMETERS OF HOMOGRAFT AND NATIVE HEART VALVES

**R. Komarov**  
**M. Tkachev**  
**N. Zaikina**  
**M. Zaikina**  
**G. Varlamov**  
**I. Gailaev**  
**N.-S. Choibsonov**  
**T. Maisyan**

**Summary.** *Introduction.* Despite the widespread use of homograft valves in valve surgery, their medium-term results remain insufficiently studied. In particular, there is a lack of systematized data on their echocardiographic characteristics at various periods post-implantation, as well as a comparative analysis with the indicators of healthy patients. This limits the understanding of degeneration processes and factors influencing the durability of the grafts.

**Objective.** To assess the medium-term echocardiographic parameters of homograft valves in different positions using transthoracic echocardiography and compare them with the values of healthy volunteers.

**Materials and Methods.** The study included 35 patients who underwent homograft implantation in the aortic, mitral, and tricuspid positions, as well as 68 healthy volunteers in the control group. The mean follow-up period was  $6.8 \pm 1.41$  years. The parameters assessed included end-diastolic size (EDV), end-systolic size (ESV), left ventricular mass (LVM), end-diastolic (EDV) and end-systolic volume (ESV), as well as the morphometric characteristics of the atria. Additionally, the thickness of the interventricular septum (IVS), posterior wall of the left ventricle (LVPW), ejection fraction (EF), diameters of the Valsalva sinuses, and ascending aorta were analyzed.

**Results.** Patients with aortic homografts (group I,  $n=19$ , mean age  $50.0 \pm 16.4$  years), mitral homografts in the mitral position (group II,  $n=6$ , mean age  $47.5 \pm 13.1$  years), and mitral homografts in the tricuspid position (group III,  $n=10$ , mean age  $46.3 \pm 14.9$  years) showed satisfactory hemodynamic indicators in the medium-term period. When compared to the control group ( $n=68$ , mean age  $54.5 \pm 13.1$  years), statistically significant differences were found in the degree of aortic regurgitation and pressure gradients on the mitral homograft, but these parameters remained within clinically acceptable values. The degree of regurgitation on the mitral homograft in the tricuspid position was borderline, likely due to the anatomical features of the valve and its subvalvular structures. The results confirm the functional integrity of homografts in the studied positions in the medium-term follow-up period.

**Комаров Роман Николаевич**  
д.м.н., профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Ткачёв Максим Игоревич**  
к.м.н., доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)  
tkachev.cardiovascular@gmail.com

**Заикина Наталья Викторовна**  
к.м.н., заведующая отделением функциональной диагностики, Государственное учреждение здравоохранения «Липецкая областная клиническая больница»

**Заикина Маргарита Павловна**  
Аспирант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Варламов Георгий Аркадьевич**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Гайлаев Ильяс Данилбекович**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Чойбсонов Нима-Сурун Цырен-Дашиевич**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Maisyan Tigran Artjomovich**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

*Conclusion.* The medium-term results of homograft valve use in the aortic, mitral, and tricuspid positions confirm their functional integrity. Despite some differences in echocardiographic parameters, all values remain within clinically acceptable ranges, indicating the stability of the grafts.

*Keywords:* homograft valves, echocardiography, mitral homograft, aortic homograft, tricuspid position.

*Аннотация. Введение.* Несмотря на широкое применение гомологичных клапанов в хирургии клапанных пороков, их среднесрочные результаты остаются недостаточно изученными. В частности, отсутствуют систематизированные данные об их эхокардиографических характеристиках в различные периоды после имплантации, а также сравнительный анализ с показателями здоровых пациентов. Это ограничивает понимание процессов дегенерации и факторов, влияющих на долговечность трансплантатов.

*Цель.* Оценить среднесрочные эхокардиографические параметры гомологичных клапанов в различных позициях методом трансторакальной эхокардиографии и сравнить их с показателями здоровых добровольцев.

*Материалы и методы.* В исследование включены 35 пациентов, перенесших операцию по имплантации гомографтов в аортальную, митральную и триkuspidальную позиции, а также 68 здоровых добровольцев, составивших контрольную группу. Средний срок наблюдения составил  $6,8 \pm 1,41$  лет. Оценивались параметры конечного диастолического размера (КДР), конечного систолического размера (КСР), массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ), конечного диастолического (КДО) и конечного систолического объема (КСО), а также морфометрические характеристики предсердий. Дополнительно анализировались толщина межжелудочковой перегородки (МЖП), задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), фракция выброса (ФВ), диаметры синусов Вальсальвы и восходящей аорты.

*Результаты.* Пациенты с аортальным гомографтом (группа I,  $n=19$ , средний возраст  $50,0 \pm 16,4$  лет), митральным гомографтом в митральной позиции (группа II,  $n=6$ , средний возраст  $47,5 \pm 13,1$  лет) и митральным гомографтом в триkuspidальной позиции (группа III,  $n=10$ , средний возраст  $46,3 \pm 14,9$  лет) показали удовлетворительные показатели гемодинамики в среднеподдаленном периоде. В сравнении с контрольной группой ( $n=68$ , средний возраст  $54,5 \pm 13,1$  лет) выявлены статистически значимые отличия в степени аортальной регургитации и градиентах давления на митральном гомографте, однако данные параметры оставались в пределах клинически допустимых значений. Степень регургитации на митральном гомографте в триkuspidальной позиции была пограничной, вероятно, вследствие анатомических особенностей клапана и его подклапанных структур. Полученные результаты подтверждают функциональную состоятельность гомографтов в исследуемых позициях в среднесрочном периоде наблюдения.

*Заключение.* Среднесрочные результаты применения гомологичных клапанов в аортальной, митральной и триkuspidальной позициях подтверждают их функциональную состоятельность. Несмотря на некоторые отличия в эхокардиографических параметрах, все показатели остаются в пределах клинически допустимых значений, что свидетельствует о стабильности работы трансплантатов.

*Ключевые слова:* гомологичные клапаны, эхокардиография, митральный гомографт, аортальный гомографт, триkuspidальная позиция.

## Введение

Гомологичные клапаны применяются в хирургическом лечении клапанных пороков с конца 1950-х годов<sup>1</sup>. Их основные преимущества, выявленные в ранних исследованиях, связаны с благоприятными гемодинамическими характеристиками и отсутствием необходимости в длительной антикоагулянтной терапии<sup>2,3</sup>. Более поздние исследования подтвердили, что

гомографты следует рассматривать в качестве предпочтительного выбора у пациентов с активным инфекционным эндокардитом, поскольку он характеризуется низким риском повторного инфекционного поражения после операции<sup>4-6</sup>.

Однако, как и другие биопротезы, гомографты обладают ограниченной долговечностью. Дегенеративные изменения, как правило, становятся выраженными че-

рез 10–15 лет после имплантации, что делает необходимость повторного хирургического вмешательства весьма вероятной, особенно у молодых пациентов<sup>7</sup>.

Этиопатогенез дегенерации гомографтов остается предметом активных научных исследований, поскольку он носит сложный и мультифакторный характер. Среди предполагаемых механизмов рассматриваются иммунологическое отторжение, механическое напряжение, ишемические повреждения и химическое воздействие. Ключевым триггером, вероятно, является эндотелиальная активация в ответ на повреждение ткани, приводящая к пролиферации гладкомышечных клеток и их последующему апоптозу. На долговечность гомографтов могут оказывать влияние как факторы, связанные с реципиентом и донором, так и параметры обработки трансплантата, включая методы его стерилизации и консервации, способные модулировать выраженность иммунного ответа<sup>4,7,8</sup>.

В данном исследовании мы ставили целью оценку среднесрочных результатов использования гомологичных клапанов. Для этого проводилась трансторакальная эхокардиография для анализа ключевых эхокардиографических параметров клапанов, имплантированных в различные анатомические позиции, и выполнялось сравнение полученных данных с показателями здоровых добровольцев.

## Материалы и методы

Настоящее исследование представляет собой ретроспективный анализ 35 пациентов, перенесших имплантацию гомологичного клапана в Университетской клинической больнице № 1 Сеченовского Университета в период с 2015 по 2019 годы. В исследование включены только пациенты, которым выполнялась изолированная хирургическая коррекция клапанного порока. Контрольную группу составили 68 добровольцев, сопоставимых с основной группой по возрасту, индексу массы тела (ИМТ) и площади поверхности тела (ППТ). Эхокардиографическое исследование в контрольной группе проводилось при обследовании по поводу заболеваний, не связанных с сердечно-сосудистой патологией. Общая характеристика исследуемой когорты представлена в Таблице 1.

Аортальный гомографт в ортопедическую позицию имплантировался 19 пациентам, из которых у 12 был инфекционный эндокардит. Митральный гомографт имплантировался 6 пациентам в ортопедическую позицию, тогда как 10 — в позицию триkuspidального клапана.

## Статистический анализ

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле: масса (кг), делённая на квадрат роста (м<sup>2</sup>). Площадь

Таблица 1.

Общая характеристика исследуемой когорты пациентов

Параметр	Группа 0 (Здоровые добровольцы) (n = 68)	Группа I (Аортальный гомографт) (n = 19)	Группа II (Митральный гомографт в митральной позиции) (n = 6)	Группа III (Митральный гомографт в триkuspidальной позиции) (n = 10)	p
Возраст, лет M ± SD (min — max)	54,5 ± 13,1 (18–78)	50 ± 16,4 (19–74)	47,5 ± 13,1 (23–61)	46,3 ± 14,9 (29–67)	0/I=0,366 0/II=0,269 0/III=0,190
Пол	M, n (%)	35 (51)	16 (84)	2 (33)	6 (60)
	Ж, n (%)	33 (49)	3 (16)	4 (67)	4 (4)
Вес, кг, M ± SD (min — max)	81,6 ± 19,8 (45–128)	81,6 ± 17,7 (56–120)	72,0 ± 3,3 (68–75)	72,8 ± 8,2 (59–82)	0/I=0,926 0/II=0,043 0/III=0,085
Рост, см, M ± SD (min — max)	168,7 ± 9,6 (151–190)	175 ± 5,5 (167–188)	168,7 ± 5,1 (164–175)	166,7 ± 9,0 (160–183)	0/I=0,015 0/II=0,007 0/III=0,014
ППТ, м <sup>2</sup> , M ± SD (min — max)	1,91 ± 0,2 (1,44–2,46)	1,96 ± 0,2 (1,67–2,45)	1,82 ± 0,07 (1,75–1,90)	1,80 ± 0,13 (1,63–2,00)	0/I=0,500 0/II=0,495 0/III=0,158
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , M ± SD (min — max)	28,5 ± 6,1 (17,3–45,3)	26,4 ± 4,7 (18,7–34,82)	25,3 ± 0,9 (24,5–26,7)	26,3 ± 3,5 (20,1–30,1)	0/I=0,272 0/II=0,143 0/III=0,054

поверхности тела (ППТ) определялась по формуле Мостеллера:  $\sqrt{(\text{вес (кг)} * \text{рост (см)}) / 3600}$ . Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения SPSS версии 23.0 для Windows. Проверку распределения количественных переменных выполняли с применением критерия Колмогорова — Смирнова. Сравнение показателей между пациентами с ТЭО и без него осуществлялось в зависимости от характера распределения данных: при нормальном распределении использовался t-критерий Стьюдента, при отклонении от нормального — U-критерий Манна — Уитни. Количественные переменные представлены в формате  $M \pm m$  (среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка среднего). Для сравнения качественных переменных применялся критерий хи-квадрат Пирсона. М. Значения считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Средний срок наблюдения за пациентами составил  $6,8 \pm 1,41$  лет. Средний возраст пациентов в группе I (аортальный гомогraft) составил  $50,0 \pm 16,4$  лет ( $n = 19$ , из них 16 мужчин). В группе II (митральный гомогraft в митральной позиции) средний возраст составил  $47,5 \pm 13,1$  лет ( $n = 6$ , из них 4 женщины). В группе III (митральный гомогraft в триkuspidальной позиции) средний возраст пациентов был  $46,3 \pm 14,9$  лет ( $n = 10$ , из них 6 мужчин). В контрольной группе (здоровые добровольцы) средний возраст составил  $54,5 \pm 13,1$  лет ( $n = 68$ , из них 35 мужчин).

Сравнивались показатели конечного диастолического размера (КДР), конечного систолического размера (КСР), массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ), конечного диастолического объема (КДО), конечного систолического объема (КСО), конечного систолического размера левого предсердия (КСР ЛП), а также объемов левого (ЛП) и правого предсердий (ПП), нормированные на площадь поверхности тела (ППТ). Также проводилось сравнение толщины межжелудочковой перегородки (МЖП), задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), фракции выброса (ФВ), а также диаметра синусов Вальсальвы и восходящей аорты. Все данные были получены в ходе промежуточной эхокардиографии, которая проводилась в период, сопоставимый с длительностью наблюдения за пациентами.

Основным объектом исследования являлось сравнение параметров аортального гомогraftа, митрального гомогraftа в митральной позиции и митрального гомогraftа в триkuspidальной позиции с аналогичными показателями нативных клапанов у здоровых добровольцев, сопоставимых по антропометрическим характеристикам. Более детально данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2.  
Среднесрочные результаты применения гомологичных клапанов

Параметр	Группа 0 (Здоровые добровольцы) (n = 68)	Группа I (Аортальный гомогraft) (n = 19)	Группа II (Митральный гомогraft в митральной позиции) (n = 6)	Группа III (Митральный гомогraft в триkuspidальной позиции) (n = 10)
ЛЖ КДР/ ППТ, см <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$2,6 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,3$ 0/I=0,144	$2,4 \pm 0,5$ 0/II=0,099	$2,7 \pm 0,3$ 0/III=0,078
ЛЖ КСР/ ППТ, см <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$1,9 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,2$ 0/I=0,271	$1,8 \pm 0,2$ 0/II=0,390	$1,8 \pm 0,2$ 0/III=0,461
МЖП, см, M $\pm$ SD	$0,9 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,2$ 0/I=0,008	$0,9 \pm 0,1$ 0/II=0,011	$0,9 \pm 0,1$ 0/III=0,016
ЗСЛЖ, см, M $\pm$ SD	$0,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$ 0/I=0,239	$0,9 \pm 0,1$ 0/II=0,162	$0,8 \pm 0,2$ 0/III=0,048
ММЛЖ/ППТ, г/м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$114 \pm 28$	$112 \pm 25$ 0/I=0,814	$94 \pm 54$ 0/II=0,061	$105 \pm 27$ 0/III=0,077
КДО/ППТ, мл/м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$49 \pm 14$	$53 \pm 14$ 0/I=0,203	$52 \pm 31$ 0/II=0,223	$54 \pm 11$ 0/III=0,162
КСО/ППТ, мл/м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$20 \pm 9$	$22 \pm 7$ 0/I=0,083	$23 \pm 11$ 0/II=0,187	$22 \pm 6$ 0/III=0,215
ФВ, %, M $\pm$ SD	$59 \pm 7$	$58 \pm 5$ 0/I=0,295	$55 \pm 6$ 0/II=0,272	$59 \pm 3$ 0/III=0,415
СВ, см, M $\pm$ SD	$3,2 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,1$ 0/I=0,859	$3,1 \pm 0,4$ 0/II=0,614	$3,0 \pm 0,2$ 0/III=0,109
ВосхАорта, см, M $\pm$ SD	$3,4 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,1$ 0/I=0,701	$3,2 \pm 0,5$ 0/II=0,263	$3,0 \pm 0,5$ 0/III=0,134
ЛП КСР/ППТ, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$2,0 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,2$ 0/I=0,697	$2,5 \pm 0,3$ 0/II=0,020	$2,0 \pm 0,1$ 0/III=0,029
Объем ЛП/ ППТ, мл м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$32 \pm 9$	$29 \pm 10$ 0/I=0,243	$61 \pm 27$ 0/II=0,004	$27 \pm 7$ 0/III=0,003
Объем ПП/ППТ, мл м <sup>2</sup> , M $\pm$ SD	$24 \pm 7$	$25 \pm 7$ 0/I=0,499	$27 \pm 7$ 0/II=0,613	$45 \pm 8$ 0/III=0,001
АК степень регургита- ции, M $\pm$ SD	$0,25 \pm 0,4$	$0,58 \pm 0,4$ 0/I=0,004		

Параметр	Группа 0 (Здоровые доброволь- цы) (n = 68)	Группа I (Аортальный гомографт) (n = 19)	Группа II (Ми- тральный гомографт в митраль- ной позиции) (n = 6)	Группа III (Митральный гомографт в трикуспи- дальной позиции) (n = 10)
АК макси- мальная скорость, см\с, M ± SD	128 ± 37	122 ± 9 0/I=0,105		
АК пиковый градиент, мм рт.ст., M ± SD	7,7 ± 4,6	7,4 ± 3,0 0/I=0,801		
АК средний градиент, мм рт.ст., M ± SD	3,8 ± 2,3	3,8 ± 1,7 0/I=0,665		
МК степень регургита- ции, M ± SD	0,9 ± 0,5		1,0 ± 0,5 0/II=0,594	
МК пиковый градиент, мм рт.ст., M ± SD	2,4 ± 0,8		6,1 ± 2,0 0/II=0,001	
МК средний градиент, мм рт.ст., M ± SD	1,1 ± 0,5		2,8 ± 0,7 0/II=0,001	
ТК степень регургита- ции, M ± SD	0,8 ± 0,5			1,8 ± 0,2 0/III=0,001
ТК пиковый градиент, мм рт.ст., M ± SD	14 ± 9			10 ± 3 0/III=0,001
ТК средний градиент, мм рт.ст., M ± SD	7 ± 5			7 ± 3 0/III=0,493

Следует отметить, что некоторые параметры достоверно отличались от показателей нативных клапанов у здоровых добровольцев (степень аортальной регургитации на гомографте и градиенты на митральном гомографте), однако эти изменения находились в пределах допустимых значений и не свидетельствовали о дисфункции гомологичного клапана. Кроме того, степень регургитации на митральном гомографте в трикуспи-

дальной позиции была пограничной, что, вероятно, обусловлено сложной анатомией данного клапана и его подклапанных структур, что, в свою очередь, затрудняет прогнозирование его функционирования в среднеотдалённом периоде.

### Обсуждение

Несмотря на долгую историю применения аортальных гомографтов, они остаются относительно малоизученным методом в кардиохирургии. Несмотря на их успешное использование в клинической практике, данных, полученных в результате эхокардиографического мониторинга, всё ещё недостаточно для окончательных выводов о поведении этих клапанов в среднеотдалённом периоде.

Так S. Olivito и соавторы представили одни из самых обширных данных по протезированию митральных гомографтов, продемонстрировав значительный опыт в этой области. В долгосрочном наблюдении за пациентами, перенесшими имплантацию митральных гомографтов, было выявлено прогрессирующее структурное ухудшение клапанов. В исследование были включены 106 пациентов, преимущественно с ревматической этиологией порока; средняя длительность наблюдения составила  $9,3 \pm 4,7$  года. Свобода от структурной деградации составила 90 %, 76 % и 65 % через 5, 10 и 15 лет соответственно. По данным эхокардиографического контроля, по сравнению с исходным уровнем, наблюдалось увеличение степени митральной регургитации (с 0,4 до 1,3;  $p < 0,001$ ), нарастание среднего трансмитрального градиента (с 3,9 до 7,0 мм рт.ст.;  $p < 0,001$ ), а также уменьшение площади клапанного отверстия. Структурная дегенерация чаще отмечалась при использовании тотальных гомотрансплантатов (в сравнении с частичными), у женщин после беременности, у пациентов моложе 40 лет и при размере фиброзного кольца  $\leq 30$  мм. Морфологическое исследование эксплантов выявляло, как правило, выраженный фиброз, кальцификацию и отсутствие клеточных элементов<sup>9</sup>. Полученные данные позволяют заключить, что характер структурных изменений митральных гомографтов сопоставим с таковым у биопротезов, что подчёркивает актуальность поиска новых и более щадящих методов их криоконсервации. Несмотря на то, что наша выборка пациентов с митральными гомографтами в митральной позиции невелика (6 наблюдений), полученные результаты за период наблюдения в  $6,8 \pm 1,41$  лет можно оценить как удовлетворительные: степень митральной регургитации составила  $1,0 \pm 0,5$ , а средний градиент —  $2,8 \pm 0,7$  мм рт.ст. Вместе с тем, мы признаём, что ключевым фактором долговечности гомотрансплантатов остаются методы их обработки, и дальнейшие исследования в этом направлении представляются крайне необходимыми.

Мировой опыт применения митральных гомогraftов в триkuspidальной позиции ограничен, однако два исследования представляют наиболее широкий опыт в этом направлении. Начнём с работы A. Kalangos, которая охватывает 8 детей с нереконструируемым ревматическим поражением триkuspidального клапана, которым была выполнена его замена митральным гомографтом. Средний возраст пациентов составил 14,2 года. Средняя продолжительность наблюдения составила  $56 \pm 12$  месяцев. За весь период не было зарегистрировано ни ранней, ни поздней летальности. К моменту последнего наблюдения все пациенты находились в I-II функциональном классе и не нуждались в повторных операциях. Эхокардиография показала минимальную остаточную триkuspidальную регургитацию у 6 пациентов и лёгкую регургитацию у 2. Максимальный трансвальвularный градиент не превышал 2 мм рт.ст. Эти результаты свидетельствуют о высокой клинической эффективности митральных гомографтов в триkuspidальной позиции у детей и позволяют рассматривать данный подход как достойную альтернативу традиционным клапанным протезам<sup>10</sup>. К сожалению, у нас отсутствует опыт применения гомографтов в детской популяции. Тем не менее, мы признаём, что среднесрочные и отдалённые результаты коллег являются обнадеживающими. Однако для полноценной оценки долговечности гомографтов в данной позиции необходимо проведение дальнейших наблюдений на более длительных сроках.

