

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№10 2023 (ОКТАБРЬ)

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>

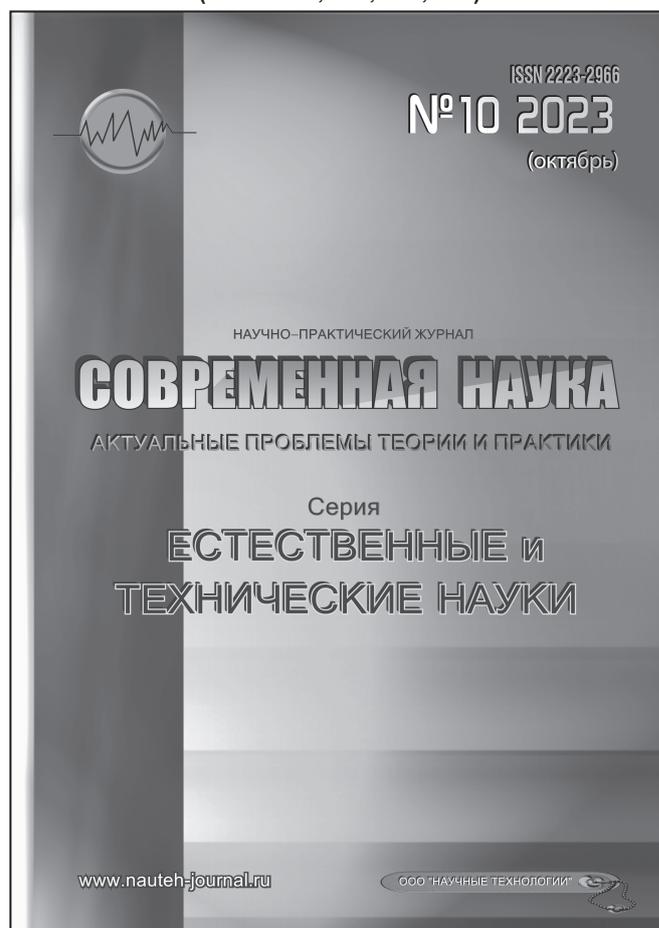
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



### В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 25.10.2023 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# Редакционный совет

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Кулик Сергей Дмитриевич** — д.т.н., 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. Владимирского

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

**Горшенина Е.Л., Савченкова Е.Э., Байтелова А.И.** — Мониторинг геоэкологических особенностей почвенного покрова южного Урала  
*Gorshenina E., Savchenkova E., Baytelova A.* — Monitoring of geoeological features of soil cover of the south Ural .....7

**Мусабаев Т.Т., Ахметов К.М., Мусабаева А.Т.** — Влияние синоптических условий на неоднородность распределения загрязнения атмосферы в городах Казахстана  
*Musabaev T., Akhmetov K., Musabayeva A.* — Influence of synoptic conditions on the heterogeneity of the distribution of atmospheric pollution in the cities of Kazakhstan.....12

**Парамонов С.Г.** — Анализ факторов внешней среды как источников экологических рисков контаминации спорами *Clostridium botulinum* меда  
*Paramonov S.* — Analysis of environmental factors as sources of environmental risks of contamination of honey with *Clostridium botulinum* spores.....17

**Романец Е.А., Гетманцева Л.В., Радюк А.В., Романец Т.С., Мишина А.И., Коробейникова А.В., Кабиева Ш.Ш., Алексеев А.А., Бакоев С.Ю.** — Поиск новых локусов и генов-кандидатов, влияющих на репродуктивную эффективность свиней  
*Romanets E., Getmantseva L., Radyuk A., Romanets T., Mishina A., Korobeinikova A., Kabieva Sh., Alekseyev A., Bakoev S.* — Search for new loci and candidate genes affecting reproductive efficiency of pigs.....22

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Воробьев Ю.М., Дмитриенко Г.В.** — Передаточная функция для прогноза появления неисправности  
*Vorobyov Yu., Dmitrienko H.* — Transfer function for fault prediction.....27

**Воробьева А.В., Яшин Д.Д., Романов А.А.** — Разработка модели бинарного выбора оценки финансового состояния надежности банка  
*Vorobeveva A., Yashin D., Romanov A.* — Development of a binary choice model for assessing the financial condition of a bank's reliability.....31

**Воробьева А.В., Одинокова Е.В., Романов А.А.** — Разработка методики и настройка лингвистических ресурсов для обработки информации из неструктурированных данных для мониторинга деятельности кредитных организаций  
*Vorobeveva A., Odinkova E., Romanov A.* — Development of methodology and configuration of linguistic resources for processing information from unstructured data for monitoring the activities of credit institutions .....35

**Ву Куанг Тханг** — Мониторинг как новая функция государственного управления в области обеспечения пожарной безопасности  
*Vu Quang Thang* — Monitoring as a new function of state administration in the field of fire safety ....38

**Джуров А.А., Ревякина Е.А., Черкесова Л.В., Короченцев Д.А.** — Возможность обнаружения скрытых сайтов и служб сети DarkNet с помощью нового протокола Tor  
*Dzhurov A., Revyakina E., Cherkesova L., Korochentsev D.* — The ability to detect hidden sites and services of the DarkTet network using the new Tor protocol.....42

**Долгов А.А.** — Методический подход к прогнозной оценке рисков при обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин и алгоритм его реализации  
*Dolgov A.* — Methodological approach to predictive risk assessment during transportation of material assets in conditions of potential use of anti-vehicle mines by the enemy and the algorithm of its implementation.....49