В другом исследовании J.-P. A. Couetil и соавт. описали опыт частичной замены триkuspidального клапана митральным гомографтом у 7 пациентов с острым эндо-кардитом триkuspidального клапана. В ходе операции выполнена резекция передней и задней створок с сохранением септальной створки. Замена клапана была осуществлена через правый атриотомный доступ, при этом использовались передняя створка митрального гомографта у 3 пациентов и комбинация передней и задней створки у 4. На среднесрочном наблюдении (средний срок — 30 месяцев) все пациенты имели отличное функциональное состояние, минимальную триkuspidальную регургитацию у 4 пациентов, а средний трансклапанный градиент составил 4 мм рт.ст.<sup>11</sup>. Эти данные подтверждают эффективность частичной замены триkuspidального клапана митральным гомографтом как надёжную аль-

тернативу при невозможности реконструкции клапана, обеспечивая отличные функциональные результаты и стабильную гемодинамику на среднесрочной стадии. В нашей работе всем пациентам была выполнена полная замена триkuspidального клапана с использованием гомографтов, поскольку мы не проводим частичную резекцию клапана. Особые трудности возникли при фиксации гомографта к папиллярным мышцам, расположенным на передней стенке правого желудочка, что, вероятно, объясняет развитие регургитации на клапане в нашем наблюдении. Степень регургитации на митральном гомографте в позиции триkuspidального клапана в нашем исследовании составила  $1,8 \pm 0,2$ .

В заключении следует отметить опыт применения аортальных гомографтов. С. Vuran и соавторы провели анализ среднесрочных клинических результатов применения криоконсервированных гомографтов для замены аортального клапана. Операция была выполнена 40 пациентам, при этом во всех случаях использовалась техника полной замены корня аорты с имплантацией гомографта. Средняя продолжительность наблюдения составила  $67 \pm 26$  месяцев. Степень регургитации на имплантированных клапанах была минимальной у большинства пациентов, а средний трансвальвularный градиент составил  $11,3 \pm 4,6$  мм рт. ст. на момент последнего контроля<sup>12</sup>. Наши данные сопоставимы с вышеупомянутым опытом, поскольку у пациентов наблюдалась незначительная регургитация ( $0,58 \pm 0,4$ ), а значения градиентов составили  $7,4 \pm 3,0$  и  $3,8 \pm 1,7$  для пикового и среднего градиента соответственно. Таким образом, криоконсервированные гомографты можно рассматривать как безопасную альтернативу механическим клапанам, и они могут быть успешно использованы при соответствующих показаниях.

### Заключение

Среднесрочные результаты применения гомологичных клапанов в аортальной, митральной и триkuspidальной позициях подтверждают их функциональную состоятельность. Несмотря на некоторые отличия в эхокардиографических параметрах, все показатели остаются в пределах клинически допустимых значений, что свидетельствует о стабильности работы трансплантатов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Lam CR, Aram HH, Munnell ER. An experimental study of aortic valve homografts. *Surg Gynecol Obstet.* 1952;94(2):129–135.
2. Anderson ET, Hancock EW. Long-term follow-up of aortic valve replacement with the fresh aortic homograft. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1976;72(1):150–156.
3. Acar C, Tolan M, Berrebi A, et al. Homograft replacement of the mitral valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 1996;111(2):367–380. doi:10.1016/S0022-5223(96)70446-4
4. Andreeva A, Coti I, Werner P, et al. Aortic Valve Replacement in Adult Patients with Decellularized Homografts: A Single-Center Experience. *J Clin Med.* 2023;12(21):6713. doi:10.3390/jcm12216713
5. Acar C. The mitral homograft—is it worthwhile? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;120(3):448–449. doi:10.1067/mtc.2000.109924
6. Nuzhdin MD, Komarov RN, Matsuganov DA, Nadtochiy NB. Original technique for tricuspid valve replacement by mitral homograft: Step-by-step approach and initial results. *J Card Surg.* 2022;37(12):5195–5201. doi:10.1111/jocs.17228

7. Yazdchi F, Harloff M, Hirji S, et al. Long-term Outcomes of Aortic Valve Replacement With Aortic Homograft: 27 Years Experience. *Ann Thorac Surg.* 2021;112(6):1929–1938. doi:10.1016/j.athoracsur.2020.12.030
8. Acar C, Ali M. Homologous transplantation of the mitral valve: a review. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2004;45(5):455–464.
9. Olivito S, Lalande S, Nappi F, et al. Structural deterioration of the cryopreserved mitral homograft valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2012;144(2):313–320.e1. doi:10.1016/j.jtcvs.2011.06.041
10. Kalangos A, Sierra J, Beghetti M, Trigo-Trindade P, Vala D, Christenson J. Tricuspid valve replacement with a mitral homograft in children with rheumatic tricuspid valvulopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(6):1682–1687. doi:10.1016/j.jtcvs.2003.12.030
11. Couetil JPA, Argyriadis PG, Shafy A, et al. Partial replacement of the tricuspid valve by mitral homografts in acute endocarditis. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(6):1808–1812. doi:10.1016/s0003-4975(02)03574-9
12. Vuran C, Simon P, Wollenek G, Ozker E, Aslim E. Midterm results of aortic valve replacement with cryopreserved homografts. *Balkan Med J.* 2012;29(2):170–173. doi:10.5152/balkanmedj.2011.017

---

© Комаров Роман Николаевич; Ткачёв Максим Игоревич (tkachev.cardiovascular@gmail.com);  
Заикина Наталья Викторовна; Заикина Маргарита Павловна; Варламов Георгий Аркадьевич;  
Гайлаев Ильяс Данилбекович; Чойбсонов Нима–Сурун Цырен–Дашиевич; Маисян Тигран Артёмович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА НА ТКАНЯХ ПАРОДОНТА

## RADIOLOGICAL AND FUNCTIONAL ASSESSMENT OF BONE TISSUE REGENERATION AFTER SURGICAL INTERVENTION ON PERIODONTAL TISSUES

**E. Konovalova**  
**P. Ivanov**  
**L. Zulkina**  
**E. Shastin**

**Summary.** Currently periodontitis remains one of the most common diseases. According to the WHO (2022), severe forms of periodontal diseases affect 19% of the adult population. Despite improvements in the quality of dental care and the introduction of new diagnostic methods, there is a trend towards an increase in newly identified cases of chronic periodontitis [1]. The consequences of the COVID-19 pandemic have impacted overall somatic health, including oral health, exacerbating pre-existing periodontal pathologies. The treatment of severe periodontitis is impossible without the use of surgical techniques such as guided bone regeneration which are essential for restoring lost bone and soft tissue structures of the periodontium. An urgent issue in modern dentistry, particularly periodontology, is early diagnosis and dynamic monitoring of the postoperative period. Analyzing existing research in the field of diagnosis and monitoring of the quality of the postoperative period, we believe that the combination of radiological and joulemetric methods are both relevant and in demand.

**Keywords:** Periodontitis, guided bone regeneration, functional diagnostics, radiological examination.

**Коновалова Екатерина Валерьевна**

Старший преподаватель,  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»  
udaltsovakaterina@mail.ru

**Иванов Петр Владимирович**  
доктор медицинских наук, главный врач,  
ООО «Estederal».  
info@estedental.ru

**Зюлькина Лариса Алексеевна**  
доктор медицинских наук,  
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»  
larisastom@yandex.ru

**Шастин Евгений Николаевич**  
Кандидат медицинских наук, главный врач,  
ООО «БАЛЬДАР»  
brace@mailto.ru

**Аннотация.** На сегодняшний день пародонтит остается одним из самых распространенных заболеваний, по данным ВОЗ (2022), тяжелые формы заболеваний пародонта затрагивают 19 % процентов взрослого населения. Не смотря на улучшение качества оказания стоматологической помощи и внедрению новых методов диагностики, наблюдается тенденция к увеличению вновь выявленных случаев хронического пародонтита [1]. Последствия пандемии COVID-19 отразились на общесоматическом здоровье и в том числе на состоянии полости рта, провоцируя обострение раннее существующих патологий пародонта. Лечение тяжелых форм пародонтита невозможно без проведения оперативного вмешательства, хирургические методики, такие как направленная регенерация костной ткани, являются гарантами восстановления потерянных костных и мягкотканых структур пародонта. Актуальным вопросом современной стоматологии, в частности пародонтологии является ранняя диагностика и динамическое наблюдение за ходом постоперационного периода. Анализируя имеющиеся исследования в области диагностики и мониторинга качества постоперационного периода, считаем вопрос совмещения рентгенологического и дуальметрического методов актуальным и востребованным.

**Ключевые слова:** пародонтит, направленная костная регенерация, функциональная диагностика, рентгенологическая диагностика.

### Введение

Диагностика заболеваний пародонта в основном базируется на анализе клинических признаков и симптомов. Однако при прогрессировании заболевания с резорбцией костной ткани рентгенологическое обследование является ведущим методом диагностики [1]. При использовании двухмерной визу-

ализации, оценка геометрии и глубины внутрикостных дефектов, кортикального слоя костной ткани затруднена за счет геометрической проекции и наложением соседних анатомических структур. Проекционное искажение и суммарная теневая картина анатомических близлежащих к дефекту структур может привести к погрешности полученных результатов [2]. Для более точной диагностики и оптимизации планирования и мони-

торинга проводимого пародонтологического лечения используется трехмерная визуализация при помощи конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [5]. В работе Walter, C. и др. (2020), была проведена рентгенологическая и клиническая оценка резорбции костной ткани в вертикальном и горизонтальном направлении, также было проанализировано включение области би- и трифуркаций корней боковой группы зубов в пародонтальный дефект. Результаты исследования показали высокую точность применения КЛКТ (80–84 %), которая была в последующем подтверждена интраоперационно [6]. Сравнительный анализ трехмерных снимков и цифровых периапикальных рентгенограмм при визуализации внутрикостных пародонтальных дефектов и резорбции костной ткани в вертикальном направлении, также констатировала более высокую точность КЛКТ. Рентгенологические данные были подтверждены клиническими исследованиями, что в свою очередь подтверждает гипотезу о более высокой точности КЛКТ для оценки вертикальной потери костной ткани [7]. Сравнение прицельных рентгенологических снимков с КЛКТ при изменении размеров дефектов костной ткани пародонтального костного кармана аналогично демонстрировала более высокую точность [8]. Браун и др. (2014) сообщили, что КЛКТ превосходит двухмерные снимки в выявлении внутрикостных дефектов и поражений бифуркации. В целом, при использовании двухмерных снимков внутрикостные дефекты были правильно идентифицированы в 82,7 % случаев, а при использовании КЛКТ — в 99,7 % случаев. КЛКТ также лучше выявляет поражения бифуркации (94,8 %) по сравнению с двухмерной рентгенологической визуализацией (75,6 %) [9]. Более того, КЛКТ является более точным методом для определения толщины десневого края. Исследования в данной области показали отсутствие статистически значимой разницы между рентгенологической толщиной десневого края и клиническим зондированием зубодесневой борозды. Понимание биологической структуры и морфологических свойств здоровой пародонтальной ткани помогает в диагностике и прогнозировании заболеваний пародонта. Средняя толщина тканей десны, полученная с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии, составила  $1,17 \pm 0,26$  мм для резцов и  $1,08 \pm 0,28$  мм для клыков. Средняя толщина тканей десны для боковой группы составила  $1,32 \pm 0,54$  мм [10,11]. Использование технологии Metal artifact reduction (MAR) обеспечивает улучшенное качество проводимого КЛКТ исследования, позволяя сократить количество артефактов связанных с недостаточностью фотонов, жесткостью излучения и наличием металлических объектов в теле пациента, что особенно актуально у пациентов с наличием металлических ортопедических конструкций в полости рта. Улучшенное качество изображения позволяет усовершенствовать хирургическое лечение, обеспечивая более четкое объединение данных стереолитографии (STL) и медицинской визуализации (DICOM или DCM). Это,

в свою очередь, способствует созданию хирургических шаблонов для малоинвазивных операций и точному расчету объема костной ткани, необходимого для направленной регенерации костной ткани (НКР), что обеспечивает соответствие костнозамещающего материала требуемым параметрам костного объема пародонтального дефекта интраоперационно [12,13]. Совокупность КЛКТ и 3D моделирования способствовали созданию индивидуального каркаса костного трансплантата для НКР благодаря высокодетализированному 3D изображению кости.

С другой стороны, последние исследования в изучении точности КЛКТ при визуализации компонентов пародонтального фенотипа, свидетельствуют о возможном наличие неверных интерпретаций рентгенологической картины. Так, например, при наличии тонких пародонтальных фенотипов отсутствием видимых слоев костной/мягкой ткани на КЛКТ-снимке не обязательно означает их отсутствие. Эти технические ограничения присущи КЛКТ-сканированию, и их следует учитывать при интерпретации снимков [13,14].

### Цель исследования

Повышение эффективности диагностики и постоперационного мониторинга у пациентов с ХГП ССТ после направленной регенерации костной ткани с использованием рентгенологических и функциональных методов.

### Материалы и методы

Оценку эффективности комбинирования методов рентгенологического и неизвазивного джоульметрического послеоперационного контроля осуществляли на клинической базе кафедры стоматологии медицинского института ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» совместно с кафедрой «Медицинская кибернетика и информатика». Проведение клинического исследования было одобрено локальным комитетом по этике при ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (протокол № 5 от 01.03.19 г.). Исследование выполнено в соответствии со стандартами Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Было проведено рентгенологическое и джоульметрическое обследование 45 пациентов, у всех был подтвержден диагноз: хронический пародонтит средней степени тяжести К05.31. Перед включением пациентов в исследуемую группу был оформлен пакет медицинских документов с обязательным подписанием информированного согласия на проводимые лечебные мероприятия. Всем пациентам был разъяснен план и ход хирургического лечения.

Рентгенологическое обследование проводилось перед включением пациентов в исследуемую группу, с це-

лью окончательной постановки диагноза и разработки плана хирургического лечения. Через 6 и 12 месяцев после направленной костной регенерации. Измерения выполнялись на сагittalном срезе (КЛКТ) на ортопантомографе «Orthophos XG3D/Ceph» (SIRONA, Германия). Расчет параметра линейной глубины внутрикостного дефекта осуществлялся от точки С до точки F, где С — эмалево-цементное соединение, F — самая глубокая точка дна рентгенологического костного дефекта, расчет проводили с использованием программного обеспечения «GALAXIS Galileos Viewer» и метода линейных рентгенологических измерений.

Для мониторинга электрохимических изменений использовали джоульметрическую неинвазивную информационно-измерительную систему экспресс-контроля включающую потенциостат IPC Micro в режиме гальванистата, измерительный блок и специально разработанный датчик, который представлял собой двухэлектродную систему в виде зажима [3,4,15,16]. Диагностику с использованием неинвазивного джоульметрического экспресс-метода проводили на этапе обследования, на 3-и и 7-ые сутки, через шесть и двенадцать месяцев после направленной костной регенерации.

Результаты исследования были обработаны вариационно-статистическими методами с использованием пакета прикладных программ Statistica for Windows v.10.0. Данные, полученные в ходе исследования, представлены в формате средней арифметической ( $M$ ) и ее стандартного отклонения ( $\sigma$ ). Для каждого параметра, полученного в ходе исследования, рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения на разных сроках исследования. Значимость различий между группами определяли с помощью непараметрического критерия Колмогорова — Смирнова. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждения

В ходе рентгенологического исследования было установлено, что средние значения глубины внутрикостного дефекта при хроническом пародонтите средней степени тяжести составили  $5,66 \pm 0,08$  мм.

При оценке данного показателя через 6 месяцев после НКР с применением костнозамещающего материала «biOST XENOGRAFT Collagen» и резорбируемой коллагеновой мембраной «bioOST CORTICAL Membrane», было выявлено значительное уменьшение линейной рентгенологической глубины. Среднее значение данного показателя составило  $2,81 \pm 0,06$  мм ( $p < 0,01$ ), что свидетельствует о статистически значимом снижении по сравнению с исходными данными. Уменьшение данного показателя в 2 раза, подтверждает эффективность выбранной методики и материалов для проведения НКР.

Полученный результат рентгенологической диагностики указывает на успешную интеграцию костного материала и восстановление костной ткани в области хирургического вмешательства. Вновь образованная костная ткань характеризовалась мелкочаечистой структурой, зон разряжения выявлено не было.

Через 12 месяцев показатель рентгенологической линейной глубины незначительно увеличился и составил  $3,52 \pm 0,06$  мм, увеличение показателя связано с наличием постоперационной резорбции. Постоперационная усадка регенерированной кости в области хирургического вмешательства, по нашему мнению, связана с отсутствием иммобилизации мембранны и снижением площади соприкосновения остеоматериала с реципиентной зоной.

Джоульметрическая диагностика у пациентов была проведена на этапе обследования, в раннем постоперационном периоде на 3-и и 7-ые сутки, через 6 и 12 месяцев после НКР. Исходное значение в среднем составило  $0,286 \pm 6,08$  мкДж, клинически наблюдались все признаки хронического воспаления. Максимальное значение джоульметрического показателя наблюдалось на 3-и сутки, значение РТ увеличилось на 52 % и составило  $0,596 \pm 2,12$  мкДж, рост параметра связан с операционной травмой и спровоцирован каскадом процессов, вызванных воспалительным и иммунным ответом в области оперативного вмешательства. На 7-ые сутки среднее значение джоульметрического показателя составило  $0,310 \pm 5,15$  мкДж, наблюдается уменьшение значений показателя в 2 раза по отношению к данным, полученным на третьи сутки после оперативного вмешательства. Постепенное снижение значений джоульметрического показателя свидетельствует о ходе ранней фазы заживления. Следует отметить, что на данном этапе джоульметрический показатель превышает исходные значения на 8%, что в свою очередь подчеркивает взаимосвязь полученных значений и воспалительной реакции в ответ на хирургическое вмешательство.

Через 6 месяцев после НКР наблюдается снижение джоульметрического показателя, среднее значение которого составило  $0,258 \pm 4,76$  мкДж, что также статистически значимо отличается от исходных значений ( $p < 0,01$ ). Показатель снизился на 10 % по отношению к значениям работы тока, полученным на этапе обследования и на 16 % по отношению к раннему постоперационному периоду (7-ые сутки). На сроке 12 месяцев среднее значение показателя составило  $0,257 \pm 4,34$  мкДж, что статистически не отличается от данных, полученных через 6 месяцев после оперативного вмешательства. Следует отметить, что среднее значение показателя РТ полученного через 12 месяцев на 10 % меньше показателя полученного на этапе обследования, при этом клинические признаки воспаления отсутствуют.

**Заключение**

Таким образом, анализируя данные полученные на этапе обследования, линейная рентгенологическая глубина составила  $5,66 \pm 0,08$  мм, РТ —  $0,286 \pm 6,08$  мкДж, данные свидетельствуют о наличии хронического воспалительного процесса. На 3-и сутки наблюдается максимальный рост значений РТ, что характеризует нормальное течение послеоперационного периода. Рост значений РТ связан с воспалительной реакцией в ответ на проводимое хирургическое лечение. На 7-ые сутки было отмечено снижение РТ, однако данный показатель был на 8 % выше значений, полученных на этапе обследования. Увеличение значений показателя на 7-ые сутки

также связано с течением воспалительного процесса. В отдаленном послеоперационном периоде наблюдается уменьшение рентгенологической линейной глубины пародонтального дефекта и снижение РТ тока. Постепенное снижение РТ и возвращение данного показателя к нормальным значениям сопоставимо рентгенологическому исследованию и подтверждает успешность проведенного хирургического лечения. Отсюда следует, что данные диагностические методы могут быть взаимозаменяемы с целью предотвращения послеоперационных осложнений. Использование джоульметрического нинвазивного экспресс-метода целесообразно для снижения лучевой нагрузки на пациента.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Коновалова, Е.В., Иванов, П.В., Зюлькина, Л.А., & Небылицын, И.В. Клинико-рентгенологическая оценка эффективности хирургического лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием направленной тканевой регенерации // Уральский медицинский журнал. — 2022. — Т. 21, № 3. — С. 38–45.
2. Аржанцев, А.П. Диагностическое значение рентгенологических методик при оценке состояния костных тканей пародонта / А.П. Аржанцев, М.И. Тамасханова, С.А. Перфильев // Медицинский алфавит. — 2012. — Т. 3, № 13. — С. 6–10.
3. Геращенко, С.И., Геращенко, С.М., Иванов, П.В., Удальцова, Е.В., & Карнаухов, В.В. Обоснование использования джоульметрического метода экспресс-оценки формирования костной ткани после хирургического вмешательства на тканях пародонта // Вестник ПензГУ. — 2019. — № 3 (27).
4. Аведова, Д.Ю., Геращенко, С.М., Осипова, Ю.Л., и др. Исследование джоульметрических параметров тканей пародонта в ходе репаративного остеогенеза при использовании различных композиций остеопластического материала // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 4. — С. 153–156.
5. Acar, B., & Kamburoğlu, K. Use of cone beam computed tomography in periodontology // World journal of radiology. — 2014. — Vol. 6, № 5. — P. 139–147.
6. Walter, C., Schmidt, J.C., Dula, K., & Sculean, A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: A systematic review // Quintessence International. — 2016. — Vol. 47, № 1. — P. 25–37.
7. Ruetters, M., Hagenfeld, D., ElSayed, N., Zimmermann, N., Gehrig, H., & Kim, T.S. Ex vivo comparison of CBCT and digital periapical radiographs for the quantitative assessment of periodontal defects // Clinical oral investigations. — 2020. — Vol. 24, № 1. — P. 377–384.
8. Abdinian, M., Yaghini, J., & Jazi, L. Comparison of intraoral digital radiography and cone-beam computed tomography in the measurement of periodontal bone defects // Dental and medical problems. — 2020. — Vol. 57, № 3. — P. 269–273.
9. Braun, X., Ritter, L., Jervshe-Storm, P.-M., & Frentzen, M. Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions // Clinical Oral Investigations. — 2014. — Vol. 18. — P. 1229–1236.
10. de Freitas Silva, B.S., Silva, J.K., Silva, L.R., de Lima, K.L., Mezaiko, E., Roriz, V.M., Evangelista, K., & Yamamoto-Silva, F.P. Accuracy of cone-beam computed tomography in determining gingival thickness: a systematic review and meta-analysis // Clinical oral investigations. — 2023. — Vol. 27, № 5. — P. 1801–1814.
11. Borges, G.J., Ruiz, L.F.N., Alencar, A.H.G., Porto, O.C.L., & Estrela, C. Cone-Beam Computed Tomography as a Diagnostic Method for Determination of Gingival Thickness and Distance between Gingival Margin and Bone Crest // The Scientific World Journal. — 2015. — Vol. 2015. — P. 142108.
12. McAllister, B.S., & Eshraghi, V.T. Commentary: Cone-Beam Computed Tomography: An Essential Technology for Management of Complex Periodontal and Implant Cases // Journal of periodontology. — 2017. — Vol. 88, № 10. — P. 937–938.
13. Verykokou, S., et al. The Role of Cone Beam Computed Tomography in Periodontology: From 3D Models of Periodontal Defects to 3D-Printed Scaffolds // Journal of personalized medicine. — 2024. — Vol. 14, № 2. — P. 207.
14. Misch, K.A., et al. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements // Journal of periodontology. — 2006. — Vol. 77, № 7. — P. 1261–1266.
15. Demidov, A.V., Udaltssova, E.V., & Gerashchenko, S.M. Development of the System for Assessment of Periodontal Tissue State // Proceedings — 2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2021. — Екатеринбург, 2021. — P. 27–29.
16. Gerashchenko, S.M., Gerashchenko, S.I., Zulkina, L.A., et al. Joule metric information-measuring systems for assessment of electrochemical parameters of periodontal tissues // Journal of Critical Reviews. — 2020. — Vol. 7, № 9. — P. 386–389.