**Долгов А.А.** — Моделирование и управление транспортными рисками

- Dolgov A.* — Modeling and management of transport risks.....55
- Кетов А.В.** — Итерационный алгоритм решения контактной задачи  
*Ketov A.* — Iteration algorithm of solution of contact problem .....61
- Кравец П.С.** — Системы алгоритмического принятия решений в политике  
*Kravets P.* — Algorithmic decision-making systems in politics .....70
- Марцынковский С.С., Марцынковская Н.А.** — Анализ этапов цифровизации процессов государственного и муниципального управления  
*Martsynkovsky S., Martsynkovskaya N.* — Analysis of the stages of digitalization of processes state and municipal administration.....74
- Мигалина Т.М., Шишкова Е.В., Щукина Г.Х., Брусованкин В.С.** — Определение последовательности игр в матчевой командной встрече по бадминтону  
*Migalina T., Shishkova E., Schukina G., Brusovankin V.* — Determining the sequence of games in a match team badminton meeting .....79
- Муромцев В.В., Муромцева А.В.** — Основные направления развития информационных технологий в организационных системах  
*Muromtsev V., Muromtseva A.* — The main directions of information technology development in organizational systems .....83
- Орлова К.П.** — Оценка скорости сходимости дохода однородной Марковской цепи  
*Orlova K.* — Convergence rate estimation income of a homogeneous Markov chain .....87
- Поморцев П.М., Киреев Д., Лесниченко Р.И., Лесниченко М.Р.** — Особенности метрологического обеспечения экспериментальных работ при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ  
*Pomortsev P., Kireev D., Lesnichenko R., Lesnichenko M.* — Features of metrological support of experimental work in the performance of research and development work.....91
- Потехин С.А.** — Технологичные методы отслеживания эффективности рабочего процесса как инструмент развития клиентского сервиса в компании  
*Potekhin S.* — Technological methods of tracking the efficiency of the workflow as a tool for the development of customer service in the company . 96
- Сапогов А.А.** — Развитие методик агрегирования финансовых индикаторов  
*Sapogov A.* — Development of financial data aggregation methodology..... 100
- Тюрнев А.С.** — Использование нейросетевых технологий для детектирования ложной информации  
*Turnev A.* — Using neural networks technologies to detect false information ..... 104
- Федоров А.С., Авксентьева Е.Ю.** — Усовершенствованный алгоритм преобразования программного кода в семантическую сеть для оценки знаний школьников в процессе обучения программированию  
*Fedorov A., Avksentieva E.* — An improved algorithm for converting program code into a semantic network for assessing students' knowledge in the process of learning programming..... 109
- Цыденов В.Д.** — Проблема применения информационных технологий на этапах жизненного цикла изделия  
*Tsydenov V.* — The problem of using information technology at the stages of the product life cycle. 115
- Щербанич Ф.Е., Ромашкова О.Н.** — Анализ данных технической документации в области ИТ с использованием предварительно обученной языковой модели трансформера  
*Shcherbanich F., Romashkova O.* — Analysis of technical documentation data in the field of IT using a pre-trained transformer language model . 118
- Яковлева О.В., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В.** — Модели системы обработки и передачи виртуальных данных в вычислительных комплексах и компьютерных сетях вуза  
*Yakovleva O., Romashkova O., Ermakova T., Chiskidov S.* — Models of a system for processing and transmission of virtual data in computing complexes and computer networks of a university 122

## Клиническая медицина

**Базаев В.В., Павлова Ю.В., Шибаетов А.Н.** —

Приапизм при метастазировании рака мочевого пузыря в кавернозное тело (клиническое наблюдение)

*Bazaev V., Pavlova Yu., Shibaev A.* — The bladder cancer metastasis in corpora cavernosa with priapism (case report) ..... 128

**Бобылев Ю.М., Кошурникова Е.П.,**

**Козловская М.А.** — Ремоделирование левого предсердия, взаимосвязь с размерами левого желудочка в зависимости от индекса массы тела при коморбидности артериальной гипертензии  
*Bobylev Yu., Koshurnikova E., Kozlovskaya M.* — Remodeling of the left atrium, the relationship with the size of the left ventricle depending of the body mass index with comorbidity of arterial hypertension ..... 132

**Богомолова Ю.А., Стольников И.И.** —

Особенности микробиоты полости матки при гиперплазии эндометрия

*Bogomolova Yu., Stolnikova I.* — Features of the microbiota of the uterine cavity in endometrial hyperplasia ..... 137

**Верхозина Т.К., Ипполитова Е.Г., Цысляк Е.С.** —

Изменения показателей электронейромиографии и термографии у пациентов с выраженным болевым синдромом при моноsegmentарном стенозе шейного отдела позвоночника

*Verkhovina T., Ippolitova E., Tsyslyak E.* — Changes in electroneuromyographic and thermographic indices in patients with severe pain syndrome at monosegmental cervical spinal stenosis ..... 142

**Волков Д.Ю., Сакович В.А., Дробот Д.Б.,**

**Винник Ю.С., Волков Ю.М.** — Сравнительная оценка эффективности лечения глубокой стеральной инфекции традиционным методом и методом местного применения озона в сочетании с вакуумной терапией

*Volkov D., Sakovich V., Drobot D., Vinnik Yu., Volkov Yu.* — Comparative evaluation of the efficacy of the treatment of deep sternal infection by the traditional method and the method of local ozone application in combination with vacuum therapy. 147

**Грызлова Н.Ю., Волков В.Г., Белова П.С.,**

**Бадаева А.А.** — Сравнительный анализ медико-социальных показателей женщин репродуктивного возраста в зависимости от паритета

*Gryzlova N., Volkov V., Belova P., Badoeva A.* — Comparative analysis of medical and social indicators of women of reproductive age depending on parity ..... 153

**Жетишева И.С., Логвина Л.Л., Иосипчук К.О.,**

**Калмыкова М.М., Кутешат Султан Абдулла Ибрагим** — Последствия ковида у новорожденных  
*Zhetisheva I., Logvina L., Iosipchuk K., Kalmykova M., Qouteshat Sultan Abdullah Ibrahim* — Consequences of covid in newborns ..... 157

**Кадыралиев С.О., Файбушевич А.Г.,**

**Максимкин Д.А.** — Двухлетние результаты хирургического лечения больных брадиаритмиями, имеющих факторы риска развития дисфункций электрокардиостимулятора  
*Kadyraliev S., Faibushevich A., Maximkin D.* — Two-year results of surgical treatment of patients with bradyarrhythmias with risk factors for the development of pacemaker dysfunction ..... 160

**Кузьмичева В.С., Краснопольская К.В.,**

**Капустина М.В., Исакова К.М.** — Репродуктивные исходы при наступлении спонтанной беременности у ВИЧ-инфицированных женщин  
*Kuzmicheva V., Krasnopolskaya K., Kapustina M., Isakova K.* — Reproductive outcomes of a spontaneous pregnancy in HIV-infected women. . 168

**Лоншакова А.В., Смышникова Л.И.,**

**Майорова О.Н.** — Дисколорит твердых тканей зуба вследствие действия пищевых красителей  
*Lonshakova A., Smyshnikova L., Mayorova O.* — Discoloritis of the hard tissues of the tooth due to the action of food dyes ..... 172

**Мордовский А.А., Аксарин А.А., Троян П.П.,**

**Копейка С.М., Карабаев Ж.Б., Пахтусов А.И.** — Индивидуализация специфических молекулярно-генетических изменений НМРЛ в Ханты-Мансийского автономного округа — Югра  
*Mordovskii A., Aksarin A., Troyan P., Kopeyka S., Karabaev J.B., Pakhtusov A.* — Individualization of specific molecular and genetic changes of NSCLC patients with molecular genetic mutations in the Khanty-Mansiysk autonomous district-Ugra ..... 175

**Пахнова Л.Р., Башкина О.А., Воронина Л.П., Цверкунова О.В.** — Роль сердечного белка, связывающего жирные кислоты при сердечной недостаточности

*Pakhnova L., Bashkina O., Voronina L., Tsvetkova O.* — The role of heart fatty acids-binding protein in heart failure..... 183

**Пономарев А.Ю.** — Методы повышения эффективности хирургической обработки гнойных ран и гнойно-воспалительных очагов

*Ponomarev A.* — Methods to increase the efficiency of surgical treatment of purulent wounds and purulent-inflammatory foci ..... 187

**Тимербулатов М.В., Мурасов Т.М.** — Эффективность новых пероральных антикоагулянтов при лечении поверхностного тромбоза, осложненного тромбозом перфорантных вен

*Timerbulatov M., Murasov T.* — Efficacy of new oral anticoagulants in the treatment of superficial thrombophlebitis complicated by thrombosis of perforating veins..... 191

**Цветков Ю.А.** — Опыт применения гидроксизина гидрохлорида с целью премедикации перед операцией аугментации костной ткани челюсти

*Tsvetkov Yu.* — Experience with the use of hydroxyzine for premedication before augmentation of the jaw bone tissue ..... 195

Наши авторы ..... 199

# МОНИТОРИНГ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО УРАЛА

## MONITORING OF GEOECOLOGICAL FEATURES OF SOIL COVER OF THE SOUTH URAL

**E. Gorshenina**  
**E. Savchenkova**  
**A. Baytelova**

*Summary.* The article discusses the results of monitoring the geoecological characteristics of various types of soils characteristic of the steppe zone of the southern Urals. An agrochemical analysis of soils was carried out according to the humus content in the arable soil layer, the content of nutrients (mobile forms of phosphorus and potassium) in control samples of the studied soils. Calcination of biogeocenoses was carried out, which showed a significant effect on the content of nutrients (mobile forms of phosphorus and potassium). According to agrochemical analysis, the influence of calcination temperatures on the content of organic matter — humus — in soils was revealed. The results of the influence of calcination temperature on salt pH according to the profiles of various types of soils for control and experimental samples are presented. An increase in the mobile forms of nutrients (phosphorus and potassium) at different calcination temperatures was established.

*Keywords:* monitoring, research method, soil calcination, agrochemical indicator.

**Горшенина Екатерина Леонидовна**

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО  
«Оренбургский государственный университет»  
Knicola@mail.ru

**Савченкова Екатерина Эрнстовна**

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Оренбургский  
государственный университет»  
savchienkova@mail.ru

**Байтелова Алина Ивановна**

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО  
«Оренбургский государственный университет»  
baitelova@outlook.com

*Аннотация.* В статье рассматриваются результаты мониторинга геоэкологических особенностей различных типов почв, характерных для степной зоны южного Урала. Проведен агрохимический анализ почв по содержанию гумуса в пахотном слое почв, содержание питательных веществ (подвижных форм фосфора и калия) в контрольных образцах исследованных почв. Поведено прокаливание биogeоценозов, которое показало существенное влияние на содержание питательных веществ (подвижных форм фосфора и калия). По данным агрохимического анализа выявлено влияние температур прокаливания на содержание органического вещества — гумуса в почвах. Представлены результаты влияния температуры прокаливания на pH солевой по профилям различных типов почв для контрольных и опытных образцов. Установлено повышение подвижных форм питательных элементов (фосфора и калия) при разных температурах прокаливания.

*Ключевые слова:* мониторинг, метод исследования, прокаливание почвы, агрохимический показатель.

**Т**ехногенные выбросы, неправильное применение агрохимикатов, техногенные выбросы, экстенсивные формы использования почв, неправильная обработка ее обработка, использование тяжелой сельскохозяйственной техники, приводит к негативным явлениям в биogeоценозах.

Главной задачей мониторинга земель и почвенного покрова является регулярное обеспечение контроля при использовании земель, поддержание однородного почвенного покрова на агроландшафтах, препятствие или сдерживание эрозии, засоления, солонцевания, загрязнение токсичными веществами, опустынивания, потери гумуса и иными процессами, несущими негативный характер влияния на почвы [1].

В настоящее время в связи с экологическими условиями разработка способов улучшения качества почв Южного Урала, повышение, а в ряде случаев, восстановление их плодородия является актуальной задачей.

Были выбраны следующие типы почв, характерные для почв Южного Урала: темно-каштановая почва,

чернозем обыкновенный, чернозем южный, чернозем типичный. Опытные пробы почв нагревались до различных температур. Исследованные биogeоценозы подвергались агрохимическому анализу на содержание основных показателей [2].

Результаты агрохимического анализа почв по профилям при изменении температуры прокаливания показаны в таблицах 1–4.

По результатам агрохимического анализа почв можно отметить следующее.

Чернозем обыкновенный (данные контрольных образцов) по содержанию гумуса в пахотном слое горизонта А (профиль 0–20 см) является малогумусовым, по мощности гумусового горизонта А+АВ относится к среднемощному, засоленность пахотного слоя (плотный остаток) находится в норме, но по профилям растёт.

У чернозема южного гумусовая часть профиля укорочена. Содержание гумуса достигло нижней допустимой

Таблица 1.

Агрохимические показатели чернозема обыкновенного

Профиль, см	рН, солевой	Гумус, %	ЛОВ, %	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Плотный остаток, %
	Контрольные (20 °С)					
0–20	6,32	5,07	0,23	55,5	563,7	0,10
20–40	6,41	2,62	0,144	53,9	364	0,35
40–90	6,55	1,73	0,164	13,4	297,6	0,20
Температура прокаливания 200 °С						
0–20	5,91	4,25	0,6	106,2	573,8	0,65
20–40	6,51	2,36	0,328	112,3	484,9	0,70
40–90	5,99	1,96	0,22	35,6	332,3	0,40
Температура прокаливания 400 °С						
0–20	7,43	2,6	0,212	101,9	778,7	0,40
20–40	7,96	1,29	0,08	102,2	981,5	0,30
40–90	6,37	0,36	0,088	107,2	267,3	0,22
Температура прокаливания 600 °С						
0–20	7,87	1,97	0,068	114,4	1205,8	0,25
20–40	7,60	1,47	0,104	91	1082,1	0,10
40–90	7,19	0,50	0,064	93	1038,3	0,18
Температура прокаливания 800 °С						
0–20	9,68	1,07	0,08	44,5	144,1	0,30
20–40	8,93	0,96	0,11	27,4	159,1	0,15
40–90	8,14	0,35	0,068	20,5	103,3	0,20

Таблица 2.