© Коновалова Екатерина Валерьевна (udaltssovakaterina@mail.ru); Иванов Петр Владимирович (info@estederal.ru);  
Зюлькина Лариса Алексеевна (larisastom@yandex.ru); Шастин Евгений Николаевич (bracest@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ РЕПРОДУКЦИИ ДЕНТАЛЬНОЙ АРКИ ПРИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЯХ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

## USING A GRAPHIC REPRODUCTION OF THE DENTAL ARCH IN DENTOFACIAL ANOMALIES: A CLINICAL CASE

**M. Puzdyreva**  
**S. Fishchev**  
**A. Sevastyanov**  
**M. Rozhkova**  
**S. Pavlova**  
**N. Vasilyeva**  
**T. Berezkina**  
**N. Fernando**

**Summary.** Relevance. The size and shape of dental arches are currently of great importance to orthodontists. A number of researchers in their work emphasize the search for the ideal shape of the dental arch, which creates a harmonious optimum for the maxillofacial region. Positive treatment results in orthodontic and prosthetic dentistry, especially in the treatment of abnormal shapes and sizes of dental arches, do not always yield positive results using conventional sagittal and transverse arch measurements and diagonal arch biometric analysis methods. This article presents a clinical case of using a graphical reproduction method of dental arches during examination and treatment of a patient. This method utilizes biometric parameters of the dental arches in the transverse direction, including assessment of the intercanine transverse and anterior arch depth. **Conclusion:** The proposed method of graphical reproduction of dental arches in patients with dental arch shape and size anomalies during diagnosis and treatment is the method of choice and has yielded effective results in clinical orthodontics.

**Keywords:** orthodontics, morphometry, malocclusion, graphical reproduction of dental arches, dentofacial anomalies.

**Пуздырева Маргарита Николаевна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
seven-spb@yandex.ru

**Фищев Сергей Борисович**  
Д.м.н., профессор,  
Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Севастьянов Аркадий Владимирович**  
Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет Министерства здравоохранения РФ  
ardy.dkr@mail.ru

**Рожкова Мария Геннадьевна**  
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
rozmari2010@yandex.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

**Васильева Нелли Александровна**  
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
vas.nell@yandex.ru

**Березкина Татьяна Николаевна**  
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
mail332@mail.ru

**Фернандо Нина Владимировна**  
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
toprikova@mail.ru

**Аннотация.** Актуальность. Размеры и форма зубных дуг в настоящее время имеют актуальность для врачей-ортодонтов. Ряд исследователей в своих работах делают акцент на поиск идеальной формы зубной арки, которая создаёт гармоничный оптимум челюстно-лицевой области. Положительные результаты лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии, особенно при лечении аномальных форм и размеров дентальных арок при общепринятых измерениях зубных арок в сагиттальном и трансверсальном



## Введение

**Р**азмеры и форма зубных дуг имеют значение для врачей-ортодонтов, так как многие исследователи в своих работах пытаются найти идеальную форму зубной арки, которая обеспечивает гармоничность [1–4].

Существуют различные варианты нормы жевательно-речевого аппарата у людей, а также особенности строения дентальных арок, которые связаны с лицевым и мозговым отделами головы [5, 6].

Остаются вопросы о вариантах физиологической функциональной нормы жевательно-речевого аппарата, а также особенностями морфологического строения дентальных арок и их связь с лицевым и мозговым отделами головы [7, 8].

Кроме общепринятых измерений зубных арок в сагittalном и трансверсальном направлениях, используют методы биометрического анализа дуг в диагональном направлении [9–11].

В настоящее время недостаточно изучены вопросы: как влияют индивидуальные особенности зубочелюстной системы на положительные результаты лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии, особенно при лечении аномальных форм и размеров дентальных арок [12, 13].

Нами предложен метод графической репродукции зубных арок с учетом закономерностей геометрии круга. Рассчитывали отношение суммы квадрата от половины ширины переднего отдела дуги и квадрата глубины дуги к удвоенной величине глубины переднего отдела. Формула расчета радиуса окружности, имела следующий вид:

$$R = \frac{\left(\frac{W_{(c-c)}}{2}\right)^2 + (D_{in-c})}{2(D_{in-c})}$$

направлениях и методы биометрического анализа дуг в диагональном направлении, не всегда приводят к положительным результатам.

В статье представлен клинический случай использования метода графической репродукции дентальных арок при обследовании и лечении пациента, основанный на биометрических показателях дентальных арок в трансверсальном направлении, и оценивалась межклыковая трансверсаль и глубина переднего сектора арки. **Заключение.** Предложенный метод графической репродукции зубных арок у пациентов с аномалиями формы и размеров зубных на этапе диагностики и лечения, является методом выбора и получил эффективный результат и клинической ортодонтии.

**Ключевые слова:** ортодонтия, морфометрия, аномалии прикуса, графическая репродукция зубных арок, зубочелюстные аномалии.

где  $R$  — радиус окружности;  $W_{(c-c)}$  — ширина переднего отдела дуги,  $D_{(in-c)}$  — глубина переднего отдела дуги.

Алгоритм построения графической репродукции зубной дуги заключался в поэтапном проведении диагностических и расчетных мероприятий. Во-первых, проводилось построение дентального (резцово-клыково-молярного) пятиугольника, основанного на биометрических параметрах дентальных арок.

Построение начинали с проведения вертикальной линии, на которой определяли положение центральной точки дуги ( $in$ ), от которой откладывали срединную клыковую точку ( $c'$ ) на величину глубины переднего отдела зубной дуги и срединную молярную точку ( $m'$ ) на величину глубины полной зубной дуги.

По обе стороны от клыковой и молярной точки и перпендикулярно к линии « $in-m'$ » откладывали по половине межклыкового и межмолярного расстояния с обозначением точек « $c$ » и « $m$ ».

После соединения всех наружных точек линиями, получали дентальный пятиугольник, являющийся основой для графической репродукции зубной арки (рис. 1).

На втором этапе проводилась графическая репродукция дуги. При этом, от точки « $in$ » по вертикали вниз откладывали точку « $O$ », на величину, равную расчетному радиусу и очерчивали окружность, которая при физиологической окклюзии, как правило, проходила через клыковые точки (рис. 2).

Середину боковых линий ( $c-m$ ) обозначали точками « $A$ » и « $B$ » от которых проводили перпендикулярные линии с пересечением их на вертикали « $in-m'$ », величиной, равной длине зубной дуги (сумме ширины коронок 14 зубов) и обозначали их как линии  $A-D$  и  $B-C$ , соответственно.

От точек « $C$ » и « $D$ » измеряли расстояние до клыковых точек ( $c$ ) или до молярных точек ( $m$ ) противоположной

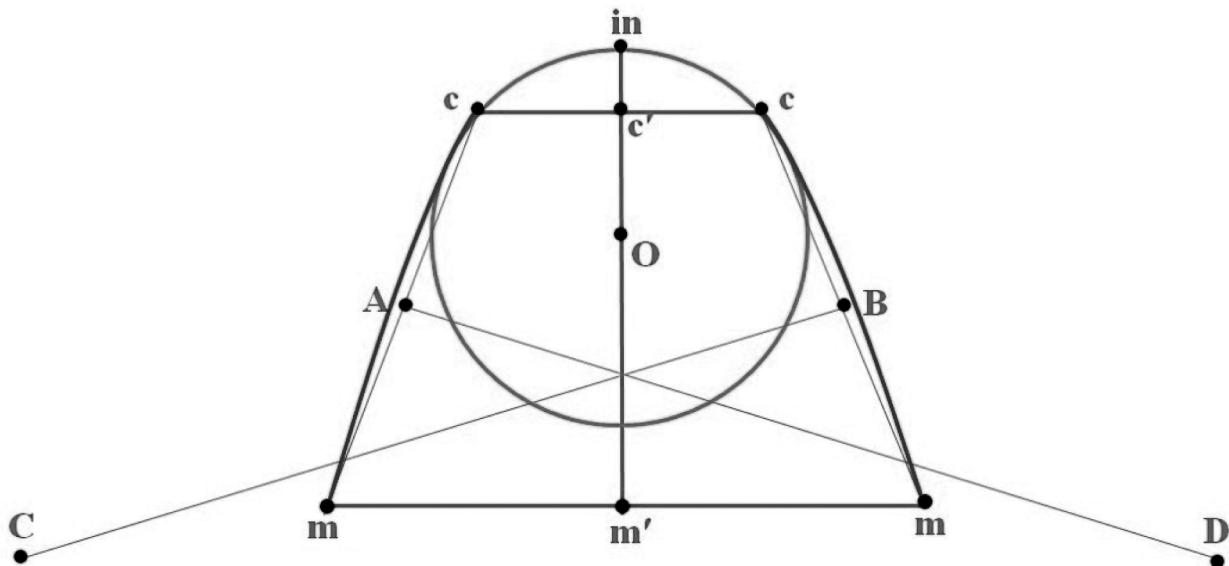


Рис. 1. Способ построения дентального пятиугольника

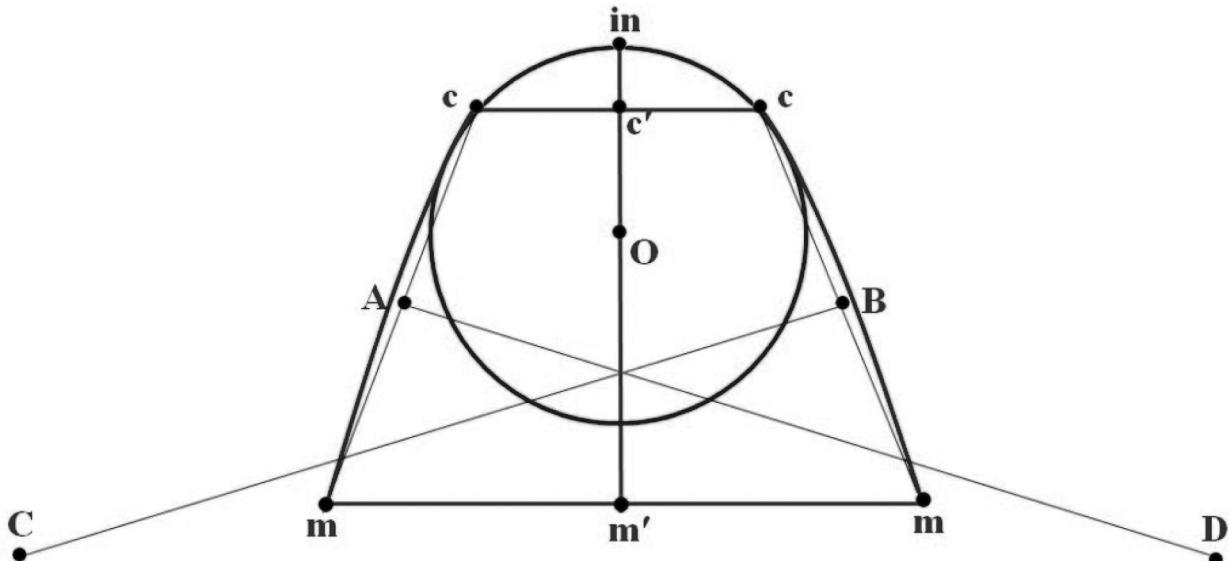


Рис. 2. Способ построения индивидуальной зубной дуги

стороны и указанная величина являлась радиусом для дуги бокового сегмента зубной арки.

Для иллюстрации эффективности ортопедического лечения приводим клиническое наблюдение.

Пациентка К.Н., 18 лет, обратилась в клинику с жалобами на неправильное расположение передних зубов.

При визуальном осмотре лица определялась его относительная симметрия, пропорции в вертикальном направлении соответствовали возрастной норме. В профиль, верхняя губа не доходила до линии Риккетса (рис. 3).

При осмотре полости рта диагностировалась аномалия окклюзии I класса по Angel, первые моляры занимали нейтральное положение с обеих сторон, клык

верхней челюсти справа находился вне зубной арки, с вестибулярной стороны и занимал супраположение из-за дефицита места в зубной ряду (рис. 4).

При измерении зубов отмечено, что размеры верхних зубов соответствуют параметрам антагонистов и относятся к нормодонтозму. Результаты одонтометрии представлены в таблице 1.

Таблица 1.  
Результаты одонтометрии пациентки К.Н.

Зубной ряд на челюсти:	Размеры зубов, занимающих в зубном ряду позицию:						
	1	2	3	4	5	6	7
Верхней	9,04	7,24	8,1	7,4	6,72	10,28	9,75
Нижней	5,7	6,4	6,73	7,3	7,6	10,8	10,03



Рис. 3. Лицевые признаки пациентки К.Н., при аномальной форме зубных дуг



Рис. 4. Окклюзионные взаимоотношения зубных дуг у пациентки К.Н., при аномальной форме зубных дуг

Сумма мезиально-дистальных размеров четырёх верхних резцов составляла 32,56 мм, аналогичные размеры антагонистов в совокупности были 24,2 мм. Индекс Тона (отношение размеров верхних зубов к нижним), составляя 1,34 и свидетельствовал о соразмерности исследуемых зубов.

Суммарная величина шести передних зубов (резцов и клыков) была 48,76 мм, а на нижнечелюстной дуге длина переднего сектора составила 37,66 мм, что соответствовало нормальным показателям величины передне-го соотношения по Болтону (77,28 %).

Суммарный показатель одонтометрии (ширины коронок) 12 верхних зубов составил 97,56 мм, на нижней челюсти показатель был 89,06 мм. При этом полное со-

отношение по Болтону составило 91,29 %, что также соответствовало нормальным величинам и свидетельствовало о соответствии одонтометрических показателей. Длина верхнечелюстной зубной арки составляла 117,06 мм, на нижнечелюстной дуге показатель был 109,12 мм и соответствовал нормодентальной зубной системе.

В соответствии с предложенным нами алгоритмом, измеряли ширину зубных дуг между вторыми молярами. Установлено, что на верхней челюсти исследуемый параметр составлял 58,6 мм, на нижней челюсти — 53,21 мм. В связи с этим, гнатический индекс дуги (отношение длины к ширине) на верхней челюсти составлял 1,998 условных единиц, на нижней челюсти — 2,051. Расчётные показатели соответствовали долихогнатическому типу.

Сопоставление гнатических и дентальных типов, позволили нам отнести обе дуги к прорузионному типу.

С учетом типов дуг и предложенных коэффициентов, нами рассчитывались прогнозируемые параметры зубных дуг. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Расчетные показатели прогнозируемых дентальных арок пациентки К.Н.

Исследуемые параметры зубных дуг	Размеры (в мм) на дентальной дуге:	
	верхней	нижней
Длина дуги переднего сегмента	40,66	30,93
Диагональ дуги переднего сегмента	20,33	15,46
Глубина дуги переднего сегмента	10,16	6,49
Ширина дуги переднего сегмента	35,21	28,07
Радиус окружности	20,33	18,41
Диагональ зубной дуги	55,22	50,52
Глубина зубной дуги	46,80	42,94

Следующим этапом алгоритма было построение дентального диагностического пятиугольника с окружностью для оценки расположения передних зубов и сопоставление полученных графических репродукций с аномальной формой дуги (рис. 5).

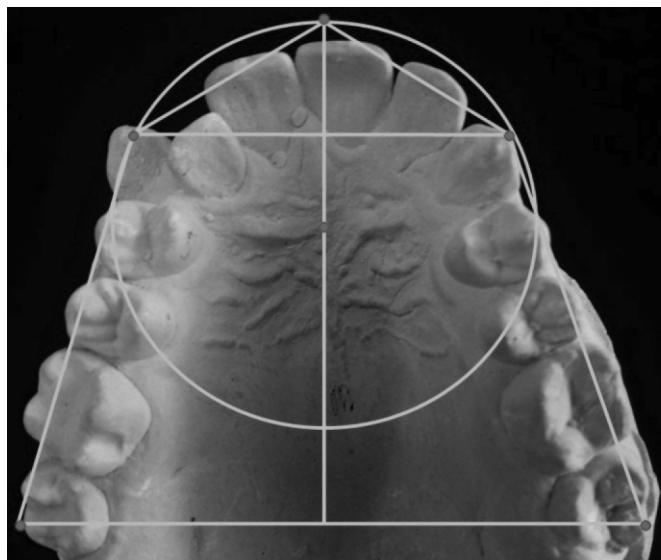


Рис. 5. Сопоставление аномальной дуги верхней челюсти с прогнозируемыми параметрами

В результате измерений параметров и сопоставления аномальной дуги с графической репродукцией, установлено несоответствие, наиболее выраженное

в переднем сегменте. Диагональ переднего отдела справа была меньше расчётных величин на 2,09 мм. Глубина дуги была укорочена на 3,02 мм, причем в переднем отделе дуги величина несоответствия составляла 3,11 мм. Межклыковое расстояние было больше расчётных величин на 1,84 мм и обусловлено вестибулярным положением правого клыка. Диагональ правой стороны дуги была меньше расчётных показателей на 3,9 мм и соответствовала дефициту места для расположения клыка, что и определило тактику ортодонтического лечения, при котором использовалась несъёмная аппаратура механического действия (рис. 6).

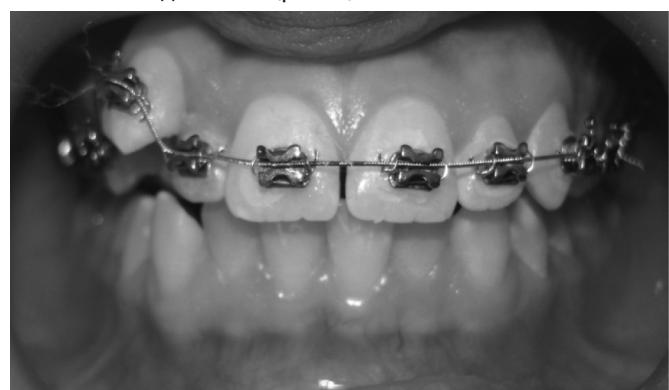


Рис. 6. Установлена брекет-система на верхнюю челюсть

Последовательность смены дуг, установка брекетов на нижнюю челюсть и ретенционный период лечения проходили в соответствии с протоколом ведения ортодонтических пациентов.

После завершающего этапа лечения форма зубных дуг обеих челюстей соответствовала нормальным показателям и расчётным величинам, определенным на этапе диагностики патологии (рис. 7).

Состояние окклюзии, как в боковых, так и в переднем отделах, соответствовало признакам физиологической окклюзии и расчётному типу дентальных арок (рис. 8).

Лицевые признаки улучшились (рис. 9).

При улыбке практически отсутствовали буккальные коридоры, что придавало эстетику лицу пациентки и свидетельствовало об эффективности лечения.

### Заключение

Предложенный метод графической репродукции зубных арок у пациентов с аномалиями формы и размеров зубных на этапе диагностики и лечения, является методом выбора и получил эффективный результат и клинической ортодонтии.