Агрохимические показатели чернозема южного

Профиль, см	рН, солевой	Гумус, %	ЛОВ, %	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Плотный остаток, %
	Контрольные (20 °С)					
0–20	5,85	1,16	0,092	51,4	267,1	0,12
20–40	6,18	2,01	0,137	58,9	344,4	0,18
40–90	6,03	1,22	0,116	30,2	311,7	0,22
Температура прокаливания 200 °С						
0–20	6	1,31	0,196	70,9	313,4	0,34
20–40	6,11	1,69	0,36	95,1	382,3	0,40
40–90	6,45	0,83	0,164	68,5	392,3	0,30
Температура прокаливания 400 °С						
0–20	6,87	0,56	0,084	107,6	458,7	0,22
20–40	7,04	0,72	0,076	11,6	721,2	0,22
40–90	6,40	0,37	0,070	105,2	712,3	0,12
Температура прокаливания 600 °С						
0–20	6,89	0,12	0,068	94,3	759,7	0,14
20–40	6,82	0,73	0,44	96,2	725,9	0,16
40–90	6,40	0,20	0,084	94,4	857,9	0,12
Температура прокаливания 800 °С						
0–20	7,12	0,15	0,064	30,3	90,7	0,14
20–40	8,01	0,54	0,068	58,3	317,6	0,18
40–90	9,97	0,15	0,156	47,2	341,2	0,06

Таблица 3.

## Агрехимические показатели чернозема типичного

Профиль, см	рН, солевой	Гумус, %	ЛОВ, %	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Плотный остаток, %
	Контрольные(20 °С)					
0–20	7,34	6,09	0,110	19,7	392,6	0,16
20–40	7,92	1,31	0,11	1,4	182,2	0,40
40–90	8,22	0,86	0,08	8,3	143,8	0,04
Температура прокаливания 200 °С						
0–20	7,04	6,79	0,23	41,6	501,6	0,34
20–40	7,73	1,38	0,10	9,1	250,9	0,44
40–90	7,56	0,98	0,108	31,9	268,3	0,20
Температура прокаливания 400 °С						
0–20	7,94	4,67	0,28	120,9	924,9	0,64
20–40	7,62	0,95	0,12	80,5	559,9	0,32
40–90	7,8	0,78	0,12	54,5	572,8	0,16
Температура прокаливания 600 °С						
0–20	8,34	4,57	0,092	97,9	1340,7	0,26
20–40	8,42	5,21	0,092	117,3	1347	0,16
40–90	8,43	0,41	0,068	65,3	973,6	0,04
Температура прокаливания 800 °С						
0–20	11,67	2,16	0,056	41,2	217,1	0,40
20–40	12	0,32	0,144	26,6	226,9	0,08
40–90	10,83	0,55	0,050	33,4	759,7	0,14

Таблица 4.

## Агрехимические показатели темно-каштановой почвы

Профиль, см	рН, солевой	Гумус, %	ЛОВ, %	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Плотный остаток, %
	Контрольные(20 °С)					
0–20	7,41	1	0,25	43	187,3	0,06
20–40	6,13	1,23	0,30	37	160,4	0,12
40–90	5,96	0,75	0,16	37,1	163	0,18
Температура прокаливания 200 °С						
0–20	7,48	0,65	0,308	94,8	194,4	0,02
20–40	6,12	1,22	0,35	108,7	152,	0,18
40–90	5,91	1,34	0,396	104,8	148,7	0,22
Температура прокаливания 400 °С						
0–20	7,75	0,37	0,08	105,8	276,1	0,04
20–40	8,23	0,54	0,084	108,9	317,7	0,06
40–90	7,28	0,36	0,088	107,2	267,3	0,22
Температура прокаливания 600 °С						
0–20	7,84	0,14	0,088	97,1	258,8	0,08
20–40	7,78	0,26	0,052	100	336,5	0,02
40–90	6,92	0,21	0,08	102,8	363,6	0,02
Температура прокаливания 800 °С						
0–20	7,94	0,07	0,152	44,5	62,7	0,04
20–40	7,59	0,05	0,064	97,9	208	0,08
40–90	7,27	0,08	0,12	35,1	43,7	0,02

границы для легких суглинков. На запасы гумуса в первую очередь влияют процессы эрозии почвы.

Гумусовый горизонт чернозема типичного и выщелоченного смытый, мощность всего 20 см. Характерная реакция почвы нейтральная в верхних горизонтах и щелочная в карбонатных. Плотный остаток свидетельствует о засоленности.

Темно-каштановая почва по профилю 0–20 см содержит гумуса около 1 %. Согласно классификации такую почву следует считать породой.

Засоленность почвы по профилю растёт, характерная реакция близка нейтральной.

Содержание питательных веществ (подвижных форм фосфора и калия) в контрольных образцах исследованных почв следующее:

- чернозем обыкновенный и южный содержат фосфора в 2,5, калия в 1,5–2 раза выше среднего значения;
- чернозем типичный и выщелоченный в пахотном слое фосфора и калия содержит на уровне среднего значения. Профили 20–40 и 40–90 см фосфором бедны, калия в 1,5 раза меньше среднего;
- темно-каштановая почва содержит фосфора почти в 3 раза больше, калия в 2 раза меньше средних показателей.

Прокаливание почв существенно влияет на содержание питательных веществ (подвижных форм фосфора и калия). Можно отметить следующие: в интервале температур прокаливания 200–600 °C у всех типов почв по профилям происходит резкое, в 1,5–5 раз, увеличение содержания подвижных форм калия и фосфора. Прокаливание при 800 °C снижает количество подвижных форм фосфора и калия до уровня исходных или меньших значений.

Установлен эффект резкого увеличения подвижных форм калия и фосфора в термически обработанных почвах. Нами дано следующее объяснение этому эффекту.

Известно, что растения берут фосфор из почвы, где он находится в виде солей фосфорной кислоты. При нагреве почвы в интервале температур 200–600 °C органика выгорает и фосфор выделяется в виде фосфата кальция  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$  или  $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ . При высоких температурах происходит взаимодействие фосфата кальция с песком  $\text{SiO}_2$  и образуется фосфорный ангидрид  $\text{P}_2\text{O}_5$ , который плавится при 563 °C и испаряется. Такая схема может пояснить увеличение содержания подвижных форм фосфора прокаливанием почвы в интервале температур 200–600 °C. Что касается калия, то он в виде окислов входит в состав алюмосиликатов (полевой шпат, слюда), ко-

торые при нагреве разрушаются (выветриваются) с образованием глины и карбоната калия  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — поташа. Поташ содержит подвижную форму калия.

Для исследуемых типов и подтипов почв по профилю 40–90 см контрольные образцы всех почв являются базовой породой, поскольку гумуса содержат около 1 % и меньше. У чернозема южного и темно-каштановой почвы профили 0–20 см по содержанию гумуса находятся у нижней допустимой границы.

Известно, что прокаливание почвы при 200–400 °C приводит к обезвоживанию, частичному обугливанию органического вещества [3].

В интервале температур 400–600 °C органическое вещество выгорает. После прокаливания при температуре 800 °C гумус в образцах практически отсутствует. С увеличением температур прокаливания органическое вещество выгорает и остается только базовая порода почвы.

К лабильному гумусу (ЛОВ) относится группа фульвокислот — это подвижная форма гумуса, которая свободно мигрирует по профилю, активно взаимодействует с минеральной частью почвы. Агрохимический анализ показал, что по содержанию ЛОВ в контрольных образцах чернозем обыкновенный и темно-каштановая почва образуют одну группу; чернозем южный, типичный и выщелоченный — другую. Общая тенденция: после прокаливания при температуре 200 °C содержание ЛОВ растёт, но при дальнейшем повышении температуры прокаливания содержание лабильного гумуса устойчиво понижается.

Отметим, что величина pH солевого (таблицы 1–4) контрольных образцов чернозема обыкновенного и южного близка нейтральному значению; чернозем типичный и выщелоченный и темно-каштановая почвы показывают слабощелочную реакцию. С увеличением температур прокаливания показатель pH растёт по профилям у всех исследуемых типов почв. В среднем рост pH следующий: у чернозема обыкновенного от 6 до 9,6; у чернозема южного от 6 до 9,1; у чернозема типичного и выщелоченного pH повышается от 7 до 11; у темно-каштановой почвы — от 6 до 8. Можно сделать вывод, что с увеличением температуры прокаливания до 800 °C среда становится слабощелочной и щелочной с показателями pH = 8–11.

Содержание плотного остатка изменяется у исследуемых типов почв однотипно. В интервале температур 200–400 °C происходит повышение, при прокаливании при 600 °C и 800 °C содержание плотного остатка снижается.

Проведен мониторинг геоэкологических свойств почвенного покрова Южного Урала. Установлено повышение подвижных форм питательных элементов (фосфо-

ра и калия) при прокаливании почвы при температуре 400–600 °С на глубину до почвообразующей породы, что позволит использовать поташ в качестве удобрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Orenburg Region soil and vegetation complex pollution risk evaluation / I.V. Efremov, V.A. Solopova, E.L. Gorshenina, N.N. Rakhimova, N.V. Eremina, E.E. Savchenkova, V.A. Litvinov, O.V. Chekmareva // *International Journal of Green Pharmacy*, 2017. — Vol. 11, Iss. 3. — S487–S493. — 7 с.
2. Савченкова Е.Э., Шарипова М.Н. Замедленная флуоресценция как метод исследования агрохимических показателей почвенного покрова при термической обработке почв // *Шаг в науку*. 2018. №3. С.121–124.
3. Экологический мониторинг при антропогенном воздействии на естественные агросистемы степной зоны Оренбуржья. / Е.Э. Савченкова, Е.Л. Горшенина, Л.А. Быкова, Н.Н. Рахимова, В.А. Солопова, В.В. Делигирова // *Степи Северной Евразии: материалы IX Междунар. симпозиума / науч. ред. А.А. Чибилев*. — Электрон. дан. — Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2021. С. 698–701.
4. Firmano R.F., Melo V., Montes C.R., de Oliveira A., de Castro C., Alleoni L.R.F. Potassium reserves in the clay fraction of a tropical soil fertilized for three decades // *Clays Clay Minerals*. 2020. V. 68. P. 237–249.
5. Исаев А.В., Демаков Ю.П., Шарафутдинов Р.Н. Закономерности изменения гранулометрического состава аллювиальных почв в процессе развития пойм рек // *Вестник Поволжского гос. техн. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование*. 2022. № 2. С. 80–93.
6. Артемьева З.С., Зазовская Э.П., Засухина Е.С., Цомаева Е.В. Изотопный состав углерода органического вещества водоустойчивых структурных отделений типичного чернозема в контрастных вариантах землепользования // *Почвоведение*. 2023. № 3. С. 339–352.
7. Данченко Н.Н., Артемьева З.С., Колягин Ю.Г., Когут Б.М. Сравнительный анализ гумусовых веществ и органического вещества физических фракций чернозема типичного // *Почвоведение*. 2022. № 10. С. 1241–1254.

© Горшенина Екатерина Леонидовна (Knicola@mail.ru); Савченкова Екатерина Эрнстовна (savchienkovai@mail.ru);

Байтелова Алина Ивановна (baitelova@outlook.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВЛИЯНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НЕОДНОРОДНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ КАЗАХСТАНА

## INFLUENCE OF SYNOPTIC CONDITIONS ON THE HETEROGENEITY OF THE DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE CITIES OF KAZAKHSTAN

**T. Musabaev  
K. Akhmetov  
A. Musabayeva**

*Summary.* The issues of atmospheric air pollution and the characteristics of meteorological conditions in the Republic of Kazakhstan, including an assessment of the influence of synoptic conditions on the heterogeneity of the distribution of atmospheric pollution in the cities of Kazakhstan (Astana, Karaganda, Ust-Kamenogorsk, Taraz, Kostanay, Petropavlovsk, Kokshetau) are considered.

The results of using the synoptic method in determining the quality of atmospheric pollution, its monitoring and forecasting are presented.

*Keywords:* urbanization, The general scheme of territory organization, atmospheric air, pollution, urban planning, cadastre, environmental protection.

**Мусабаев Турлыбек Туркпенович**

доктор технических наук, профессор ЕНУ  
им. Л.Н. Гумилева, академик НИА РК, Заслуженный  
работник науки, Почетный строитель, Почетный  
архитектор Казахстана, Генеральный директор РГП  
«Госградкадастр», Республика Казахстан, г. Астана  
info@nationalplan.kz

**Ахметов Канат Мулдагалиевич**

Руководитель Отдела экологии и природных ресурсов  
Управления территориального планирования РГП  
«Госградкадастр», Республика Казахстан, г. Астана  
k Ahmetov@nationalplan.kz

**Мусабаева Асель Турлыбековна**

МГУ им. М.В. Ломоносова,  
Республика Казахстан, г. Астана  
asel\_1511@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы загрязнения атмосферного воздуха и характеристики метеорологических условий в Республике Казахстан, включая оценку влияния синоптических условий на неоднородность распределения загрязнения атмосферы в городах Казахстана (Астана, Караганда, Усть-Каменогорск, Тараз, Костанай, Петропавловск, Кокшетау).

Представлены результаты использования синоптического метода при определении качества загрязнения атмосферы, его мониторинга и прогнозирования.

*Ключевые слова:* урбанизация, генеральная схема организации территории, атмосферный воздух, загрязнение, градостроительное планирование, кадастр, охрана окружающей среды.

**В** настоящее время города являются основными центрами экономического роста, а также центрами роста населения и использования ресурсов. Быстрый рост городов — один из важнейших вызовов XXI века.

Уровень урбанизации в Казахстане к 2050 году может достигнуть 67 % против 62 % в 2022 году. Численность городского населения вырастет на 6,6 млн человек или на 55 %. Ускорение урбанизации существенно влияет на усиление загрязнения воздуха и экологического риска, оказывающего негативное воздействие на здоровье человека.

Вызовы и возможности городов должны пониматься именно в контексте существования разрыва между предоставлением основных услуг и быстрым ростом городского населения. В ближайшие десятилетия потребуется создание огромных объемов инфраструктуры в городских районах.