Рис. 7. Форма зубных дуг обеих челюстей пациентки К.Н., после завершающего этапа лечения



Рис. 8. Состояние окклюзионных взаимоотношений пациентки К.Н., после ортодонтического лечения

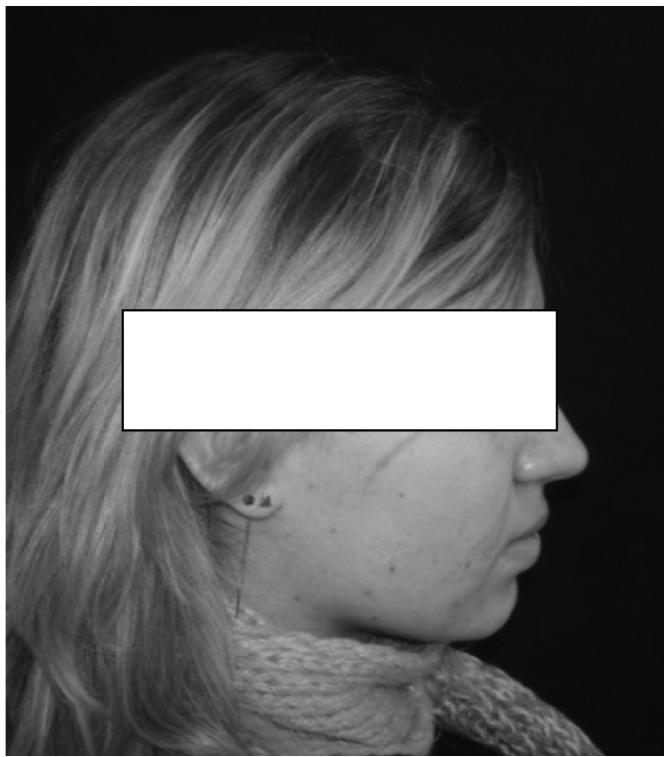
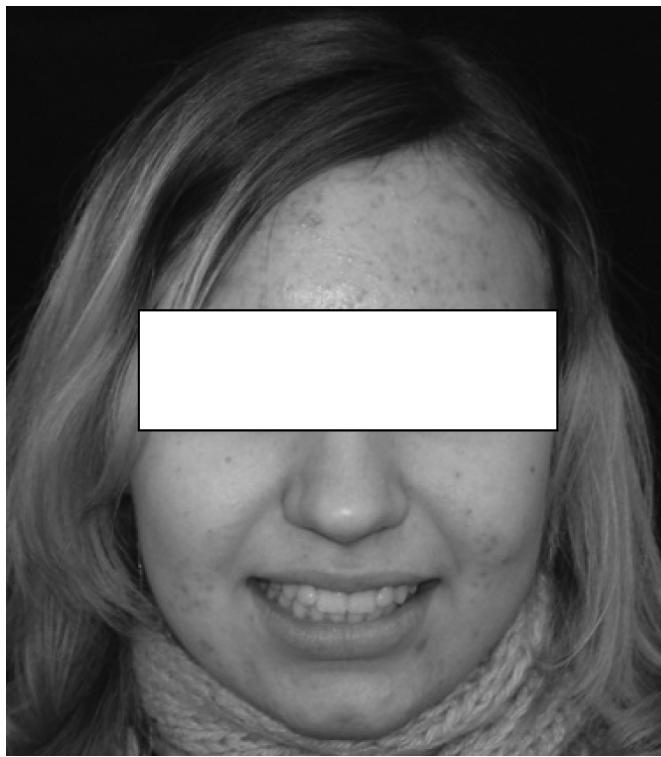


Рис. 9. Лицевые признаки пациентки К.Н., после лечения аномальной формы зубных дуг

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агашина М.А., Балахничев Д.Н., Фищев С.Б., Лепилин А.В., Дмитриенко С.В. Особенности параметров зубных дуг в двух плоскостях с учётом диагональных параметров. Стоматология детского возраста и профилактика. 2016;15(4):61–63. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27511472>
2. Берёзкина Т.Н., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г. и др. Лечение дистопии клыка верхней челюсти применением микроимпланта и брекет-системы: клинический случай. Проблемы стоматологии. 2025; 21(2):131–137. doi: 10.18481/2077-7566-2025-21-2-131-137
3. Кондратюк А.А., Фищев С.Б., Фомин И.В., Субботин Р.С., Лепилин А.В. Особенности торка медиальных резцов у людей с различными типами зубных дуг, по результатам анализа конусно-лучевых компьютерных томограмм. Стоматология детского возраста и профилактика. 2019;19(1):40–45. doi: 10.33925/1683-3031-2019-19-69-40-45.
4. Малыгин Ю.М., Тайбогарова С.С., Малыгин М.Ю., Велиева Н.И. Значение строения альвеолярных дуг для дифференциальной диагностики дистального прикуса. Ортодонтия. 2014;(3):10–14. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23288228>
5. Огир Е.С., Персин Л.С., Панкратова Н.В., Кузнецова Т.Е., Пронина К.С. Значения биопотенциалов височных и жевательных мышц при различных видах окклюзионной нагрузки у детей 7–12 лет с физиологической и дистальной окклюзией. Ортодонтия. 2013;(3):19–25.
6. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22926259>
7. Павлова С.Г., Климов А.Г., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г., Пуздырева М.Н. и др. Особенности ортодонтического лечения пациентов с зубоальвеолярной формой глубокой резцовой дизокклюзии: клинический случай. Институт стоматологии. 2025;106(1):58–60. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82343036>
8. Рожкова М.Г., Фищев С.Б., Климов А.Г., Севастьянов А.В. и др. Особенности диагностики и ортодонтического лечения подростков с зубоальвеолярной формой дистальной окклюзии. Стоматология детского возраста и профилактика. 2024; 24(3):313–319. DOI: 10.33925/1683-3031-2024-839.
9. Шишко Т.В., Пуздырева М.Н., Рожкова М.Г., Фищев С.Б., и др. Особенности построения репродукции формы зубных дуг // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». 2022; №3; 236–242. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.03.39.
10. Пуздырева М.Н., Фищев С.Б., Рожкова М.Г., Лепилин А.В., и др. Влияние методов репродукции формы зубных дуг на ортодонтическое лечение пациентов с аномалиями окклюзии // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». 2022; №4; 213–219. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.04.27.
11. Baeshen H. The Prevalence of Major Types of Occlusion Anomalies among Saudi Middle School Students // J. Contemp. Dent. 2017; 18(2):142–146. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2005. DOI 10.5005/jp-journals-10024-2005
12. Botticelli S, Këseler A, Marcusson A, Møhlsted K, Nørholt SE, Cattaneo PM, et al. Do infant cleft dimensions have an influence on occlusal relations? A subgroup analysis within an RCT of primary surgery in patients with unilateral cleft lip and palate. Cleft Palate Craniofac J. 2020;57(3):378–388. DOI: 10.1177/1055665619875320.
13. Lin F, Ren M, Yao L, He Y, Guo J, Ye Q. Psychosocial impact of dental esthetics regulates motivation to seek orthodontic treatment // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2016;150(3):476–482. DOI:10.1016/j.ajodo.2016.02.024
14. Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2010;137(4):100–108. DOI: 10.1016/j.ajodo.2009.03.040.

© Пуздырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru);  
Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru);  
Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru); Васильева Нелли Александровна (vas.nell@yandex.ru);  
Березкина Татьяна Николаевна (mail332@mail.ru); Фернандо Нина Владимировна (toprikova@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕРАПИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ

## CHARACTERISTICS OF THE COURSE AND THERAPY OF ATRIAL FIBRILLATION IN ELDERLY AND SENILE PATIENTS: A REVIEW OF CURRENT DATA ABSTRACT

**I. Ryabaya**  
**M. Trokhova**  
**Yu. Fokina**  
**T. Buravlyova**  
**Yu. Tavkin**

**Summary.** Atrial fibrillation (AF) is the most common cardiac arrhythmia. This condition is particularly prevalent in elderly patients, which is associated with age-related changes in the cardiovascular system. The increase in life expectancy leads to the accumulation of age-associated pathologies, which are key risk factors for AF, the high risk of thromboembolic complications and progression of heart failure, as well as polymorbidity, significantly increase the level of disability and mortality in this group.

Age-related changes in metabolism, decreased renal and hepatic function affect the pharmacokinetics of medications, increasing the risk of side effects. A personalized approach, taking into account concomitant diseases, functional status, and cognitive impairments, becomes critically important for this category of patients.

**Keywords:** atrial fibrillation, advanced age, risk factors, senile asthenia, and specific therapy.

**Рябая Ирина Николаевна**  
 кандидат медицинских наук, Федеральное  
 государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования «Северный  
 государственный медицинский университет»  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 (город Архангельск)  
 soldik24@yandex.ru

**Трохова Мария Васильевна**  
 кандидат медицинских наук, Федеральное  
 государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования «Северный  
 государственный медицинский университет»  
 Министерства здравоохранения Российской Федерации  
 (город Архангельск)

**Фокина Юлия Сергеевна**  
 заведующая поликлиникой  
 ГБУЗ АО «Первая городская клиническая больница  
 им. Е.Е. Волосевич» (город Архангельск)

**Буравлёва Татьяна Юрьевна**  
 Ординатор, Федеральное государственное  
 бюджетное образовательное учреждение высшего  
 образования «Северный государственный медицинский  
 университет» Министерства здравоохранения  
 Российской Федерации (город Архангельск)

**Тавкин Юрий Сергеевич**  
 Ординатор, Федеральное государственное  
 бюджетное образовательное учреждение высшего  
 образования «Северный государственный медицинский  
 университет» Министерства здравоохранения  
 Российской Федерации (город Архангельск)

**Аннотация.** Фибрилляция предсердий (ФП) — самое распространённое нарушение сердечного ритма. У пациентов пожилого возраста это заболевание встречается особенно часто, что связано с возрастными изменениями сердечно-сосудистой системы. Увеличение продолжительности жизни приводит к накоплению возраст-ассоциированных патологий, которые являются ключевыми факторами риска ФП, высокий риск тромбоэмбологических осложнений и прогрессирования сердечной недостаточности, полиморбидность существенно повышают уровень инвалидизации и смертности в этой группе.

Возрастные изменения метаболизма, снижение функции почек и печени влияют на фармакодинамику препаратов, повышая риск побочных эффектов. Персонализированный подход с учётом сопутствующих заболеваний, функционального статуса и когнитивных нарушений становится критически важным для этой категории пациентов.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий, пожилой возраст, факторы риска, старческая астения, особенности терапии.

**Ф**ибрилляция предсердий (ФП) — самое распространённое нарушение сердечного ритма, способное привести к тромбоэмболическим событиям и прогрессированию сердечной недостаточности. Согласно международным эпидемиологическим исследованиям, распространённость ФП в общей популяции варьируется от 1 % до 2 %, увеличиваясь с возрастом. Данные Framingham Heart Study свидетельствуют о трехкратном увеличении распространённости ФП за последние 50 лет [1]. Так, частота встречаемости ФП увеличивается от <0,5 % в возрастной группе 40–50 лет до 5–15 % у лиц старше 80 лет [2].

Согласно актуальным данным эпидемиологических исследований, проблема ФП приобрела масштабную распространённость в развитых странах. В Соединённых Штатах Америки это заболевание диагностировано примерно у 3–6 миллионов граждан. При этом в странах Европейского Союза отмечается аналогичная тенденция: среди населения старше 55 лет зафиксировано около 9 миллионов случаев данного нарушения сердечного ритма [3]. Развитие и прогрессирование ФП тесно связано с наличием множественной патологии у пожилых пациентов. Помимо повышенного риска развития инсульта и геморрагических осложнений, у данной категории пациентов выявляются следующие патофизиологические особенности: гемостазиологические нарушения, характеризующиеся тенденцией к гиперкоагуляции и изменению реологических свойств крови, снижение функциональной активности жизненно важных органов, преимущественно гепатобилиарной и ренальной систем, когнитивная дисфункция, варьирующая в широком спектре от лёгких нарушений до дементивных состояний, повышенный риск травматизации, обусловленный высокой предрасположенностью к падениям, синдром старческой астении, полиморбидный статус, характеризующийся наличием множественных хронических соматических заболеваний, полипрагмазия, выражаящаяся в необходимости приёма многочисленных лекарственных препаратов, что существенно повышает риск фармакологических взаимодействий и развития нежелательных побочных эффектов, низкая комплаентность к выполнению врачебных рекомендаций и соблюдению терапевтического режима, сенсорные дефициты, связанные с нарушением функционирования органов чувств и восприятия.

Клиническая картина ФП у пожилых пациентов часто дополняется сопутствующими заболеваниями: ишемической болезнью сердца, артериальной гипертензией, метаболическим синдромом, старческой астенией. Исследование регистра РЕКВАЗа, охватившее пять российских регионов (Москва, Тула, Курск, Рязань и Ярославль), подтвердило установленные закономерности. Средний возраст участников составил  $66,3 \pm 12,8$  лет. Примечательно, что у 73,9 % пациентов с ФП диагностирова-

но три и более сердечно-сосудистых заболевания, а у 68,8 % выявлены хронические патологии, не связанные с сердечно-сосудистой системой. [4]

Одним из предикторов, запускающих механизм формирования ФП является артериальная гипертензия, часто встречающаяся в пожилом и старческом возрасте. У пожилых пациентов с АГ риск пароксизмов ФП составляет 4,1 % против 1,6 % у лиц того же возраста без ССЗ. Артериальная гипертензия, особенно длительно существующая и плохо контролируемая приводит к структурному и электрическому ремоделированию миокарда, развитию гипертрофии и фиброза, диастолической дисфункции и, как следствие, к изменениям в левом предсердии и возникновению ФП. [5]

Одним из факторов, способствующих развитию ФП, является резистентность к инсулину, часто встречающаяся в пожилом возрасте, запускает процессы воспаления и окислительный стресс, являясь предиктором ремоделирования левого предсердия и, согласно данным Framingham Heart Study, способствует развитию ФП. HOMA-IR подтверждает эту связь. Метаболический синдром и сахарный диабет (СД) 2-го типа ассоциируются с риском возникновения ФП [6, 7].

Одной из проблем современной геронтологии является ведение пациентов с ФП и синдромом старческой астении (СА). Клиническая картина синдрома СА манифестирует комплексом патогномоничных симптомов, включающих в себя: генерализованную астению, снижение физической активности, замедление психомоторных реакций, непреднамеренную потерю массы тела.

Указанная симптоматика отражает прогрессирующе снижение функциональных резервов организма и является значимым прогностическим фактором, определяющим качество и продолжительность жизни пациента.

Распространённость старческой астении (СА) среди больных ФП по разным источникам составляет от 10 % до 75,4 % [8,9]. Пациенты с синдромом СА требуют особого подхода ведения ФП. Петров М.А. с соавторами изучили влияние пароксизмальной формы ФП на качество жизни пациентов. Результаты оценки качества жизни показывают тотальное снижение всех показателей физического компонента здоровья у пациентов с синдромом СА и пароксизмальной ФП. Исследование выявило, что ухудшение качества жизни пациентов с синдромом СА и пароксизмальной ФП ассоциировано с множеством факторов: возрастом более 75 лет, женским полом, нарушением почечной функции (СКФ < 60 мл/мин), тахикардией (ЧСС > 80 уд./мин)

Авторы подчеркивают, что целенаправленное лечение, включающее нефропротекцию и контроль ЧСС,

способствует повышению качества жизни таких пациентов. [10]

Как показало исследование под руководством Габитовой М.А. среди пациентов с ФП старше 75 лет «индекс хрупкости» может иметь предсказательную значимость риска кровотечений при приеме пероральных антикоагулянтов. [11] Результаты современных исследований демонстрируют статистически значимую корреляцию между наличием синдрома старческой астении у пациентов пожилого и старческого возраста и повышенным риском развития различных патологических состояний, а также увеличением показателей летальности в данной когорте пациентов.

Особого внимания заслуживает тот факт, что синдром старческой астении, аналогично возрастному фактору, выступает независимым предиктором повышенного риска развития как тромботических осложнений, так и геморрагических событий. [12]

ФП увеличивает риск когнитивных нарушений. Роттердамское исследование показало, что ФП увеличивает риск когнитивных нарушений в 1,7 раза, деменции в 2 раза (даже при приеме антикоагулянтов). Связь сильнее выражена у женщин и у относительно молодых пожилых людей. Наличие в анамнезе инсульта не объясняет этой связи [13].

У пациентов пожилого возраста клиническая картина часто имеет свои особенности: чаще встречается постоянная, а не рецидивирующая форма ФП, атипичные симптомы, в 25–40 % случаев ее бессимптомное или субклиническое течение, которое проявляется повышенной утомляемостью, прогрессированием сердечной недостаточности, стенокардии, развитием инсульта, снижается чувствительность сокращения желудочков к действию симпатической нервной системы, чаще встречаются аритмогенные реакции на действия лекарственных препаратов. [14,15]

В отечественном исследовании под руководством Рубаненко О.А. больные с ФП были разделены на 3 группы: 1 группу составили 286 больных (37 %) в возрасте до 60 лет; 2 группу — 340 пациентов (44 %) пожилого возраста, 3 группу — 142 человека (18 %) старческого возраста. Постоянная форма ФП встречалась чаще во 2 группе на 15 % и в 3 группе на 21 % в сравнении с 1 группой ( $p<0,05$ ). Длительность ФП в 3 группе была на 23 % больше в сравнении с 1 группой ( $p<0,05$ ). Результаты оценки по шкале CHA2DS2Vasc демонстрируют увеличение риска тромбоэмбологических событий во 2 группе — на 49 %, в 3 группе — на 67 % по сравнению с 1 группой ( $p<0,05$ ). Риск кровотечений, определенный по шкале HASBLED, также в группе пациентов старческого возраста был самый высокий. Коморбидная патоло-

гия: стенокардия, перенесенный инфаркт миокарда, нарушение мозгового кровообращения, СД, заболевания органов дыхания и мочевыделения и осложнения ФП встречались чаще у пациентов старческого возраста. [16]

### Стратегии лечения ФП

Профилактика инсульта и контроль частоты сердечных сокращений или ритма являются критически важными аспектами в лечении ФП. Имеются данные о преимуществах раннего контроля ритма, однако контроль частоты сердечных сокращений остаётся предпочтительным методом лечения для пожилых пациентов. Тем не менее эффективность и безопасность контроля частоты и ритма у пожилых пациентов остаются недостаточно изученными. Были проанализированы данные пациентов с ФП в возрасте  $\geq 75$  лет, которые применяли фармакологический контроль частоты или ритма и посещали кардиологические центры Нидерландов в период с 2007 по 2018 год.

Из 1497 пациентов (54 % женщин): 316 (21 %) получали лечение по стратегии контроля ритма, 1181 (79 %) получали лечение по стратегии контроля частоты. Было выявлено, что пациенты старше 85 лет и пациенты с постоянной формой ФП чаще получали лечение по стратегии контроля частоты. В то же время пациенты с пароксизмальной формой ФП реже получали лечение по стратегии контроля частоты. После коррекции на соответствующие факторы риска риск смертности у пациентов, получавших лечение по стратегии контроля ритма, и у пациентов, получавших лечение по стратегии контроля частоты, оказался схожим. Авторы подчеркивают, что пожилые пациенты с ФП чаще получают стратегию контроля частоты сердечных сокращений, чем стратегию контроля ритма. Препараты для контроля ритма преимущественно получают относительно молодые пациенты с пароксизмальной формой ФП. Однако стратегия контроля ритма не была связана с повышенным риском смертности. Это говорит о том, что более либеральный подход к назначению стратегии контроля ритма симптоматическим пожилым пациентам с ФП, находящимся в относительно хорошем состоянии, является безопасным. Учитывая появляющиеся доказательства прогностической пользы, такой подход может применяться чаще. [17]

В метаанализе, включающем в себя данные о результатах терапии ФП у пациентов возрастной группы от 75 до 92 лет не было обнаружено различий между контролем ритма и частоты сердечных сокращений по показателям смертности от всех причин и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Контроль ритма ассоциировался с меньшим количеством инсультов, хотя в основном этот результат был определен по данным одного исследования. [18] Прием антиаритмических пре-

паратов может быть сопряжен с высоким риском синдрома падений у пожилых пациентов. В исследовании, проведенном под руководством Dalgaard F, участниками которого стали 100935 пациентов с ФП, средний возраст 78 лет, изучалось влияние антиаритмической терапии на риск падений. По сравнению с монотерапией, снижающей частоту сердечных сокращений, антиаритмические препараты были связаны с более высоким риском травм в результате падения и обмороков. При стратификации по отдельным препаратам, амиодарон значительно увеличивал риск травм в результате падения и обмороков. [19]

Был проведен анализ результатов 12-ти метаанализов по влиянию дигоксина на продолжительность жизни пациентов с ФП. Результаты исследования показали, что применение дигоксина связано с повышенным риском смертности от всех причин, повышенным риском сердечно-сосудистой смертности. Анализ подгрупп продемонстрировал, что дигоксин ассоциировался с повышением смертности от всех причин как у пациентов, имеющих только ФП, так и у пациентов с сочетанием ФП и сердечной недостаточности. [20]

### Профилактика тромбоэмбологических осложнений

В современной кардиологической практике обязательное назначение пероральных антикоагулянтов является стандартом лечения пациентов пожилого возраста с ФП. Прямые пероральные антикоагулянты (ППОАК) демонстрируют себя как альтернативный и предпочтительный вариант терапии по сравнению с варфарином в данной когорте пациентов.

Результаты трёх крупных рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), включающих анализ подгрупп пациентов старше 75 лет, свидетельствуют о том, что эффективность ППОАК в профилактике инсульта и системных эмболий либо сопоставима, либо превосходит таковую при терапии варфарином. При этом риск развития тяжёлых кровотечений либо сопоставим, либо ниже по сравнению с варфарином.