Устойчивое развитие городов подразумевает создание безопасных и комфортных условий для людей, снижение негативного воздействия на экосистемы и рациональное использование природных ресурсов для благополучия следующих поколений.

В настоящее время в рамках действующей системы градостроительного планирования в Республике Казахстан реализуются градостроительные проекты — Генеральная схема организации территории страны и детализирующих ее положения межрегиональные схемы развития макрорегионов и агломераций.

Указанные документы является инструментом поддержки принятия управленческих решений развития и обустройства территории.

В целях мониторинга реализации градостроительных проектов и формирования актуальных данных создан цифровой инструментарий — государственный градостроительный кадастр.

Градостроительными проектами предусматриваются основные меры по охране окружающей среды, включая оздоровление экологической обстановки и обеспечение экологической безопасности населения и территорий, сохранение и восстановление природных экосистем, обеспечение рационального и устойчивого природопользования.

Одной из основных задач решения экологических проблем является снижение загрязнения атмосферного воздуха, которое остается одним из ведущих факторов воздействия на окружающую среду, оказывающих негативное влияние на здоровье населения регионов республики.

По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, общий объем выбросов в 2022 году составил 4,2 млн тонн (в 2023 году — 4,3 млн тонн).

К основным загрязнителям атмосферного воздуха в Казахстане в первую очередь относятся предприятия теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, нефтегазовая отрасль, авто— и железнодорожный транспорт.

Наибольший объем выбросов загрязняющих веществ формируется на территориях Павлодарской, Карагандинской, Актюбинской, Атырауской и Восточно-Казахстанской областей.

Определенное количество загрязняющих веществ поступает на территорию Казахстана из соседних государств. В свою очередь с территории республики также происходит трансграничный перенос загрязняющих веществ на территорию соседних стран.

Ускорение процесса урбанизации также существенно влияет на усиление загрязнения воздуха. Сегодня больше половины населения проживает в городах, которые, с одной стороны, часто являются источниками загрязнения воздуха, а с другой, именно в них последствия загрязнения воздуха ощущаются особенно остро.

Для проведения оценки воздействий на окружающую среду деятельности предприятий, для расчета трансграничных потоков и прогнозирования загрязнения воздуха необходимо получение достоверной информации о выбросах вредных веществ в атмосферу, включая мониторинговые данные состояния воздушного бассейна.

В этой связи необходимо проведение новых исследований оценки и моделирования качества загрязнения атмосферного воздуха в Казахстане.

В рамках настоящего научного исследования проведено изучение влияния синоптических условий на не-

однородность распределения загрязнения атмосферы в городах Казахстана в зависимости от синоптических, экономических и географических факторов.

Актуальность работы определена тем, что в связи с неравномерным распределением промышленных предприятий, неравномерной застройкой, рельефом местности и определенной розе ветров загрязнение атмосферного воздуха неравномерно распределяется внутри городов.

В связи с этим, при отсутствии превышения предельно-допустимых концентраций в среднем по городам и в их отдельных районах могут отмечаться опасные уровни загрязнения.

Исследование проводилось в 7 городах Казахстана, включая Астану, Караганду, Костанай, Петропавловск, Усть-Каменогорск, Тараз и Кокшетау. Выбор указанных городов обосновывался их репрезентативным положением и наличием нескольких пунктов наземного мониторинга за загрязняющими веществами (ПНЗ), также рассматривались такие критерии, как рельеф и структура промышленности.

В задачи работы входило создание архивов данных по загрязнению атмосферного воздуха городов, синоптических ситуаций на территории республики за 2018–2020 годы, выявление неоднородности распределения загрязнения атмосферы внутри городов и их причины.

В качестве источников данных использовались ежедневные бюллетени состояния воздушного бассейна РГП «Казгидромет», для анализа синоптической ситуации использовались приземные карты, карты барической топографии и карты осадков [19].

По результатам анализа загрязнения воздушного бассейна в репрезентативных городах были сделаны следующие выводы:

1. К основным загрязняющим веществам на территории городов республики относятся оксиды серы и азота, оксид углерода, взвешенные частицы, фторуглероды.
2. Максимальное количество превышений предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ приходится на диоксид азота, оксид углерода и взвешенные частицы. Это связано, в первую очередь с их источниками, включая процессы горения, осуществляемые на ТЭЦ, продукты сгорания топлива в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), бытовые печи и угольные шахты.
3. Максимальное количество дней с превышениями ПДК отмечено в городах Усть-Каменогорск, Астана, Караганда, что в значительной степени

связано с выбросами промышленных предприятий. В городе Астане большой вклад в загрязнение воздушного бассейна также вносит автотранспорт.

4. Во всех рассматриваемых городах республики, за исключением Усть-Каменогорска, максимальная доля превышений ПДК фиксировалась и в холодное, и в теплое полугодие в центральной части антициклона, где максимального развития достигают инверсии температуры (радиационные и инверсии оседания), затрудняющие вертикальное перемешивание воздуха. В циклонах максимум превышений ПДК приходится на южную, юго-восточную и юго-западную периферию, то есть на теплый сектор, где наиболее часто формируется устойчивая стратификация температуры, не способствующая развитию восходящих движений.
5. В городе Усть-Каменогорске максимум превышений в антициклоне приходится на западную и юго-западную периферию, что обусловлено влиянием рельефа (наличие горного хребта к востоку от города).
6. По результатам исследования выявлено, что за рассматриваемый период над территорией Казахстана в холодное полугодие преобладает антициклон и гребень, в теплое полугодие значительно увеличивается повторяемость циклонов

и ложбин. Так как антициклональные условия благоприятны для накопления примесей, а циклонические — для уменьшения загрязнения, в теплое полугодие количество случаев превышения ПДК меньше, чем в холодное.

Для большинства загрязняющих веществ в большинстве городов их накоплению в приземном слое способствуют низкие температуры воздуха у земли, формирование инверсий, а также низкая скорость ветра. Выпадение осадков приводит к выведению примесей из атмосферы

На повторяемость превышений помимо синоптических условий оказывает влияние структура и интенсивность выбросов, и географическо-климатические факторы (рельеф и роза ветров).

Анализ неравномерности распределения загрязнения отдельно в разрезе городов показал следующее.

В городе Астана в 2018–2020 гг. было зафиксировано 895 дней с превышениями ПДК загрязняющих веществ. Максимальное количество превышений ПДК в городе отмечается внутри промышленной зоны города и вблизи железной дороги (рисунок 1). Доминирующее влияние на неравномерное распределение загрязнения оказывает распределение источников выбросов и роза

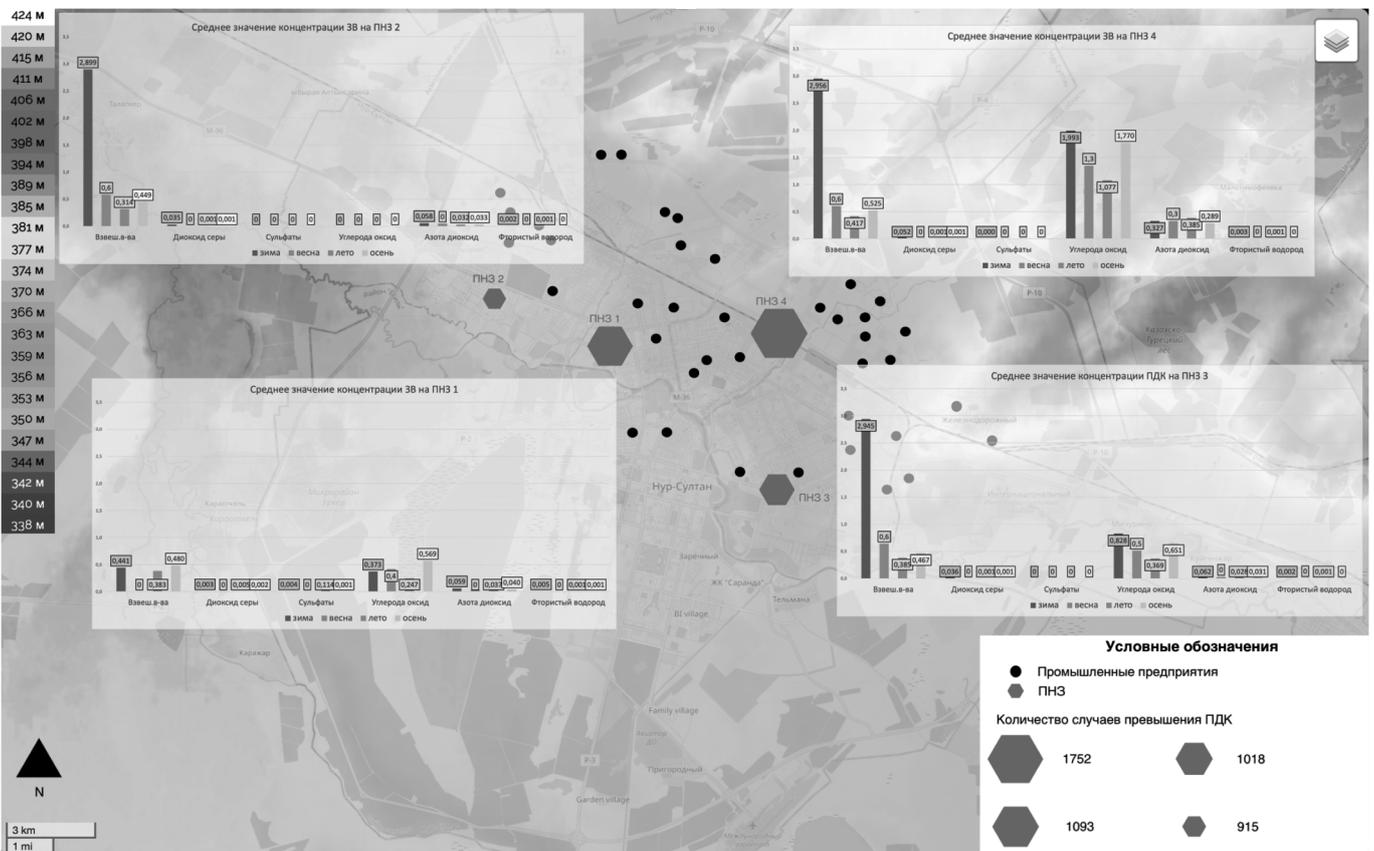


Рис. 1. Распределение средних концентраций ЗВ, рельефа и промышленных предприятий в городе Астане

ветров. Так как город расположен в равнинной местности и характеризуется сильными ветрами, то обеспечивается интенсивный перенос загрязнения по направлению ветра.

За период 2018–2020 гг. в городе Караганде превышения ПДК зафиксированы почти на всех 4 ПНЗ в течение 856 дней, что говорит об их равномерном пространственном распределении.

Наибольшее влияние на распределение загрязнения внутри города Караганды оказывают не синоптические условия, а географические, экономические и климатические факторы (рельеф, роза ветров, локализация промышленных предприятий).

В городе Усть-Каменогорске преобладает достаточно равномерное пространственное распределение загрязняющих веществ (рисунок 2).

Наибольшая концентрация загрязняющих веществ наблюдается по оксиду углерода (СО) в зимний период, максимальное среднее значение наблюдается на ПНЗ 1 ( $3 \text{ мг/м}^3$ ), минимальное — на ПНЗ 4 ( $0,65 \text{ мг/м}^3$ ). Это связано с тем, что в городе промышленные предприятия не сконцентрированы в одной зоне, а расположены повсеместно. Важную роль играют рельеф и роза ветров, преобладающее северо-западное направление ветра, совпадающие с ориентацией долиной реки Иртыш способствуют переносу примесей с северо-запада на юго-восток, вызывая увеличение загрязнения в юго-восточных районах города.

В городе Костанай за 2018–2020 годы было зафиксировано 614 дней, в которых были превышения ПДК. В городе функционирует 2 стационарных пункта наблюдения за загрязнениями. Максимальное количество превышений приходится на ПНЗ 2 (60 %), на ПНЗ 1 — 40 %.

Количество превышений ПДК сильно различается как между разными районами города, так и в зависимости от синоптических условий и от сезона года. Это свидетельствует о том, что на уровень загрязнения города влияют как синоптические, так и экономико-географические факторы.

В городе Петропавловске доминирующее влияние на распределение загрязняющих веществ внутри города оказывает синоптическая ситуация. Это подтверждается тем, что разность количества превышений между ПНЗ меньше, чем изменчивость загрязнения на одном ПНЗ, обусловленная различными синоптическими условиями. За 2018–2020 гг. было зафиксировано 551 дней, в которых были превышения ПДК. Максимальное количество превышений прослеживается на ПНЗ 2 (50 %), наименьшее — на ПНЗ 3 (6 %).

Одним из самых загрязнённых среди анализируемых городов является Тараз, что обусловлено особенностями рельефа и наличием большого количества промышленных предприятий. В холодное полугодие синоптическая ситуация оказывает значительное влияние на распределение загрязнения внутри города, в теплое полугодие влияние синоптических условий уменьшается. Наибольшие концентрации наблюдаются по оксиду углерода, имелись превышения ПДК по взвешенным частицам, монооксиду углерода, формальдегиду, диоксиду азота. По фтористому водороду, диоксиду серы. По фтористому водороду превышений не отмечено.

Город Кокшетау характеризуется низким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, что связано с небольшой концентрацией производств в городе и позволяет оценить влияние метеорологических условий на рассеивание примесей. Основной объем всех превышений ПДК загрязняющих веществ (97%) зафиксирован на ПНЗ 1 (97 %). Это обусловлено тем, что он находится около железной дороги и рельефом. На ПНЗ 2 приходится только 3 % превышений.