Особого внимания заслуживает способность всех ППОАК достоверно снижать риск развития геморрагического инсульта и внутричерепных кровоизлияний. [21–23]

В 2019 году опубликованы данные дополнительного анализа в рамках исследования ARISTOTLE, направленного на изучение влияния полиморбидности на эффективность и безопасность апиксабана в сравнении с варфарином у пациентов с ФП. В анализ включили 16 800 участников в возрасте 55 лет и старше. У пациентов с ФП увеличение числа сопутствующих заболеваний коррелировало с ростом частоты осложнений. Однако эффективность и безопасность апиксабана оставались стабильными независимо от коморбидности. [24] Для пожилых пациентов с ФП апиксабан был связан с более низкими показателями неблагоприятных событий при всех уровнях хрупкости организма. Дабигатран и ривароксабан были связаны с более низкими показателями событий только среди пациентов без признаков хрупкости. [25] Детальный анализ подгруппы пациентов пожилого возраста (старше 75 лет) выявил существенные преимущества препарата перед варфарином. Применение апиксабана позволило достичь статистически значимого снижения риска развития инсульта и системных эмболий на 29 % по сравнению с традиционной антикоагулянтной терапией варфарином. [26]

ФП остается серьезной проблемой общественного здравоохранения, особенно для пожилых людей. За последнее время был достигнут значительный прогресс в понимании механизмов развития ФП, диагностике и лечении этого заболевания. Совершенствование антикоагулянтной терапии, развитие инвазивных методов лечения, а также интеграция новых подходов открывают новые перспективы для улучшения результатов лечения пожилых пациентов с ФП. Дальнейшие исследования необходимы для оптимизации методов профилактики, ранней диагностики и лечения, а также для улучшения качества жизни пожилых пациентов с ФП.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Schnabel R.B., Yin X., Gona P., Larson M.G., et al. 50 year trends in atrial fibrillation prevalence, incidence, risk factors, and mortality in the Framingham Heart Study: a cohort study // Lancet. — 2015. -Vol. 386, N 9989.— P. 154–162.
2. Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. — 2021. — Т. 26, № 7. — С. 190–260.
3. Kornej J., Burschel C.S., Benjamin E.J., Schnabel R.B. Epidemiology of atrial fibrillation in the 21st century: novel methods and new insights // Circ. Res. — 2020. — Vol. 127, N 1. — P. 4–20.
4. Лукьянов М.М., Андреенко Е.Ю., Марцевич С.Ю., и др. Больные с фибрилляцией предсердий в клинической практике: коморбидность, медикаментозное лечение и исходы (данные регистров РЕКВАЗА) // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. — 2020. — Т. 16, № 6.— С. 888–898.
5. Van Gelder I.C., Rienstra M., Bunting K.V., et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) // Eur Heart J. — 2024. — Vol.45, N 36. — P.3314–3414.
6. Rafaqat, S., Rafaqat, S. Rafaqat, S. Pathophysiological aspects of insulin resistance in Atrial Fibrillation: novel therapeutic approaches // Int J Arrhythm. — 2022.— Vol. 23, N 6. <https://doi.org/10.1186/s42444-021-00057-5>

7. Fontes J.D., Lyass A., Massaro J.M., et al. Insulin resistance and atrial fibrillation (from the Framingham Heart Study) // *Am J Cardiol.* — 2012. — №109(1). — P.87–90.
8. Proietti M., Romiti G., Vitolo M., et al. Epidemiology and impact of frailty in patients with atrial fibrillation in Europe // *Age Ageing.* — 2022. — Vol. 51, N 8:afac192.
9. Shah S.J., Fang M.C., Jeon S.Y., et al. Geriatric Syndromes and Atrial Fibrillation: Prevalence and Association with Anticoagulant Use in a National Cohort of Older Americans // *J Am Geriatr Soc.* — 2021. — Vol. 69, N 2. — P. 349–356.
10. Петров М.В., Белугина Т.Н., Бурмистрова Л.Ф., Мельникова Л.В. Предикторы снижения качества жизни пациентов с синдромом старческой астении и патоксимальной формой фибрилляции предсердий // Сибирское медицинское обозрение. — 2022. — №2. — С.88–93.
11. Габитова М.А., Крупенин П.М., Соколова А.А., Напалков Д.А., Фомин В.В. «Хрупкость» у пациентов старческого возраста с фибрилляцией предсердий как предиктор геморрагических осложнений на фоне лечения прямыми пероральными антикоагулянтами // Сибирский научный медицинский журнал. — 2019. — Т. 39, № 6. — С. 70–76.
12. Hubbard R.E., Andrew M.K., Rockwood K. Effect of parental age at birth on the accumulation of deficits, frailty and survival in older adults // *Age Ageing.* — 2009. — Vol. 38., № 4. — P. 380–385.
13. Ott A., Breteler M.M., de Bruyne M.C., et al. Atrial fibrillation and dementia in a population-based study: the Rotterdam Study // *Stroke.* — 1997. — № 28. — P.316–321.
14. Баллюзек М.Ф., Александрова Л.Н., Семёнова И.Г. Возрастные особенности течения фибрилляции предсердий и определяющие их факторы // Успехи геронтол. — 2012. — Т. 25., № 2. — С. 311–316
15. Комиссаренко И.А. Фибрилляция предсердий у пациентов пожилого и старческого возраста // Клиническая геронтология. — 2020. — №26 (1-2). — С. 51–58.
16. Рубаненко О.А., Фатенков О.В., Кириченко Н.А., Хохлунов С.М., Дупляков Д.В. Клиническая характеристика пациентов пожилого и старческого возраста с фибрилляцией предсердий // Клинические и фундаментальные аспекты геронтологии. Сборник научных трудов. — 2015. — С. 324–326.
17. Klamer T.A., Bots S., Neefs J. Rate and Rhythm Control Treatment in the Elderly and Very Elderly Patients With Atrial Fibrillation: An Observational Cohort Study of 1497 Patients // *Current Problems in Cardiology.* — 2022. — Vol. 47, Issue 10. — 100996, ISSN 0146-2806
18. Depoorter L., Sels L., Deschoudt M., et al. Clinical Outcomes of Rate vs Rhythm Control for Atrial Fibrillation in Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Drugs Aging.* -2020. — №37(1). — P.19–26.
19. Dalgaard F., Pallisgaard J.L., Numi A.K., et al. Rate or Rhythm Control in Older Atrial Fibrillation Patients: Risk of Fall-Related Injuries and Syncope// *J Am Geriatr Soc.* — 2019. — Vol. 67, N 10. — P.2023–2030.
20. Gazzaniga G., Menichelli D., Scaglione F., et al. Effect of digoxin on all-cause and cardiovascular mortality in patients with atrial fibrillation with and without heart failure: an umbrella review of systematic reviews and 12 meta-analyses // *Eur J Clin Pharmacol.* — 2023. — Vol. 79, №4. — P.473–483.
21. Connolly S.J., Ezekowitz M.D., Yusuf S., et al. Dabigatran versus warfarin in patients with atrial fibrillation // *N. Engl. J. Med.* — 2009. — Vol. 361. № 12. — P. 1139–1151.
22. Patel M.R., Mahaffey K.W., Garg J. et al. Rivaroxaban versus warfarin in nonvalvular atrial fibrillation // *N. Engl. J. Med.* — 2011. — Vol. 365. № 10. — P. 883–891.
23. Granger C.B., Alexander J.H., McMurray J.J. et al. Apixaban versus warfarin in patients with atrial fibrillation // *N. Engl. J. Med.* — 2011. — Vol. 365. № 11. — P. 981–992.
24. Alexander K.P., Brouwer M.A., Mulder H., et al.; ARISTOTLE Investigators. Outcomes of apixaban versus warfarin in patients with atrial fibrillation and multi-morbidity: Insights from the ARISTOTLE trial // *Am Heart J.* — 2019. — № 208. — P.123–131.
25. Dae H.K., Ajinkya P., Joshua J.G., et al. Frailty and Clinical Outcomes of Direct Oral Anticoagulants Versus Warfarin in Older Adults With Atrial Fibrillation: A Cohort Study // *Ann Intern Med.* — 2021. — №174. — P.1214–1223.
26. Halvorsen S., Atar D., Yang H., et al. Efficacy and safety of apixaban compared with warfarin according to age for stroke prevention in atrial fibrillation: observations from the ARISTOTLE trial// *Eur Heart J.* — 2014. — Vol. 35, N 28. — P.1864–1872.
27. Канорский С.Г. Фибрилляция предсердий в старческом возрасте: современные возможности лечения//Южно-Российский журнал терапевтической практики. — 2022. — №3(1). — С.7–14.

© Рябая Ирина Николаевна (soldik24@yandex.ru); Трохова Мария Васильевна; Фокина Юлия Сергеевна;  
Буравлёва Татьяна Юрьевна; Тавкин Юрий Сергеевич  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ПАЦИЕНТОВ С ГЛУБОКОЙ РЕЗЦОВОЙ ДИЗОККЛЮЗИЕЙ И УМЕНЬШЕНИЕМ ВЫСОТЫ ГНАТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛИЦА В ПРОЦЕССЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

CHANGES IN MORPHOMETRIC  
PARAMETERS IN PATIENTS WITH DEEP  
INCISOR MALOCCLUSION  
AND A DECREASE IN GNATHIC FACIAL  
HEIGHT DURING ORTHODONTIC  
TREATMENT

**A. Sevastyanov**  
**T. Berezkina**  
**S. Fishev**  
**S. Pavlova**  
**M. Puzdyreva**  
**M. Rozhkova**  
**A. Shtorina**  
**I. Orlova**

*Summary.* Deep incisal malocclusion is characterized by excessive overlap of the maxillary anterior teeth with the lower anterior teeth and a lack of incisal-cuspal contact between the anterior teeth. Various opinions exist regarding the methods and timing of orthodontic treatment for various forms of deep incisal malocclusion.

Treatment using the proposed algorithm resulted in improved functional and aesthetic outcomes for the patients. The patients' appearance improved, the center between the dental arches became more even, and occlusal relationships were normalized.

*Keywords:* orthodontics, deep incisor disocclusion, morphometry, bite anomalies, tomography of the temporomandibular joints.

**Севастьянов Аркадий Владимирович**  
Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет Министерства здравоохранения РФ  
ardy.dkr@mail.ru

**Березкина Татьяна Николаевна**  
Ассистент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
mail332@mail.ru

**Фищев Сергей Борисович**  
Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский  
государственный педиатрический медицинский  
университет Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

**Пуздырева Маргарита Николаевна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
seven-spb@yandex.ru

**Рожкова Мария Геннадьевна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
rozmaria2010@yandex.ru

**Шторина Анастасия Александровна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
nastiya78@mail.ru

**Орлова Ирина Викторовна**  
К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
orisha@mail.ru



**Аннотация.** Глубокая резцовая дизокклюзия характеризуется чрезмерным перекрытием передними зубами верхней челюсти передних нижних зубов и отсутствием режуще-буторкового контакта между передними зубами. Различные мнения высказываются по поводу методов и сроков ортодонтического лечения различных форм глубокой резцовой дизокклюзии.

Проведенное лечение по предложенному алгоритму принесло пациентам улучшение функциональных и эстетических показателей. Улучшился внешний вид пациентов, выровнялся центр между зубными дугами, нормализовались окклюзионные взаимоотношения.

**Ключевые слова:** ортодонтия, глубокая резцовая дизокклюзия, морфометрия, аномалии прикуса, томография височно-нижнечелюстных суставов.

## Введение

Глубокая резцовая дизокклюзия характеризуется чрезмерным перекрытием передними зубами верхней челюсти передних нижних зубов и отсутствием режуще-буторкового контакта между передними зубами [1–4]. По различным данным эта патология встречается у 7,2 % —  $51,0 \pm 1,4$  обследованных [5, 6].

Глубокая резцовая дизокклюзия приводит к нарушению эстетики, вызывает серьёзные функциональные и морфологические изменения жевательного аппарата, которые наиболее отчётливо проявляются во взрослом возрасте [7, 8].

Большинство специалистов указывают на то, что привычная окклюзия у пациентов с глубокой резцовой дизокклюзией становится устойчивой и затрудняет последующее протезирование, направленное, в первую очередь, на восстановление (нормализацию) межальвеолярной высоты [9–11]. Все это и предопределило цель и задачи настоящего исследования.

Цель исследования — повышение эффективности диагностики и лечения пациентов с глубокой резцовой дизокклюзией и уменьшением высоты гнатической части лица на основе морфометрического исследования челюстно-лицевой области.

## Материалы и методы исследования

Нами обследованы и прошли ортодонтическое лечение 39 пациентов с глубокой резцовой дизокклюзией, которая сформировалась после зубоальвеолярного выдвижения передних зубов, при этом была уменьшена высота гнатической части лица, по сравнению с оптимальной индивидуальной нормой, что было подтверждено данными анамнеза и результатами клинико-лабораторного исследования.

Кроме того, глубокая резцовая окклюзия со снижением высоты гнатической части лица определялась у паци-

ентов с вертикальным типом роста челюстей, при задней ротации нижней челюсти, при увеличении угла нижней челюсти, при аномалиях окклюзии I класса.

Пациентам проводили кефалометрические, телерентгенологические измерения и определяли положение элементов височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС) по томограммам.

Следует отметить, что большинство морфометрических параметров лица не имело достоверной разницы у лиц мужского и женского пола, поэтому эти данные обобщались.

## Результаты исследований

Основной задачей лечения пациентов этой группы являлась увеличение высоты гнатической части лица и нормализация резцового перекрытия, что оценивалось нами по результатам, телерентгенографического и морфометрического исследования, анализа томограмм височно-нижнечелюстных суставов, и определения функционального состояния челюстно-лицевой области.

Для пациентов были характерны лицевые признаки имеющейся аномалии окклюзии. После комплексного лечения отмечалось улучшение профиля лица, как при визуально-ранговой оценки, так и при фотостатическом исследовании.

Результаты морфометрического исследования показали улучшение морфологических параметров лица после комплексного лечения (табл. 1).

Результаты исследования показали, что такие параметры, как высота назомаксиллярного комплекса (n-sto), так же как и у пациентов 1 группы, практически не изменились. Изменения параметров в гнатической части, как правило, происходили между точками sto-spm и sto-me, что приводило к увеличению гнатической части лица и нормализации морфологической высоты лица.

Таблица 1.  
Морфометрия лица у пациентов

Морфометрические параметры	Размеры лица (в мм) у людей		p
	до лечения	после лечения	
n-me (высота лица)	113,17 $\pm$ 3,29	119,74 $\pm$ 3,32	< 0,05
n-sn	58,05 $\pm$ 3,98	58,15 $\pm$ 3,83	> 0,05
n-sto (выс. назомаксил-лярного компл.)	77,40 $\pm$ 3,43	78,32 $\pm$ 4,11	> 0,05
sn-me	55,02 $\pm$ 3,73	61,59 $\pm$ 3,87	< 0,05
sto-me (высота нижней челюсти)	35,67 $\pm$ 2,41	41,42 $\pm$ 2,53	< 0,05
sn-sto (высота зубоальв. части в.ч.)	19,35 $\pm$ 2,06	20,17 $\pm$ 1,86	> 0,05
sto-spm (высота зубоальв. части н.ч.)	13,53 $\pm$ 1,07	19,11 $\pm$ 1,78	< 0,05
Spm-me	22,24 $\pm$ 1,54	22,31 $\pm$ 2,13	> 0,05
n-spm	90,93 $\pm$ 2,73	97,43 $\pm$ 2,54	< 0,05

Следует отметить, что у данных пациентов при наличии гнатических форм снижения высоты нижней части лица, комплексное лечение способствовало увеличению высотных параметров, однако они не соответствовали параметрам, полученных у лиц с физиологической окклюзией постоянных зубов. Так, если при физиологической окклюзии высота назальной части (n-sn) соответствовала гнатической (sn-me), то после комплексного лечения разница между указанными параметрами составляла около 3 мм, что определялось сохранившейся формой аномалии положения и размеров челюстей. Обращает на себя внимание достоверное увеличение высоты зубоальвеолярной части нижней челюсти, которая увеличивалась с 13,53  $\pm$  1,07 мм до 19,11  $\pm$  2,13 мм и примерно соответствовала высоте зубоальвеолярной части верхней челюсти (20,17  $\pm$  1,86 мм).

В результате комплексного лечения было достигнуто и эстетическое улучшение челюстно-лицевой области (профиля лица), однако не достигало значения нормальных величин.

Комплексное лечение привело к изменению основных показателей телерентгенографии. Результаты анализа телерентгенограмм представлены в таблице 2.

Результаты исследования показали, что значительно уменьшился угол ANB, однако и после комплексного лечения его показатели не соответствовали норме. Лечение привело к нормализации межрезцового угла и его показатели были в пределах 134–138 градусов. Угол нижней челюсти практически не изменился, но при выдви-

жении нижней челюсти кпереди и восстановлении окклюзионных взаимоотношений значения гониального угла (между мандибулярной и спинальной плоскостями) соответствовали возрастной норме и были в пределах 22–26 градусов. При рентгенологическом исследовании височно-нижнечелюстных суставов в большинстве случаев до лечения мы выявляли нарушения нормальных топографических соотношений элементов этого сочленения.

Таблица 2.  
Показатели телерентгенограмм у пациентов

Основные показатели телерентгенограммы	Результаты исследования		p
	До лечения	После лечения	
Лицевой угол ANSe	87,2 $\pm$ 4,7	87,1 $\pm$ 3,8	> 0,05
ANB	8,3 $\pm$ 1,8	3,8 $\pm$ 0,9	< 0,05
Гнатический угол	20,2 $\pm$ 3,4	24,1 $\pm$ 3,8	> 0,05
Гониальный угол	117,3 $\pm$ 4,6	117,3 $\pm$ 4,6	> 0,05
Межрезцовый угол	142,6 $\pm$ 4,8	137,4 $\pm$ 4,2	< 0,05
Угол выпуклости лица (n-ss-spm) в градусах	162,1 $\pm$ 5,71	168,2 $\pm$ 4,24	< 0,05
высота по скелетным точкам (sna' – me') в мм	60,76 $\pm$ 5,58	64,66 $\pm$ 5,28	> 0,05
высота по кожным точкам (sn'-Kme') в мм	65,5 $\pm$ 6,8	69,47 $\pm$ 7,15	> 0,05
Положение угла н/ч по вертикали (go-x) в мм	64,7 $\pm$ 8,8	65,5 $\pm$ 7,8	> 0,05
Положение угла н/ч по сагиттали (go-y) в мм	0,72 $\pm$ 0,53	1,87 $\pm$ 0,46	< 0,05
Положение головки н/ч по вертикали (co-x) в мм	7,7 $\pm$ 4,2	9,1 $\pm$ 2,1	> 0,05
Положение головки н/ч по сагиттали (co-y) в мм	14,1 $\pm$ 4,4	16,0 $\pm$ 3,1	> 0,05

Суставные головки нижней челюсти были смещены дистально кверху, отмечалось расширение суставной щели в переднем отделе и сужение ее в задневерхнем отделе.

В большинстве случаев при рентгенологическом исследовании височно-нижнечелюстных суставов соотношение элементов в самих сочленениях были не нарушены. Головка нижней челюсти не была смещена в суставной ямке. Она располагалась у основания суставного бугорка. Суставная щель в переднем отделе не была расширена, а в заднем отделе не сужена.

Если же после мезиального перемещения головка нижней челюсти выходила на вершину суставного бугор-

Таблица 3.

Показатели томограмм височно-нижнечелюстного сустава у пациентов

Основные показатели томограмм ВНЧС	Результаты исследования	
	До лечения	После лечения
Pm/Pr град	122,5±4,35	120,1±4,35
A-B мм	19,5±1,6	18,4±1,6
D1 мм	2,5±0,7	2,25±0,5
D2 мм	3,4±0,8	3,4±0,7
D3 мм	4,0±0,8	4,0±0,7
D4 мм	2,6±0,5	2,85±0,6
d мм	9,6±1,02	9,6±1,02
a	50,9±6,2	50,9±6,2

ка или располагалась на нижней половине заднего ската бугорка, мы производили коррекцию ортодонтических аппаратов с целью уменьшения величины сагиттального сдвига нижней челюсти до допустимых пределов.

Результаты исследования височно-нижнечелюстного сустава показали, что у пациентов исследуемой группы, положение головки нижней челюсти в височно-нижнечелюстной ямке до лечения соответствовало её дистальному положению по отношению к норме на 18–20 % её просвета, а в верхнем отделе была шире на 10–15 %.

Основные показатели томограмм пациентов приведены в таблице 3.

Эффективность ортодонтического лечения пациентов исследуемой группы определялась также норма-

лизацией положения корней зубов, что в значительной мере отражалось на окклюзионных взаимоотношениях между зубными рядами верхней и нижней челюсти.

Определяемое методом окклюзиографии состояние окклюзионных взаимоотношений зубных рядов выявило недостаточное количество площадок смыкания окклюзионных поверхностей, — в среднем от 6 до 12 и увеличение количества контактных точек после лечения.

Результаты окклюзиографии пациентов представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты окклюзиографии пациентов

Этап обследования	Данные окклюзиографии (количество точек) на	
	Верхней челюсти (M±)	Нижней челюсти (Mm)
До лечения	7,5±0,3	6,1±1,2
После лечения	29,3±2,2	31,8±2,5

Величина абсолютного прироста на зубах верхней челюсти равнялась 21,8 ± 1,3, на нижней челюсти — 25,7 ± 2,0. В тоже время показатели окклюзионных взаимоотношений не соответствовали физиологической окклюзии постоянных зубов, что было обусловлено аномалией формы и размеров челюстных костей.

### Заключение

Таким образом, комплексное лечение пациентов с глубокой резцовой дизокклюзией с уменьшением высоты гнатической части лица привело к улучшению формы и размеров зубных дуг и нормализации окклюзионных взаимоотношений, восстановлению функции жевания и эстетики посредством ортодонтических аппаратов и протетических конструкций.

### ЛИТЕРАТУРА

- Агашина М.А., Балахничев Д.Н., Фищев С.Б., Лепилин А.В., Дмитриенко С.В. Особенности параметров зубных дуг в двух плоскостях с учётом диагональных параметров. Стоматология детского возраста и профилактика. 2016;15(4):61–63. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27511472>
- Берёзкина Т.Н., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г. и др. Лечение дистопии клыка верхней челюсти применением микроимпланта и брекет-системы: клинический случай. Проблемы стоматологии. 2025; 21(2):131–137. doi: 10.18481/2077-7566-2025-21-2-131-137
- Кондратюк А.А., Фищев С.Б., Фомин И.В., Субботин Р.С., Лепилин А.В. Особенности торка медиальных резцов у людей с различными типами зубных дуг, по результатам анализа конусно-лучевых компьютерных томограмм. Стоматология детского возраста и профилактика. 2019;19(1):40–45. doi:10.35630/2199-885X/2018/8/1/19
- Малыгин Ю.М., Тайбогарова С.С., Малыгин М.Ю., Велиева Н.И. Значение строения альвеолярных дуг для дифференциальной диагностики дистального прикуса. Ортодонтия. 2014;(3):10–14. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23288228>
- Огир Е.С., Персин Л.С., Панкратова Н.В., Кузнецова Т.Е., Пронина К.С. Значения биопотенциалов височных и жевательных мышц при различных видах окклюзионной нагрузки у детей 7–12 лет с физиологической и дистальной окклюзией. Ортодонтия. 2013;(3):19–25. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22926259>
- Павлова С.Г., Климов А.Г., Севастьянов А.В., Рожкова М.Г., Пуздырева М.Н. и др. Особенности ортодонтического лечения пациентов с зубоальвеолярной формой глубокой резцовой дизокклюзии: клинический случай. Институт стоматологии. 2025;106(1):58–60. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82343036>
- Рожкова М.Г., Фищев С.Б., Климов А.Г., Севастьянов А.В. и др. Особенности диагностики и ортодонтического лечения подростков с зубоальвеолярной формой дистальной окклюзии. Стоматология детского возраста и профилактика 2024; 24(3):313–319. DOI: 10.33925/1683-3031-2024-839.

8. Baeshen H. The Prevalence of Major Types of Occlusion Anomalies among Saudi Middle School Students // *J. Contemp. Dent.* 2017; 18(2):142–146. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2005. DOI 10.5005/jp-journals-10024-2005
  9. Botticelli S, Kyseler A, Marcusson A, Mwlsted K, Nwurholt SE, Cattaneo PM, et al. Do infant cleft dimensions have an influence on occlusal relations? A subgroup analysis within an RCT of primary surgery in patients with unilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 2020;57(3):378–388. doi: 10.1177/1055665619875320.
  10. Lin F, Ren M, Yao L, He Y, Guo J, Ye Q. Psychosocial impact of dental esthetics regulates motivation to seek orthodontic treatment // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2016;150(3):476–482. doi:10.1016/j.ajodo.2016.02.024
  11. Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137(4):100–108. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.03.040.
- 

© Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Березкина Татьяна Николаевна (mail332@mail.ru);  
Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru);  
Пуздырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru);  
Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РОБОТИЗОРОВАННАЯ ИМПЛАНТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА В СОВРЕМЕННОЙ СТОМАТОЛОГИИ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С РОБОТАМИ ИМПЛАНТОЛОГАМИ

## ROBOTIZED IMPLANTATION PRACTICE IN MODERN DENTISTRY. PROSPECTS FOR THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITH IMPLANTOLOGY ROBOTS

*S. Filatov*

**Summary.** The article is devoted to the urgent problem of improving the accuracy and safety of dental implantation, one of the leading methods of restoring lost teeth. It is emphasized that the accuracy of implant positioning is a key factor in the long-term success of treatment, and existing manual and navigation techniques are influenced by the human factor. Various types of robotic systems (active, passive, semi-active) and specific models presented in the scientific literature (YakeBot, r-CAIS, Yomi, DentRobot, Remebot, Theta, HRCDIS, Langyue, HRS-DIS) are described. A comparative analysis of the accuracy of robotic implantation with traditional manual and computer navigation methods based on published research data has been carried out. The prospects of integrating artificial intelligence for further improvement of implantological procedures are noted.

**Keywords:** dental implants, robotic implantation, positioning accuracy, surgical robots, computer implantation surgery, artificial intelligence in dentistry.

### Введение и актуальность исследования

Современная стоматология достигла значительных успехов, и дентальная имплантация стала неотъемлемой ее частью, являясь предпочтительным методом восстановления зубов, утраченных по различным причинам, таким как заболевания пародонта, воспалительные процессы или травмы. Этот метод позволяет эффективно восстановить нормальную жевательную функцию, речь, здоровье полости рта и эстетику улыбки пациента.

Ключевым фактором, определяющим долгосрочный успех имплантации, является точность позиционирования имплантата во время хирургического вмешательства, что обеспечивает стабильность и его выживаемость под нагрузкой. Даже незначительные отклонения от запланированного положения могут негативно сказаться на долгосрочной эффективности лечения и привести к серьезным осложнениям, как во время операции (например, кровотечение, повреждение нервов), так и в последующем периоде, вплоть до потери имплантата.

Существующие методики, включая компьютерную хирургию с использованием шаблонов или динамической навигации, хотя и повышают точность по сравнению с мануальной установкой, однако не исключают влияние человеческого фактора, как например уровень квалификации хирурга при выполнении манипуляций.

В этом контексте актуальность исследования роботизированных систем в дентальной имплантации неуклонно возрастает. Хирургические роботы представляют собой передовую технологию, способную обеспечить более высокую точность позиционирования имплантата и меньшую инвазивность процедуры. Роботизированные системы, оснащенные визуальными и навигацион-

**Филатов Сергей Николаевич**

Московский государственный  
медицино-стоматологический университет;  
Чжункэ ягу (подрайон Гуанвэнь, район Куйвэнь,  
город Вэйфан, провинция Шаньдун, Китай)  
dentist\_filatov@inbox.eu

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме повышения точности и безопасности дентальной имплантации — одного из ведущих методов восстановления утраченных зубов. Подчеркивается, что точность позиционирования имплантата является ключевым фактором долгосрочного успеха лечения, а существующие мануальные и навигационные методики подвержены влиянию человеческого фактора. Описываются различные типы роботизированных систем (активные, пассивные, полуактивные) и конкретные модели, представленные в научной литературе (YakeBot, r-CAIS, Yomi, DentRobot, Remebot, Theta, HRCDIS, Langyue, HRS-DIS). Проведен сравнительный анализ точности роботизированной имплантации с традиционными мануальными и компьютерными навигационными методами на основе данных опубликованных исследований. Отмечается перспективность интеграции искусственного интеллекта для дальнейшего совершенствования имплантологических процедур.

**Ключевые слова:** дентальные имплантаты, роботизированная имплантация, точность позиционирования, хирургические роботы, компьютерная имплантационная хирургия, искусственный интеллект в стоматологии.

ными компонентами, способны выполнять подготовку ложа и установку имплантата строго по предоперационному плану, минимизируя риски, связанные с человеческим фактором, такими как трепор рук, усталость хирурга и его квалификация.

Разработаны различные типы роботов, в разной степени взаимодействующие с хирургом: активные, пассивные, полуактивные. Исследование их эффективности, точности и безопасности подтверждают значимость развития этого направления. Одной из задач современной имплантологии является сравнение точности роботизированной имплантации с традиционными мануальными и навигационными методами, оценки работы различных типов роботов на результаты лечения и изучение потенциала интеграции искусственного интеллекта для дальнейшего совершенствования имплантологических процедур. Таким образом, изучение возможностей и ограничений роботизированной хирургии имеет высокую научную и практическую значимость и направлено на повышение качества, предсказуемости, безопасности дентальной имплантации и улучшение результатов лечения пациентов.

### Материал и методы

Настоящий анализ основан на обзоре и синтезе данных из опубликованных исследований, посвященных применению роботизированных систем в дентальной имплантации. Рассматриваемые технологии включают различные типы роботов, классифицируемые по уровню взаимодействия хирурга с системой: на активные, полуактивные и пассивные системы [3, 6].

В анализ включены данные по следующим конкретным роботизированным системам, описанным в литературе: YakeBot (активный робот, выполняющий автономное сверление и установку имплантата) [6, 12], r-CAIS (активный робот, модификация Remebot, с возможностью автономного выполнения задач под наблюдением хирурга) [1, 10], Yomi (пассивный робот с координатно-измерительной машиной для позиционирования импланта и рабочей руки, которой вручную управляет хирург) [5], DentRobot (пассивный робот с оптическим отслеживанием и ручным управлением) [3], Remebot (полуактивный робот с автоматической корректировкой положения и сверлением под ручным контролем) [6, 10, 14], Theta (полуактивный робот с оптической навигацией, датчиками силы и манипулятором UR-3e с врачающимися запястными суставами) [3, 8, 11], HRCDIS (полупассивный робот для совместной работы человека и машины с визуальным отслеживанием положения с оптической камерой и маркерами позиционирования) [7], Langyue (полуактивный коллаборативный робот с автономным позиционированием и пассивным запуском сверления с участием хирурга) [9], и HRS-DIS (полуактивный робот

с гибридной кинематикой манипуляторов и навигационной системой) [4].

Эффективность роботизированных систем оценивалась путем сравнения их показателей с показателями традиционной хирургии свободной руки и компьютерной имплантационной хирургии с использованием статических шаблонов или динамических навигационных систем (таких как Yizhimei [8] и Beidou-SNS [4]).

Основным методом оценки точности установки имплантатов во всех цитируемых исследованиях служил анализ послеоперационных конусно-лучевых компьютерных томограмм (КЛКТ). Степень отклонения фактического положения имплантата от запланированного измерялась по трем параметрам: коронарное отклонение (линейное смещение на уровне шейки имплантата), апикальное отклонение (линейное смещение на уровне верхушки имплантата) и угловое отклонение (разница в градусах между осями запланированного и установленного имплантата), согласно методологии, описанной Талмазовым и соавторами [11, 17].

Дополнительно оценивались временные параметры операции: время необходимое для предоперационной подготовки робота (калибровка, регистрация, планирование траектории движения) и продолжительность хирургического вмешательства (от подготовки ложа до установки имплантата) [6, 9, 12, 20]. Также учитывались данные о безопасности процедур, в частности, наличие или отсутствие интраоперационных осложнений, таких как кровотечение или повреждение нервных структур [1, 9, 10, 11].

Следует отметить, что большинство рассмотренных исследований фокусировалось на этапах остеотомии и установки имплантата, преимущественно с использованием безлоскутного хирургического доступа [23, 24]. Исследования часто проводились на фантомных моделях, хотя имеются и клинические случаи. Сложные клинические ситуации, требующие вспомогательных костно-пластикаических процедур (например, направленной костной регенерации (GBR), синус-лифтинга) или связанные с анатомическими ограничениями (например, ограниченное открывание рта, установка имплантатов в области вторых моляров), как правило, не входили в область применения описанных роботизированных систем [23, 24].

### Результаты

Анализ представленных исследований показывает, что внедрение роботизированных систем в дентальную имплантологию демонстрирует значительный потенциал для повышения точности хирургических вмешательств. Основным результатом, последовательно от-

мечаемым в различных работах, является существенное превосходство роботов над традиционными мануальными методиками в точности позиционирования имплантатов. Это подтверждается измерениями отклонений по коронарным, апикальным и угловым параметрам после операции с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [11].

Сравнительные исследования роботизированных систем с методами компьютерной динамической навигации также указывают на преимущества роботов. В частности, системы — полуактивный робот Theta [8] и полупассивный робот HRS-DIS [4] продемонстрировали меньшие угловые отклонения по сравнению с динамическими навигационными системами Yizhimei и Beidou-SNS соответственно. Среднее угловое отклонение для робота HRS-DIS составило  $1 \pm 0.48^\circ$ , в то время как для системы Beidou-SNS оно было  $2.41 \pm 1.42^\circ$  [4], а для Theta-Yizhimei составило  $1.08 \pm 0.66^\circ$  и  $2.32 \pm 0.71^\circ$  соответственно. Повышенная точность роботизированных систем объясняется их способностью стабилизировать положение и ось сверла, исключая влияния нестабильности руки хирурга и его опыта, факторов, которые могут снижать точность при использовании динамической навигации [3, 4, 8, 18].

Точность также варьируется в зависимости от типа робота. Активные (например, Yakebot) и полуактивные (например, Remebot) роботы показали схожие, высокие уровни точности. Пассивные роботы (например, DentRobot), где хирург вручную направляет роботизированную руку, продемонстрировали большие отклонения [6]. Это объясняется тем, что активные и полуактивные системы обеспечивают более стабильный захват наконечника по сравнению с выполнением процедур вручную [4]. Кроме того, автоматическая калибровка и регистрация в навигационных системах роботов снижают влияние человеческого фактора по сравнению с визуальной калибровкой [19].

Что касается времени операции, исследования показывают, что общая продолжительность процедур с использованием роботов сопоставима с операциями, выполняемыми вручную [6, 9]. Однако время может варьироваться. Например, установка одного имплантата с помощью полуактивного робота Langyue занимала 20–25 минут, а операции на двух беззубых челюстях — 47 и 70 минут, причем автоматическая регистрация делала этот тип робота эффективным для полной адентии [9]. Пассивные роботы могут обеспечивать самое короткое время самой операции, так как хирург напрямую направляет руку робота во время операции [1, 6]. Однако время предоперационной подготовки может быть дольше для активных роботов из-за необходимости сложной калибровки и планирования траектории движения [6, 12], в то время как у полуактивных роботов с автоматической регистрацией оно минимально [20].

С точки зрения безопасности, в рассмотренных клинических исследованиях не было зарегистрировано серьезных осложнений, таких как кровотечения или повреждения нервов [10, 11, 18].

Главным преимуществом роботизированных систем является их стабильная точность, не подверженная влиянию усталости, стресса или трепора рук хирурга. Тем не менее, большинство систем требуют контроля или взаимодействия со стороны человека, чаще всего реализуя «полуактивный» подход, где робот выполняет сверление, а хирург наблюдает и может вмешаться [4–6, 9].

Несмотря на многообещающие результаты по точности, роботизированные системы имеют ограничения. Отмечается нехватка крупных, высококачественных клинических исследований для подтверждения долгосрочной выживаемости и эффективности, так как многие данные получены на фантомных моделях. Существенными барьерами являются высокая стоимость систем, трудности при работе в ограниченном пространстве (ограниченное открывание рта, область вторых моляров) и неспособность выполнять сложные вспомогательные процедуры, такие как направленная костная регенерация (GBR), синус— лифтинг или использование трансплантов, часто необходимые перед имплантацией [23, 24]. Современные роботы также не предназначены для сложных клинических случаев (например, при близости к нервам или гайморовым пазухам, в эстетически значимой зоне, при недостаточном объеме или качестве кости). Эти задачи по-прежнему требуют опыта и навыков хирурга-стоматолога.

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) рассматривается как перспективное направление развития [2]. Алгоритмы ИИ могли бы анализировать КТ-данные, оптимизировать планы лечения, управлять движениями робота и даже адаптироваться к непредвиденным ситуациям во время операции на основе данных в реальном времени (плотность кости, близость анатомических структур), повышая безопасность и автономность систем [21, 22].

## Обсуждение

Современная стоматология сегодня немыслима без имплантации. Благодаря достижениям в технологии имплантации, дентальные имплантаты стали предпочтительным выбором для восстановления нормальной жевательной функции, речи, здоровья и эстетики пациентов, стали идеальным решением для пациентов, которые потеряли зубы из-за различных причин, таких, например, как заболевания пародонта, воспалительные процессы в зубах, травмы. Планируемое положение имплантата имеет решающее значение для достижения успешных результатов: долгосрочную стабильность под

нагрузкой и выживаемость. Незначительное отклонение положения имплантата может повлиять на долгосрочную эффективность и потенциально привести к различным осложнениям в процессе операции (кровотечение, повреждение нервов) и потери имплантата под нагрузкой ортопедическими конструкциями [1].

Хирургические роботы предлагают более высокую точность и меньшую инвазивность, что дает лучший результат и снижает риск осложнений [2]. Роботы для имплантации состоят из трех основных частей: роботизированной операционной структуры, визуальной системы и центральной системы управления. Эти элементы выполняют функции, аналогичные функциям рук, глаз и мозга стоматолога соответственно [3]. При выполнении операции центральная система управления использует визуальную систему для определения текущего положения области имплантации.

Затем она направляет роботизированную руку для подготовки места имплантации и установки имплантата на основе предоперационного плана [4]. При помощи навигационной системы, повышается точность в позиционировании имплантата и снижению рисков во время операции [2, 3].

В современных роботах роботизированная рука обеспечивает физическое руководство с помощью тактильной обратной связи при позиционировании имплантата, а также в систему интегрирован трекер пациента для отслеживания движений пациента и предоставления обратной связи в реальном времени на экране монитора. Наконец, роботизированная система контролируется и управляет человеком-оператором, что позволяет гибко вносить изменения в план лечения и останавливать процедуру сверления при необходимости [4]. В настоящее время разработаны следующие типы роботов для дентальной имплантации: активные, пассивные и полуактивные системы, в зависимости от уровня взаимодействия между стоматологом и роботом [3, 6].

В последнее время, предоставлен ряд исследований по оценке точности установки имплантатов и комфорта пациента с помощью робота, и сравнительная оценка работы робота и динамической навигационной системы [1–11].

Робот YakeBot разработанный YakeBot Technology Co., Ltd (Пекин, Китай), представляет собой передовую роботизированную имплантационную систему. Этот робот оснащен роботизированной рукой, которая способна автономно входить и выходить изо рта пациента, а также выполнять задачи по сверлению и установке имплантатов [6, 12]. Во время процедуры стоматолог-хирург активирует робота с помощью педали контроллера. Затем роботизированная рука перемещается в указанную об-

ласть и автоматически регулирует положение наконечника на основе предоперационного плана. Робот приступает к подготовке ложа имплантата путем сверления с заданной скоростью. После окончания сверления роботизированная рука возвращает наконечник в исходное положение. Затем хирург заменяет сверло, и робот повторяет процесс согласно протоколу сверления, в завершении которого устанавливается имплантат. На протяжении всей операции YakeBot управляет движением роботизированной руки, подготовкой ложа имплантата и установкой имплантата, в то время как хирург наблюдает за операцией и дает инструкции.

Этот совместный подход позволяет повысить точность и эффективность процедур имплантации зубов, потенциально снижая риск человеческой ошибки и улучшая результаты для пациентов [6, 13].

Автономная роботизированная компьютерная имплантационная хирургия (r-CAIS): r-CAIS — это усовершенствованный робот для стоматологической хирургии, созданный на основе робота Remebot, но с модификациями, делающими его активным роботом [10]. Он предназначен для выполнения остеотомии и установки имплантата под наблюдением хирурга.

Технологию, лежащую в основе r-CAIS, можно разделить на две системы: помочь робота и автономное выполнение задач [1]. В системе помочи робота r-CAIS использует полуактивного робота Remebot, который состоит из рабочей руки и руки машины для измерения координат. Эта система обеспечивает визуальное руководство и физическую обратную связь (тактильную обратную связь) с хирургом во время процесса остеотомии и установки имплантата [1]. Однако хирург по-прежнему сохраняет непрерывный контроль над рабочей рукой, что может приводить к ошибкам и быть сложным в управлении. С другой стороны, роботизированная система с автономной задачей дает хирургу дискретный контроль над системой r-CAIS. В этой системе хирург указывает место для установки имплантата, а роботизированная система автономно выполняет задачу подготовки ложа имплантата. Роль хирурга заключается в наблюдении за процедурой и вмешательстве при необходимости. В целом, r-CAIS — это активный стоматологический хирургический робот, который сочетает в себе роботизированную помочь и автономию задач для повышения точности и эффективности остеотомии и процедур установки имплантатов [10].

Робот для стоматологической хирургии Yomi — это пассивный робот-имплантолог, разработанный компанией Neocis в США, использующий руку координатно-измерительной машины (КИМ) для точного позиционирования имплантата.

Система Yomi состоит из рабочей руки, которой вручную управляют хирурги, и руки КИМ, которая автоматически позиционирует имплантат [5]. Во время процедур сверления и установки имплантата, хирурги используют рабочую руку робота, в то время как рука КИМ обеспечивает точное позиционирование зубного имплантата. Стоит отметить, что рука КИМ стоит дороже и занимает много пространства в полости рта пациента [6]. Yomi получил одобрение Управления по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) в 2017 году [3]. Робот для стоматологической хирургии DentRobot: DentRobot, представленный компанией Dcarer Medical Technology Co., Ltd. в 2022 году, представляет собой пассивного робота-имплантолога [3], использует технологию оптического отслеживания и управляется хирургом с помощью педали контроллера. Хирург вручную направляет роботизированную руку в рот пациента, чтобы подготовить место имплантации и установить имплантат.

Во время процесса сверления роботизированная рука обеспечивает трехмерное физическое руководство для хирурга. Если положение наконечника не является оптимальным, робот автоматически настраивает и перемещает его в идеальное положение. После достижения заданной глубины хирург извлекает роботизированную руку изо рта и заменяет сверло и повторяет процесс до тех пор, пока имплантат не будет установлен. В обязанности хирурга входит маневрирование роботизированной рукой во рту, подготовка места имплантации, замена сверла и установка имплантата. Кроме того, хирург контролирует работу робота и дает необходимые инструкции [6].

Робот для стоматологической хирургии Remebot разработан в 2023 году компанией Baihui Weikang Technology Co., Ltd (Пекин, Китай) и является полуактивным роботом-имплантологом [10]. Хотя он может самостоятельно выполнять определенные задачи, ему все равно требуется ручная помощь оператора на определенных этапах процедуры. Чтобы управлять Remebot, хирург использует педаль контроллер, чтобы направлять и устанавливать роботизированную руку в рот пациента. Оказавшись внутри, роботизированная рука берет на себя управление и автоматически регулирует положение наконечника, а также сверление с заданной скоростью на основе предоперационного плана. Центральная система управления обеспечивает точное позиционирование сверла. После подготовки ложа имплантата роботизированная рука возвращает наконечник в исходное положение. Процесс продолжается заменой сверла хирургом, и этот цикл повторяется до тех пор, пока имплантат не будет успешно установлен. На протяжении всей процедуры основные обязанности хирурга включают в себя управление роботизированной рукой, замену сверла, установку имплантовода и имплантата, представление инструкций и контроль общей работы робота.

Стоит отметить, что Remebot представляет собой прогресс в технологии дентальной имплантации, автоматизируя определенные аспекты процедуры. Однако он по-прежнему зависит от опыта и контроля обученного хирурга для обеспечения оптимальных результатов и безопасности пациента [6,14].

Робот для стоматологической хирургии Theta, разработанный компанией Hangzhou Jianjia Robot Co. LTD в 2023 году — это полуактивный робот для дентальной имплантации [3,8]. Он сочетает в себе блоки управления и оптическую навигационную систему для обеспечения точного позиционирования, сверления и установки дентальных имплантатов. Система включает в себя манипулятор UR-3e с полностью врачающимися запястными суставами и концевыми суставами, способными к бесконечному вращению [8,11]. Используя датчики силы, манипулятор может эффективно взаимодействовать с пользователями для точного позиционирования. Theta — это комплексная система, которая включает в себя механическую руку, бинокулярную камеру, управляющий компьютер и интегрирующую платформу. Манипулятор оснащен наконечником для выполнения дентальной имплантационной операции. Эта система предлагает расширенные возможности для повышения точности и эффективности процедур дентальной имплантации, в конечном итоге принося пользу как стоматологам, так и пациентам [8,11].

Система для совместной работы хирурга имплантолога и робота (HRCDIS): HRCDIS — это полупассивный робот. Он включает в себя схему ручного управления с нулевым усилием и систему управления оперативными задачами [7]. Робот использует визуальную систему отслеживания положения, включающую оптическую камеру и маркер позиционирования, а также модифицированный кобот UR5 от Universal Robots. С помощью этой установки HRCDIS точно определяет положение руки робота, идентифицирует точное место и направление сверления и выполняет автоматические операции сверления. Полупассивная природа робота позволяет ему работать в тандеме с хирургами — операторами, повышая производительность и эффективность в задачах, связанных со сверлением [7].

Робот для стоматологической хирургии Langyue, разработанный Shecheng Co. Ltd., это полуактивный коллaborативный робот. Он включает в себя как автономные, так и пассивные инициированные действия для оптимизации хирургического процесса [9]. Робот способен автономно выполнять такие задачи, как позиционирование инфракрасного следящего зонда и роботизированной руки, поддержание направления сверления и отслеживание движения пациента. Однако для фактической процедуры сверления требуется участие человека. Хирург инициирует процесс сверления, оказывая небольшое

давление на наконечник, и он полностью контролирует давление и скорость сверла с помощью тактильного контроллера [9]. Роботизированная система обеспечивает автоматический контроль угла, позволяя хирургу направлять сверло вперед или извлекать его. Как только сверло достигает нужной глубины, роботизированная система останавливает наконечник, чтобы предотвратить дальнейшее сверление. Робот для стоматологической хирургии Langyue состоит из нескольких компонентов, включая основную роботизированную руку, вспомогательную роботизированную руку, оснащенную камерой, систему сверления дентальных имплантатов и контроллер [3, 9].

Гибридная роботизированная система для дентальной имплантационной хирургии (HRS-DIS). HRS-DIS — это полуактивный робот, разработанный в Шанхае, Китай. Он состоит из серийного манипулятора с 5 степенями свободы (DOF) и манипулятора Сьюарта с 6 степенями свободы [4]. Серийный манипулятор расширяет рабочее пространство робота, в то время как манипулятор Сьюарта обеспечивает точное позиционирование и жесткость. Робот использует наконечник, прикрепленный к манипулятору Сьюарта, что позволяет хирургу вручную управлять его движениями с помощью датчика силы.

Такой подход предотвращает любой потенциальный вред пациенту во время процедуры. Робот оснащен навигационной системой, которая отслеживает текущее положение и обменивается данными с роботом. Сначала хирург настраивает выравнивание сверла параллельно целевой траектории с помощью манипулятора. Затем он вручную позиционирует наконечник близко к точке входа траектории сверления ложа имплантата. Вторая тонкая настройка выполняется с помощью манипулятора, и сверло поднимается на 2 мм выше точки входа. Робот автоматически выполняет остеотомию и возвращается в исходную точку после завершения сверления. Затем наконечник вынимается из рта, и вручную заменяется следующее сверло. Наконец, робот устанавливает дентальные имплантаты [4].

Различные технологии были внедрены для улучшения процесса установки имплантатов, включая компьютерную имплантационную хирургию [15]. Целью компьютерной имплантационной хирургии является достижение лучших клинических результатов за счет снижения неудач, осложнений и побочных эффектов [3, 15]. Компьютерная имплантационная хирургия включает два основных технологических подхода: статическую и динамическую компьютерную имплантационную хирургию. В статической хирургии используется хирургический шаблон для направления остеотомии и установки имплантата. Компьютерная система, известная как навигация в реальном времени, помогает хирургам, используя оптические устройства слежения для обеспе-

чения прямой визуализации во время процедуры. Обе системы широко используются и тщательно изучаются, показывая свою способность помогать хирургам достигать более высокой точности установки имплантатов по сравнению с хирургией свободной руки [3, 15].

Без сомнения, компьютерные технологии улучшили предоперационное планирование, а хирургические шаблоны и видеонавигация обеспечивают более высокую эффективность имплантации, они все еще имеют некоторые ограничения [15, 16]: точность и стабильность во время сверления, а также на установку имплантатов вручную может влиять человеческий фактор.

Внедрение роботизированных систем в дентальной имплантационной хирургии предлагает очевидные улучшения точности и безопасности, и недавние исследования показали многообещающие результаты в этом направлении [3,4].

Во всех исследованиях точность позиционирования имплантата оценивалась с использованием методологии, описанной Талмазовым и соавторами. [17] Последовательная конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) использовалась для измерения степени отклонения в трех аспектах фактического размещения имплантата: коронарное, верхушечное и угловое.

Осьное отклонение представляет собой угол в градусах между гипотетической центральной осью размещенного имплантата и планируемым имплантатом. По сравнению с размещением вручную, размещение имплантата с помощью робота показало значительно большую позиционную точность [11].

Тао и др. [4] и Чен и др. [8] провели исследования, сравнивающие точность роботизированной установки и компьютерных методов динамической навигации. Чен и др. [8] обнаружили, что роботизированная система установки (Theta) имела меньшие угловые отклонения по сравнению с компьютерной системой динамической навигации (Yizhimei). Значения линейного отклонения в области шейки имплантата составили  $0.58 \pm 0.31$  мм,  $0.69 \pm 0.28$  мм в области апекса, и угловое отклонение  $1.08 \pm 0.66^\circ$ , в то время как для динамической системы Yizhimei эти значения:  $0.73 \pm 0.2$  мм,  $0.86 \pm 0.33$  мм и  $2.32 \pm 0.71$  соответственно [8]. В другом исследовании Тао полупассивная роботизированная система HRS-DIS сравнивалась с динамической навигационной системой п Beidou-Surgical navigation system (SNS). Результаты показали, что роботизированная система имела более высокую точность позиционирования имплантата по сравнению с динамической навигационной системой. Среднее отклонение угла составило  $2.41 \pm 1.42^\circ$  для Beidou-SNS и  $1 \pm 0.48^\circ$  для HRS-DIS, и незначительной разницей в линейном отклонении шейки и апекса имплан-

тата [4]. Результаты показывают, что роботизированная система обеспечивает большую точность позиционирования имплантата по сравнению с динамической навигационной системой, что показывает ее высокий потенциал как ценного инструмента для дентальной имплантационной хирургии. Повышенная точность роботизированной системы связана с ее способностью стабилизировать местоположение и ось сверления устранив человеческий трепет рук. С другой стороны, компьютерная динамическая навигация в значительной степени зависит от навыков и опыта хирурга, что может вносить изменчивость в точность размещения имплантата [3, 4, 8, 18].

В исследовании, проведенном Сюй и соавторами [6], сравнили различные типы роботов для дентальной имплантации, включая активного робота (Yakebot), полуактивного робота (Remebot) и пассивного робота (DentRobot). Исследователи обнаружили, что точность установки имплантата повышалась при использовании роботов, которые в разной степени взаимодействовали с хирургом во время процедуры. Активные и полуактивные роботы продемонстрировали схожие уровни точности установки имплантата. Напротив, пассивный робот показал большие отклонения в установке имплантата. Это несоответствие можно объяснить тем фактом, что роботизированные руки обеспечивают более стабильный и точный захват наконечника во время операции, эффективно минимизируя потенциальный трепет руки, который может присутствовать, когда стоматолог выполняет процедуру вручную [10]. Кроме того, навигационная система для дентальной имплантационной хирургии автоматически калибрует и регистрирует роботизированную руку, положение пациента и оптический трекер. Это устраняет необходимость ручной калибровки и снижает влияние человеческого фактора по сравнению с калибровкой и регистрацией, выполняемыми исключительно путем визуального наблюдения [19].

Исследования показали, что продолжительность операции с использованием роботов сопоставима с операциями, выполняемыми вручную [6,9]. Однако исследование, проведенное Цяо и др. [9], дало некоторое представление о влиянии роботов на время операции. Они обнаружили, что при установке имплантата одного зуба хирургические процедуры занимали около 20–25 минут, в то время как для двух беззубых челюстей процедуры занимали 47 и 70 минут. Они использовали полуактивного робота Langue, что исключало необходимость ручной регистрации и калибровки, что делало его более эффективным вариантом для случаев полной адентии [9]. Кроме того, время операции варьировалось в зависимости от типа используемого робота.

Активный робот имел самое длительное время операции, в то время как пассивный робот имел самое ко-

роткое время операции. Это было связано с тем, что стоматолог направлял роботизированную руку во время подготовки ложа имплантата в случае пассивного робота, что приводило к более быстрой процедуре [1,6]. Также важно отметить, что использование роботов для имплантации может увеличить время предоперационной подготовки. Сюй и др. [6,12] продемонстрировали, что у активного робота было самое длительное время подготовки из-за необходимости переноса пространственного положения сверла, проведения калибровки и регистрации, а также планирования движения роботизированной руки во рту и вне его. Пассивный робот требовал ручных манипуляций для калибровки и регистрации, в то время как центральная система управления полуактивного робота автоматически распознавала регистрацию. Таким образом, у полуактивного робота было самое короткое время предоперационной подготовки. [20].

Проблемы безопасности во время операции имплантации включают в себя потенциальные осложнения, связанные с кровотечением, повреждением нервов и риском аспирации иностранных тел. В ходе клинических исследований не было зарегистрировано никаких осложнений [1, 9–11]. Важным фактом, во всех случаях было то, что роботизированные системы, независимо от типа, продемонстрировали более высокую точность и правильность позиционирования имплантата по сравнению с хирургами практиками и динамическими навигационными системами. Это означает, что роботизированные системы превосходят точность, достигнутую даже опытными врачами-клиницистами [1–11]. Главным преимуществом роботизированных систем является отсутствие усталости или изменчивости, свойственных хирургам операторам. Такие факторы, как истощение, стресс или отвлечения, не влияют на точность роботов, в отличии от человека-хирурга. Роботизированная рука также может избегать естественного трепета рук, которое может привести к непреднамеренным отклонениям. Однако все роботизированные системы по-прежнему требуют определенного уровня человеческого контроля или сотрудничества. Большинство исследователей использовали «полуактивный» подход, когда робот выполняет сверление и установку имплантата, но хирург следит за ходом операции и может вмешаться при необходимости. [4–9] Роботизированные системы имеют достаточно быстрое время подготовки. Длительность операции была сопоставима с операциями, выполняемыми человеком [6, 9].

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в эти системы может подтолкнуть их к совершенно новой парадигме [2]. Алгоритмы ИИ могут анализировать анатомические КТ-сканы, разрабатывать оптимальные планы лечения имплантации, сравнивать пред- и послеоперационные сканы и даже более разумно управлять движе-

ниями робота [21]. В процессе операции, ИИ проводит оценку плотности костной ткани в реальном времени, близости к жизненно важным структурам и может обеспечить более безопасное и динамичное хирургическое руководство [22]. Вместо того, чтобы просто следовать заранее определенному плану, роботы с искусственным интеллектом могут реагировать на неожиданные ситуации и совершенствовать процесс принятия решений. Они также могут накапливать хирургический опыт и данные по всем операциям, используя комплекс этих знаний для совершенствования методов лечения. По мере развития вычислительной техники и возможностей ИИ, внедрение интеллектуальных обучающих систем в стоматологических роботов может сделать их автономными хирургами, выполняющими процедуры с гораздо большей точностью.

Многообещающие результаты точности современных роботов, вероятно, представляют собой только начало для ИИ преобразующего робототехнику дентальной имплантации [39]. Хотя роботизированные системы демонстрируют явные преимущества при установке имплантатов, важно отметить их ограничения при выполнении сложных реконструктивных процедур. Основным ограничением, отмеченным в рассмотренных исследованиях, было отсутствие высококачественных клинических исследований. Многие результаты были получены с помощью фантомных моделей.

Более обширные клинические исследования по установке имплантатов с помощью робота будут иметь решающее значение для демонстрации долгосрочной безопасности и эффективности, прежде чем эти системы получат более широкое распространение. Тем не менее, первоначальные результаты демонстрируют значительное улучшение точности и правильности позиционирования имплантатов, что является весомым аргументом в пользу роботизированной стоматологической хирургии, несмотря на высокую стоимость в настоящее время, и роботизированные руки имеют ограничения для случаев с ограниченным открыванием рта и в труднодоступных областях вторых моляров.

Рассмотренные исследования были сосредоточены в основном на остеотомии и установке имплантата, но перед имплантацией часто требуются ряд вспомогательных операций, таких как направленная костная регенерация (GBR), синус лифтинг, или использование трансплантационных материалов для обеспечения достаточного объема костной ткани [23,24]. Эти манипуляции недоступны современным роботам. Во всех исследованиях использовался безлоскутный подход, избегая необходимости подъема мягких тканей или имплантация в лунку удаленного зуба хирургом непосредственно перед имплантацией.

### Заключение

В заключение следует отметить, что у роботов для имплантации зубов есть ограничения, в том числе стоимость, сложность доступа к труднодоступным областям (например, вторым молярам) и невозможность справляться со сложными случаями (например, недостаточным качеством и количеством кости) и выполнять реконструктивные процедуры и синус-лифтинг. Эти задачи по-прежнему требуют квалифицированного хирурга. Однако роботы для имплантации продемонстрировали хорошую точность позиционирования имплантатов. Для обеспечения долгосрочной безопасности и эффективности необходимы дальнейшие высококачественные клинические исследования.

Было бы полезно провести больше исследований и изучить различные случаи. Кроме того, необходимы новые роботы с большим количеством опций и функциональностью по сравнению с существующими роботами для имплантации зубов. Эти новые роботы должны управляться ИИ, иметь меньший размер и возможность помогать стоматологам во время вспомогательных операций, таких как процедуры GBR и синус-лифтинга. Интеграция искусственного интеллекта в роботов-имплантологов может произвести революцию в этой области, обеспечивая руководство в режиме реального времени, динамическое принятие решений и автономные хирургические возможности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. G. Greenstein, J. Cavallaro, G. Romanos, D. Tarnow Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: a review J Periodontol, 79 (2008), pp. 1317–1329
2. M. Natarajan A review of robotics in dental implantology J Indian Dent Assoc, 5 (2018), pp. 14–17
3. B. Tao, Y. Feng, X. Fan, et al. Accuracy of dental implant surgery using dynamic navigation and robotic systems: an in vitro study J Dent, 123 (2022)
4. K. jie Cheng, T. shu Kan, Y. feng Liu, et al. Accuracy of dental implant surgery with robotic position feedback and registration algorithm: an in-vitro study Comput Biol Med, 129 (2021)
5. Y. Yan, Y. Jia A review on human comfort factors, measurements, and improvements in human–robot collaboration Sensors, 22 (2022), p. 7431
6. T. shu Kan, K. jie Cheng, Y. feng Liu, et al. Evaluation of a custom-designed human— robot collaboration control system for dental implant robot Int J Med Robot Comput Assist Surg, 18(2022), p. e2346
7. J. Chen, X. Bai, Y. Ding, et al. Comparison the accuracy of a novel implant robot surgery and dynamic navigation system in dental implant surgery: an in vitro pilot study BMC Oral Health, 23 (2023), pp. 1–9

8. S.C. Qiao, X.Y. Wu, J.Y. Shi, M.S. Tonetti, H.C. Lai Accuracy and safety of a haptic operated and machine vision controlled collaborative robot for dental implant placement: a translational study *Clin Oral Implants Res*, 34 (2023), pp. 839–849
9. S. Yang, J. Chen, A. Li, K. Deng, P. Li, S. Xu Accuracy of autonomous robotic surgery for single-tooth implant placement: a case series *J Dent*, 132 (2023)
10. J.Y. Shi, B.L. Liu, X.Y. Wu, et al. Improved positional accuracy of dental implant placement using a haptic and machine-vision-controlled collaborative surgery robot: a pilot randomized controlled trial *J Clin Periodontol*, 5 (2024), pp. 24–32
11. S. Bai, N. Ren, Z. Feng, et al. Animal experiment on the accuracy of the autonomous dental implant robotic system *Chin J Stomatol*, 56 (2021), pp. 170–174
12. W. Wang, H. Xu, D. Mei, et al. Accuracy of the yakebot dental implant robotic system versus fully guided static computer-assisted implant surgery template in edentulous jaw implantation: a preliminary clinical study *Clin Implant Dent Relat Res* (2023) (in press)
13. T.C.T. van Riet, K.T.H. Chin Jen Sem, J.P.T.F. Ho, R. Spijkerman, J. Kober, J. de Lange Robot technology in dentistry, part two of a systematic review: an overview of initiatives *Dent Mater*, 37 (2021), pp. 1227–1236
14. J. Gargallo-Albiol, S. Baroóchi, O. Salomy-Coll, H. Wang lay Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. a systematic review *Ann Anat*, 225 (2019), pp. 1–10
15. G. Talmazov, S. Bencharit, T.C. Waldrop, R. Ammoun Accuracy of implant placement position using nondental open-source software: an in vitro study *J Prosthodont*, 29 (2020), pp. 604–610
16. P. Dudek, T. Richardson, L. Bose, et al. Sensor-level computer vision with pixel processor arrays for agile robots *Sci Robot*, 7 (2022), Article eabl7755
17. J. Ruppin, A. Popovic, M. Strauss, E. Spyrntrup, A. Steiner, C. Stoll Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems *Clin Oral Implants Res*, 19 (2008), pp. 709v716
18. X. Sun, F.D. McKenzie, S. Bawab, J. Li, Y. Yoon, J.K. Huang Automated dental implantation using image-guided robotics: registration results *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 6 (2011), pp. 627–634
19. S. Chen, Q. Ou, X. Lin, Y. Wang Comparison between a computer-aided surgical template and the free-hand method: a systematic review and meta-analysis *Implant Dent*, 28 (2019), pp. 578–589
20. M. Revilla-Leyn, M. Gómez-Polo, S. Vyas, et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: a systematic review *J Prosthet Dent*, 129 (2023), pp. 293–300
21. S.K. Bayrakdar, K. Orhan, I.S. Bayrakdar, et al. A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images *BMC Med Imag*, 21 (2021), p. 86
22. M. Chiapasco, P. Casentini, M. Zaniboni Bone augmentation procedures in implant dentistry *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24 (2009), p. 237
23. M. Clementini, A. Morlupi, L. Canullo, C. Agrestini, A. Barlattani Success rate of dental implants inserted in horizontal and vertical guided bone regenerated areas: a systematic review *Int J Oral Maxillofac Surg*, 41 (2012), pp. 847–852
24. T.W. Oates, M. Robinson, J.C. Gunsolley Surgical therapies for the treatment of gingival recession. a systematic review *Ann Periodontol*, 8 (2003), pp. 303

© Филатов Сергей Николаевич (dentist\_filatov@inbox.eu)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ КРЕАТИНФОСФОКИНАЗЫ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕСТРУКТИВНЫХ ФОРМ ХОЛЕЦИСТИТА У ПАЦИЕНТОВ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ

## THE DIAGNOSTIC SIGNIFICANCE OF CREATINE PHOSPHOKINASE IN THE DETECTION OF DESTRUCTIVE FORMS OF CHOLECYSTITIS IN PATIENTS OF THE OLDER AGE GROUP

**A. Yashnov**  
**N. Yashnova**  
**M. Burtseva**  
**O. Konovalova**  
**Ju. Hanina**

**Summary.** The diagnosis of destructive cholecystitis is a complex medical problem that requires an integrated approach. Despite the development of modern imaging techniques, the differential diagnosis of various forms of cholecystitis still causes considerable difficulties for specialists. Accurate and early identification of destructive changes in the gallbladder wall is crucial for determining treatment tactics and prognosis of the disease. **Aims:** to evaluate the role of changes in the concentration of the enzyme creatine phosphokinase autolysis as a predictor of acute destructive cholecystitis. **Methods:** During a retrospective one-stage study at Chita City Hospital No. 1, the condition of 180 patients with acute calculous cholecystitis was studied. The study group was divided into three main subgroups depending on the degree of inflammatory changes in the gallbladder wall: acute phlegmonous cholecystitis, acute gangrenous cholecystitis and acute catarrhal cholecystitis, each of which included 60 patients. The study is performed in the first 2 hours of hospitalization using the kinetic colorimetric method. The reagents CREATINE PHOSPHOKINASE — VITAL, manufactured in St. Petersburg, are used for the determination. The data was analyzed using SPSS Statistics 11.0. **Results:** the study showed significant differences in the concentration of CFRP in different forms of cholecystitis. In cases of gangrenous cholecystitis in patients over 70 years of age, the level of this enzyme reaches  $343.3 \pm 49.2$  U/l ( $p < 0.001$ ), with phlegmonous  $295.5 \pm 29.8$  U/l ( $p < 0.001$ ), and with catarrhal  $117.59 \pm 44.3$  ( $p = 0.001$ ). In patients over 70 years of age, there was also a direct and strong relationship between the concentration of CFRP and the severity of the disease, which is reflected in the index of 0.95 ( $p = 0.001$ ). **Conclusions:** when the gallbladder wall is destroyed, it is advisable to use creatine phosphokinase concentration as an indicator of damage.

**Keywords:** acute cholecystitis, diagnosis, destruction of the gallbladder wall, surgery.

**Яшнов Алексей Александрович**  
 ФГБОУ ВО Читинская государственная  
 медицинская академия  
**Яшнова Надежда Борисовна**  
 ФГБОУ ВО Читинская государственная  
 медицинская академия  
**Бурцева Мария Александровна**  
 ФГБОУ ВО Читинская государственная  
 медицинская академия  
**Коновалова Ольга Геннадьевна**  
 ФГБОУ ВО Читинская государственная  
 медицинская академия  
**Ханина Юлия Сергеевна**  
 ФГБОУ ВО Читинская государственная  
 медицинская академия  
 aleyyashnov@mail.ru

**Аннотация.** Диагностика деструктивного холецистита представляет собой комплексную медицинскую проблему, требующую интегрированного подхода. Несмотря на развитие современных методов визуализации, дифференциальная диагностика различных форм холецистита до сих пор вызывает значительные затруднения у специалистов. Точная и ранняя идентификация деструктивных изменений стенки желчного пузыря имеет решающее значение для определения тактики лечения и прогноза заболевания. **Цель исследования:** оценить роль в качестве предиктора острого деструктивного холецистита, изменения концентрации фермента аутолиза креатинфосфокиназы. **Методы:** в ходе проведения проспективного одномоментного исследования в Городской больнице №1 г. Читы было изучено состояние 180 пациентов с острым калькулёзным холециститом. Группа исследования была разделена на три основные подгруппы в зависимости от степени воспалительных изменений в стенке желчного пузыря: острый флегмонозный холецистит, острый гангренозный холецистит и острый катаральный холецистит, каждая из которых включала по 60 пациентов. Исследование выполняется в первые 2 часа госпитализации с применением кинетического колориметрического метода. Для определения используются реактивы «КРЕАТИНФОСФОКИНАЗА — ВИТАЛ», произведенные в Санкт-Петербурге. Анализ данных проводился с использованием SPSS Statistics 11.0. **Результаты:** Исследование показало значительные различия в концентрации КФК при разных формах холецистита. В случаях гангренозного холецистита у пациентов старше 70 лет уровень данного фермента достигает  $343.3 \pm 49.2$  Ед/л ( $p < 0.001$ ), при флегмонозном —  $295.5 \pm 29.8$  Ед/л ( $p < 0.001$ ), а при катаральном —  $117.59 \pm 44.3$  ( $p = 0.001$ ). У пациентов старше 70 лет также наблюдалась прямая и сильная корреляционная связь между концентрацией КФК и степенью тяжести заболевания, что отражается в показателе 0,95 ( $p = 0.001$ ). **Заключение:** при деструкции стенки желчного пузыря целесообразно использовать показатель концентрации креатинфосфокиназы как индикатор повреждений.

**Ключевые слова:** острый холецистит, диагностика, деструкция стенки желчного пузыря, хирургия.

## Актуальность

**В** России за последние десятилетия наблюдается стабильная тенденция в заболеваемости острым холециститом, сохраняя уровень в 156295 случаев. Оперативная активность по острой форме холецистита показывает медленный рост по всей стране и достигла 99,4 тысячи человек в 2024 году. Важно отметить, что по-слеоперационная летальность при острой форме холецистита составляет 1,3 %, что подчеркивает значимость комплексного подхода к лечению этого заболевания. Наряду с этим, необходимо отметить, сохраняется высокий процент позднего обращения пациентов, который в 2024 составил 49,5 % [1,2,3].

Важно в настоящее время акцентировать внимание на своевременной и точной диагностике деструктивных форм острого холецистита у пациентов с тяжелым коморбидным фоном и пациентов старшей возрастной группы [4,5,6,7,8]. Диагностика деструктивных изменений в желчном пузыре может быть затруднена из-за заболеваний, таких как сахарный диабет, которые приводят к затушевыванию клинической симптоматики. Проведение необходимого хирургического вмешательства вовремя у пациентов данной группы, где раннее обнаружение острого деструктивного холецистита, способствует уменьшению вероятности возникновения серьезных осложнений и смертности. Диагностика этого состояния представляет определенные трудности, так как у пожилых пациентов симптомы могут быть размытыми и неспецифичными. Более того, возрастные изменения в организме могут затруднить интерпретацию результатов дополнительных исследований [9,10,11,12].

Существующие в настоящее время традиционные методы диагностики не всегда способны полностью выявить деструктивные процессы, происходящие в желчном пузыре. Исследования показывают, что они имеют свои ограничения в точности верификации патологических изменений в этом органе [13,14,15,16]. Однако с развитием технологий и появлением новых методов диагностики открываются широкие перспективы для более детального и точного выявления патологий в желчном пузыре. Новые подходы в медицинской диагностике позволяют более эффективно отслеживать и контролировать состояние этого органа, что важно для своевременного выявления и лечения заболеваний. В поиске новых путей для ранней диагностики острого деструктивного холецистита, важно обратить внимание на возможные предикторы, указывающие на деструкцию стенки желчного пузыря. Проведение диагностики в первые 24 часа заболевания имеет критическое значение для предотвращения осложнений и выбора оптимального лечения. Таким образом, необходимо продолжать поиск новых методов и критериев, способных обеспечить раннюю и точную диагностику острого деструктивного холецистита.

## Цель работы

Оценить роль в качестве предиктора острого деструктивного холецистита, изменения концентрации фермента аутолиза креатинфосфокиназы.

## Материалы и методы

В ходе проведения проспективного одномоментного исследования в Городской больнице №1 г. Читы было изучено состояние 180 пациентов с острым калькулезным холециститом. Группа исследования была разделена на три основные подгруппы в зависимости от степени воспалительных изменений в стенке желчного пузыря: острый флегмонозный холецистит, острый гангренозный холецистит и острый катаральный холецистит, каждая из которых включала по 60 пациентов. В научное исследование вошли пациенты с острым холециститом, подвергшиеся хирургическому вмешательству — как традиционной открытой, так и лапароскопической холецистэктомии. Критерии включения: пациенты, страдающие острым холециститом в возрасте от 18 лет. Критерии исключения: несовершеннолетние пациенты и больные с желчнокаменной болезнью, осложнившейся механической желтухой. Исследование выполняется в первые 2 часа госпитализации с применением кинетического колориметрического метода. Для определения используются реактивы «КРЕАТИНФОСФОКИНАЗА — ВИТАЛ», произведенные в Санкт-Петербурге. Анализ данных проводился с использованием SPSS Statistics 11.0 (StatSoft Inc., США). Критерий Шапиро-Уилка подтвердил нормальность распределения исследуемых признаков. Учитывая нормальное распределение, результаты были представлены как среднее значение со стандартным отклонением ( $M \pm SD$ ). Статистическая значимость различий между категориальными признаками определялась с помощью таблицы сопряженности и критерия  $\chi^2$ . Для изучения корреляционных взаимосвязей применялся соответствующий математический анализ. Для оценки интенсивности воспалительных процессов в тканях желчного пузыря и их взаимосвязи с ферментативной активностью был использован корреляционный анализ по методу Спирмена. Количественное сопоставление исследуемых групп с контрольной группой проводилось с применением t-критерия Стьюдента, скорректированного поправкой Бонферрони для множественных сравнений.

## Результаты

Исследование показало, что интенсивность воспалительного процесса в тканях желчного пузыря напрямую коррелирует с повышением активности КФК определяемой при биохимическом анализе плазмы. Чем сильнее выражены воспалительные изменения, тем выше средние значения данного фермента в крови пациентов.

По результатам проведенного исследования следует отметить, что у пациентов с деструктивным холециститом (Рисунок 1) установлено возрастание концентрации КФК до среднего значения  $321,6 \pm 44,6$  Ед/л.



Рис. 1. Деструктивный холецистит  
(интраоперационное фото)

При этом у больных с деструктивным холециститом в возрасте до 70 лет средние значения КФК находятся в диапазоне  $323,8 \pm 39,5$  Ед/л, а у пациентов старше 70 лет данный показатель находится примерно на том

же уровне и составляет  $319,4 \pm 41,5$  Ед/л. Однако в группе контроля (ХКХ), данный показатель у пациентов старше 70 лет равен  $142,0 \pm 43,2$  Ед/л, что в 2,2 раза ниже данного показателя относительно пациентов с острым холециститом аналогичного возраста ( $p < 0,001$ ). При этом, в группе контроля младше 70 лет данный показатель равен  $73 \pm 29,7$  Ед/л, что в 4,4 раза ниже данного показателя относительно пациентов с острым холециститом аналогичного возраста ( $p < 0,001$ ) (Рисунок 2).

Исследования показали взаимосвязь между интенсификацией воспаления и деструкцией тканей желчного пузыря, сопровождающуюся повышением специфических маркеров. Примечательна возрастная дифференциация: пациенты моложе 70 лет с острой катаральной формой холецистита демонстрируют значительно более высокую среднюю концентрацию КФК ( $168,7 \pm 18,3$ ,  $p < 0,001$ ) по сравнению с возрастной группой старше 70 лет, где этот показатель составляет  $117,59 \pm 44,3$  ( $p=0,001$ ).

При флегмонозном холецистите концентрация КФУ у пациентов старше 70 лет составляет  $295,5 \pm 29,8$  Ед/л ( $p < 0,001$ ), а у пациентов моложе 70 лет —  $280,6 \pm 25,8$  Ед/л ( $p < 0,001$ ), что в 1,6-2,5 раза превышает показатели подгруппы с катаральной формой заболевания.

Исследование показало значительные различия в концентрации КФК при разных формах холецистита. В случаях гангренозного холецистита (Рисунок 3) у пациентов старше 70 лет уровень достигает  $343,3 \pm 49,2$  Ед/л, что в 1,2 раза выше, чем при флегмонозной форме ( $p < 0,001$ ).

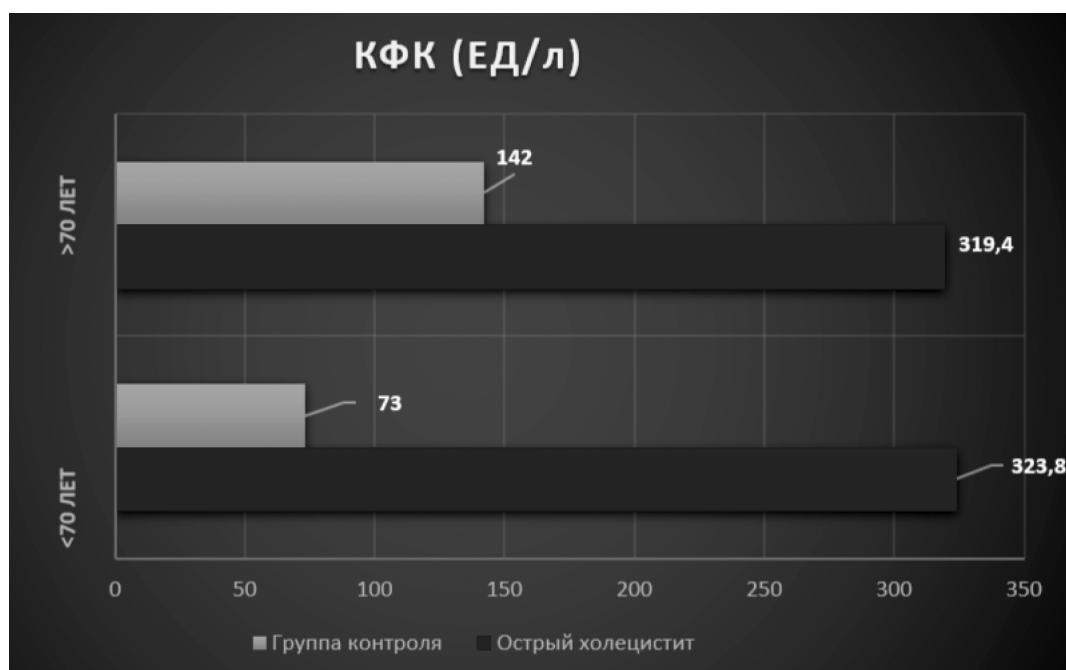


Рис. 2. Активность креатинфосфокиназы при деструктивном и катаральном холецистите



Рис. 3. Острый гангренозный холецистит (интраоперационное фото)

У более молодых пациентов с гангренозным холециститом (до 70 лет) этот показатель составляет  $323,8 \pm 39,5$  Ед/л. Сравнительный анализ выявил, что эти значения превышают показатели при катаральном холецистите в 1,9–2,9 раза ( $p < 0,001$ ) (Рисунок 4).

В группе больных младше 70 лет была обнаружена высокая степень корреляции между уровнем КФК и тяжестью острого холецистита, что подтверждается значением коэффициента корреляции Спирмена 0,96 ( $p=0,003$ ). У пациентов старше 70 лет также наблюдалась прямая и сильная связь между концентрацией КФК и степенью тяжести заболевания, что отражается в показателе 0,95 ( $p=0,001$ ).

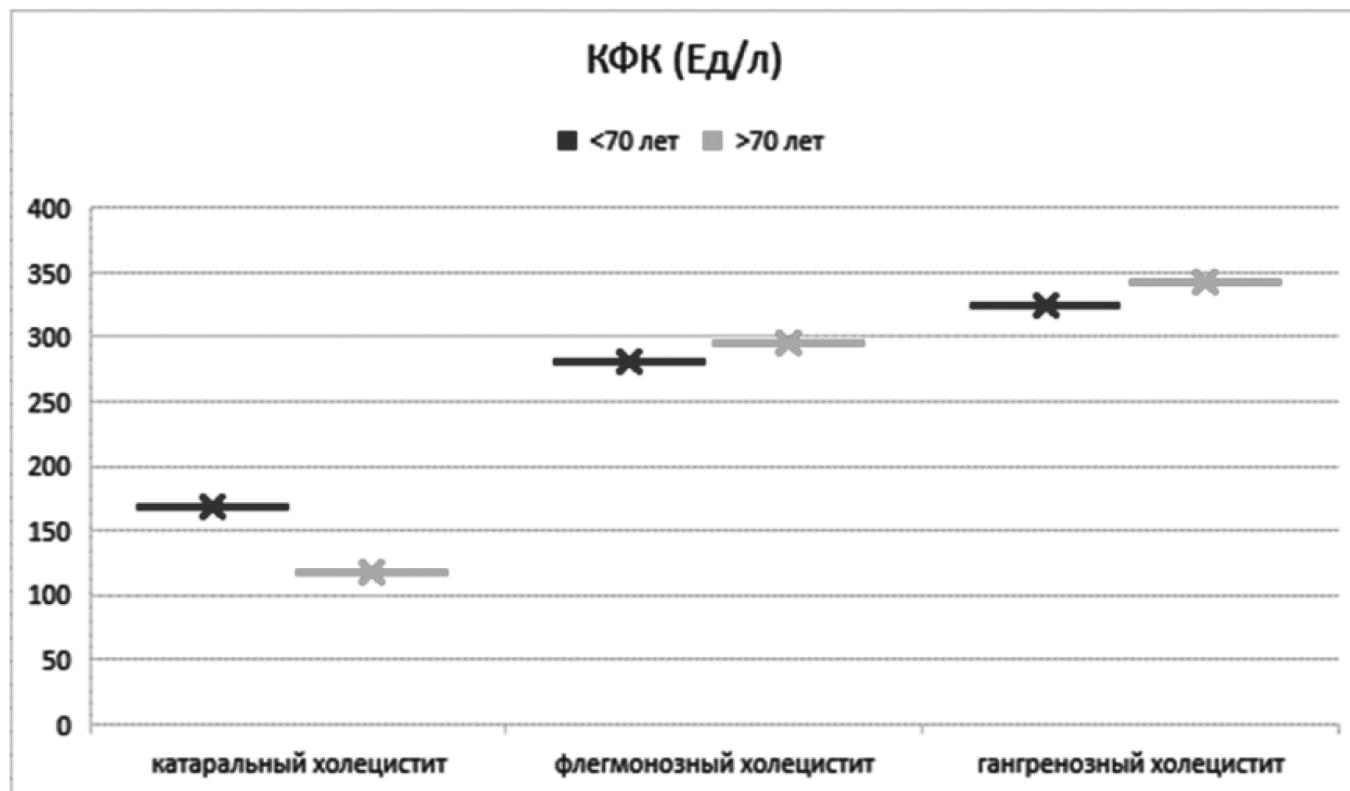


Рис. 4. Активность креатинфосфокиназы у пациентов с различными вариантами острого деструктивного холецистита

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ревишвили А.Ш. Хирургическая помощь в Российской Федерации // Отчет главного хирурга РФ за 2024 год. 2024:132с.
2. Сопуев А.А., Мамакеев К.М., Жортучиев Р.К. Токийские рекомендации 2018: хирургическое лечение острого холецистита (безопасные этапы лапароскопической холецистэктомии при остром холецистите) // Научное обозрение медицинские науки. 2023; 5: 26–32.
3. Ефремова Е.А., Цуканова Д.В., Старовойтов С.О. Анализ летальности пациентов с острым холециститом по данным патологоанатомических и прижизненных исследований умерших // Modern Science. 2023; 1–2: 52–55.
4. Карсанова З.О., Кокаев И.П., Шавлохов И.Н. Условия безопасности лечения острого холецистита на фоне морбидного ожирения // В сборнике: Безопасность в современной медицине: от концепции к образованию и практике. Владикавказ. 2022: 125–131.
5. Глушков Н.И., Мовчан К.Н., Горшенин Т.Л. Особенности диагностики острого холецистита у долгожителей (описание серии случаев) // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. 2025; 1(54): 21–28.
6. Евлаш П.Ю. Возможности применения фотодинамической терапии в купировании приступа острого холецистита у пациентов пожилого и старческого возраста // Студенческий вестник. 2025; 13-4(346): 36–37.

7. Магомедов Р.А., Меджидова С.М. Диагностика и лечение острого и хронического холецистита // Вестник Калужского университета. 2024; 4(65): 88–91.
8. Черепанин А.И., Анаскин С.Г., Шеров Р.Р. Современные возможности декомпрессионных вмешательств у больных с острым холециститом // Доказательная гастроэнтерология. 2024; 13(4): 51–58.
9. Зиёев Ш.Х., Даминова Н.М., Нозимов Ф.Х. Выбор хирургической тактики при остром холецистите у пациентов пожилого и старческого возраста // Симург. 2023; 17:6–13.
10. Мазанова Д.Н., Стасюк П.А. Опыт выполнения интервенционной холецистэктомии при остром холецистите у пациентов старших возрастных групп. В сборнике: Аспирантские чтения—2023; молодые ученые — медицине. Приоритетные направления науки в достижении технологического суперенитета // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Самара. 2024: 51–54.
11. Плиева Е.Л., Таймазова А.С. Чрекожная чреспеченочная холецистостомия, как метод выбора лечения острого холецистита у больных с высокой степенью операционного риска // Студенческий вестник. 2022; 1–6(193): 38–39.
12. Гаджиев Н.Д., Эйнуллаева Н.А. Интегральные гематологические индексы при остром калькулезном холецистите // Клиническая лабораторная диагностика. 2024; 69(8): 387–393.
13. Мамедов Э.Ю., Полянин Д.А., Женихов А.В. Острый холецистит: этиология, гистопатология, диагностика, лечение. 2023; 38(485): 29–32.
14. Айтхожин Г.К., Сайранкызы С., Серикалиева А.С. Особенности результатов лабораторно-инструментального исследования клинических форм острого холецистита // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2023; 3(66): 24–31.
15. Колоцей В.Н., Смотрин С.М., Страшко В.П. Диагностика и лечение острого холецистита в современных условиях // В сборнике: Хирургия Беларусь — состояние и развитие. сборник материалов научно-практической конференции с международным участием и XVII Съезда хирургов Республики Беларусь. Минск, 2023: 684–686.
16. Ашурев А.С., Кобилов К.К., Ибрагимов Э.К. Диагностика и лечение острого калькулёзного холецистита у больных повышенного операционного риска // Вестник медико-социального института Таджикистана. 2023; 3 (8): С. 5–12.

© Яшнов Алексей Александрович; Яшнова Надежда Борисовна; Бурцева Мария Александровна;  
Коновалова Ольга Геннадьевна; Ханина Юлия Сергеевна (alexyashnov@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## Наши авторы

**Badanina N.** — postgraduate student, Plekhanov Russian University of Economics

**Baev D.** — Postgraduate Student, Ulyanovsk State University

**Bashmakov A.** — Senior Lecturer, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering»

**Berezkina T.** — Assistant, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Russian Ministry of Health

**Bogdasarov A.** — MD, Professor, Ulyanovsk State University

**Botashev R.** — Associate Professor, U.D. Aliyev Karachay-Cherkess State University

**Buravlyova T.** — Resident, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Arkhangelsk)

**Burtceva M.** — Chita state medical Academy

**Chaplygin V.** — graduate student, Southwestern State University (Kursk)

**Chebanov I.** — Graduate student, South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova (Novocherkassk)

**Cherdantsev D.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Cherepenin V.** — Graduate student, South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova (Novocherkassk)

**Choibsonov N.-S.** — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Darchiya L.** — MD, PhD, Head of the Clinical and Diagnostic Department, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation

**Davidyan L.** — MD, Professor, Ulyanovsk State University

**Dzhanibekova Sh.** — MD, PhD, Assistant, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

## Our authors

**Efremov B.** — Graduate student, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Elyasin A.** — post graduate student, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, lieutenant colonel of the Internal service Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Order of Honor Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia» (State Fire Academy of EMERCOM of Russia)

**Evplov N.** — Penza State Technological University

**Fernando N.** — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

**Filatov S.** — Moscow State Medical and Dental University; Zhongke yagu (Guangwen Subdistrict, Kuiwen District, Weifang City, Shandong Province, China)

**Filonovich A.** — D.Sc. (Eng.), Professor, South-West State University (Kursk)

**Fishev S.** — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Fokina Yu.** — Head of the Polyclinic at the State Budgetary Healthcare Institution of the Arkhangelsk Region «First City Clinical Hospital named after E.E. Volosevich» (Arkhangelsk)

**Gaidukov S.** — MD, Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Gailaev I.** — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Hanina Ju.** — Chita state medical Academy

**Ivanov P.** — Doctor of Medicine, head of Limited Liability Company «Estederal»

**Karapetyan G.** — MD, PhD, traumatologist-orthopedist, Adult Orthopedics Department, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation

**Kharchenko E.** — Senior Lecturer, Moscow Polytechnic University

**Kishkinova O.** — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

**Komarov R.** — MD, PhD, Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Konovalova E.** — Senior Lecturer, Penza State University

**Konovalova M.** — MD, PhD, Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Konovalova O.** — Chita state medical Academy

**Kraynov K.** — Moscow Polytechnic University

**Kurdynko L.** — candidate of medical sciences, assistant, head of the postpartum department of the Perinatal Center, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Larin O.** — Ph.D. (Eng.), Associate Professor, South-West State University (Kursk)

**Lebedev N.** — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

**Liseikina O.** — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

**Maisyan T.** — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Matevosyan I.** — MD, PhD, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Mikhailova P.** — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

**Nistratov G.** — PhD, MD, doctor of the Russian Academy of Medical Sciences, Department of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment No. 2 of the Branch of the Oncology Center No. 1 of the S. S. Yudin City Clinical Hospital of the Healthcare Department of Moscow

**Ogurechikova E.** — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

**Orlova I.** — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Pavlova S.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Russian Ministry of Health

**Pervova O.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Pleskacheva O.** — Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering»

**Polyakov E.** — Moscow Polytechnic University

**Pruss B.** — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering»

**Puzdyreva M.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

**Romanovich V.** — postgraduate student, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

**Rozhkova M.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Russian Ministry of Health

**Ryabaya I.** — Candidate of Medical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Arkhangelsk)

**Sevastyanov A.** — MD, PhD, Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

**Sharov A.** — Adjunct, Academy of management of the Interior Ministry of the Russian Federation

**Shastin E.** — PhD, head of Limited Liability Company «BALDAR»

**Shtorina A.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

**Shungarov H.** — PhD, Associate Professor, Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev

**Shuysky A.** — MD, PhD, traumatologist-orthopedist, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation

**Tantsyura A.** — Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, South-West State University (Kursk)

**Tavkin Yu.** — Resident, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Arkhangelsk)

**Tkachev M.** — MD, PhD, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Trokhova M.** — Candidate of Medical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Arkhangelsk)

**Vakhromeeva P.** — Neurologist, Yusupov Hospital, Neuroclinic LLC

**Varlamov G.** — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Vasilyeva N.** — Assistant, Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Russian Ministry of Health

**Vornacheva I.** — Ph.D. (Eng.), Associate Professor, South-West State University (Kursk)

**Vorobyov S.** — Assistant professor, South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova (Novocherkassk)

**Yashnov A.** — Chita State Medical Academy

**Yashnova N.** — Chita State Medical Academy

**Zagorulko A.** — PhD, MD, Head of the Department of X-ray Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment No. 2 of the Branch of the Oncology Center No. 1 of the S. S. Yudin City Clinical Hospital of the Healthcare Department of Moscow

**Zaikina M.** — Postgraduate Student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «I.M. Sechenov First Moscow State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**Zaikina N.** — PhD, Head of the Functional Diagnostics Department, State Healthcare Institution «Lipetsk Regional Clinical Hospital»

**Ziulkina L.** — Doctor of Medicine, Penza State University

## 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 оставляет 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 допускается.
- ◆ 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.

- ◆ Растворные 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 растворные 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](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).