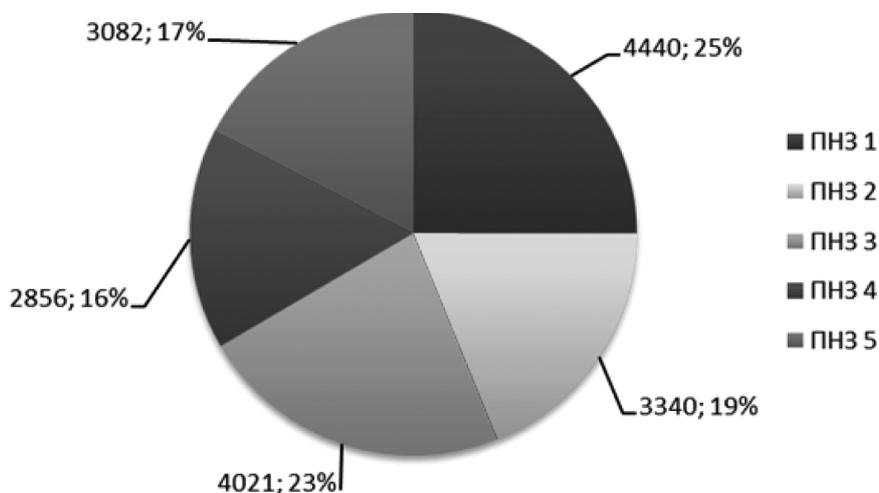


Рис. 2. Распределение количества превышений ПДК по ПНЗ в городе Усть-Каменогорске

Согласно результатам проведенного исследования выявлено, что метеорологические процессы это только один из факторов, влияющих на загрязнение атмосферного воздуха. Неоднородность его распределения в городах Астана, Караганда, Костанай, Петропавловск, Усть-Каменогорск, Тараз и Кокшетау вероятно обуславливается несколькими факторами, такими как близкое расположение промышленных предприятий к ПНЗ, ро-

зой ветров в совокупности с рельефом и другими причинами.

Использование синоптического метода для определения качества атмосферного воздуха в динамике является одним из возможных видов исследований при определении качества загрязнения атмосферы, его мониторинга и прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Казахстан от 16 июля 2001 года № 242-II «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан».
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2013 года № 1434 «Об утверждении Основных положений Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан».
3. Аналитическая записка Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год.
4. Городское планирование для руководителей городов // Программа ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат). 2015. [www.unhabitat.org](http://www.unhabitat.org).
5. Чистый воздух для жизни // Информационная служба Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций. <http://www.unecsc.org>.
6. А.Е. Морозов, Н.И. Стародубцева, Метеорологические условия и загрязнение атмосферы, 2020 г., 20 с.
7. Алексеева Л.И. Учение об атмосфере. Основные метеорологические элементы: эколого-климатическое значение и методы измерения: учеб. пособие // Л.И. Алексеева, М.С. Мягков, Е.К. Семенов, Н.Н. Соколихина. М.: ИНФРА-М, 2019. — 280 с.
8. Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения. // Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. — СПб.: Астерион, 2008. — 254 с.
9. Белан, Б.Д. Распространение примесей в атмосфере и методы их контроля / Б.Д. Белан, Г.Г. Журавлев, Г.О. Задде, В.А. Попов — Томск: Изд-во ТПУ, 2000. — 342 с.
10. Берлянд М.Е. Руководящий документ. Охрана природы. Атмосфера. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. // С-Петербург. Гидрометеоиздат, 1998 г. — РД 52.04.306-92.
11. Берлянд, М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985;
12. Вильфанд Р.М., Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Звягинцев А.М., Нахаев М.И., Захарова П.В., Лапченко В.А. Мониторинг и прогнозирование качества воздуха в Московском регионе // Биосфера. 2014. Т. 6, No 4. С. 339–351.
13. Метеорология и климатология: учебник — 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. — М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2006. — 582 с.: илл. — (Классический университетский учебник). — 24 с.
14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86, Госкомгидромет;
15. Назаренко А.В. Классификация синоптических процессов в целях геоэкологического мониторинга воздушного бассейна // Назаренко А.В. Вестник ВГУ, СЕРИЯ: ГЕОГРАФИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ №1, 2006 — УДК 504.510.
16. Сонькин, Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы / Л.Р. Сонькин. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — 223 с.
17. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц — М.: Изд-во Моск. ун-та «Наука», 2006. — 582 с.
18. Мусабаев Т.Т. Развитие территорий должно быть сбалансированным. Казахстанская правда, 20 декабря 2021 года, с. 3.
19. официальный сайт РГП «Казгидромет» <https://www.kazhydromet.kz>.
20. <https://enbek.kz/ru/analytical-data/5310>

© Мусабаев Турлыбек Туркпеневич ([info@nationalplan.kz](mailto:info@nationalplan.kz)); Ахметов Канат Мулдагалиевич ([kahmetov@nationalplan.kz](mailto:kahmetov@nationalplan.kz));

Мусабаева Асель Турлыбековна ([asel\\_1511@mail.ru](mailto:asel_1511@mail.ru))

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ КАК ИСТОЧНИКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ КОНТАМИНАЦИИ СПОРАМИ *CLOSTRIDIUM BOTULINUM* МЕДА

**Парамонов Сергей Геннадьевич**

Кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
химико-фармацевтический университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
[sergei.paranonov@pharminnotech.com](mailto:sergei.paranonov@pharminnotech.com)

## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FACTORS AS SOURCES OF ENVIRONMENTAL RISKS OF CONTAMINATION OF HONEY WITH *CLOSTRIDIUM BOTULINUM* SPORES

**S. Paramonov**

*Summary.* It was revealed that most sources of environmental risks of contamination of honey with *Clostridium botulinum* spores are caused by human economic activities. The risks of contamination of honey with *Clostridium botulinum* spores vary depending on the honey collection area and depend directly or indirectly on a number of environmental factors associated with human agricultural activities in the honey collection area:

- certain types of livestock farming and the use of manure as organic fertilizers;
- use of certain types of pesticides;
- areas of soil not covered with vegetation.

Natural factors include the risk of outbreaks of *C. botulinum* associated with rising air temperatures.

The third group of factors are veterinary and hygienic aspects of the beekeeper's work.

*Keywords:* *Clostridium botulinum*, environmental risks, honey contamination, agricultural impact on the environment.

*Аннотация.* Выявлено, что большинство источников экологических рисков контаминации спорами *Clostridium botulinum* меда обусловлены хозяйственной деятельностью человека. Риски контаминации спорами *Clostridium botulinum* меда различаются в зависимости от района сбора меда и прямо или косвенно зависят от ряда факторов окружающей среды, связанных с сельскохозяйственной деятельностью человека в районе сбора меда:

- отдельные виды животноводческой деятельности и использование навоза в качестве органических удобрений;
- применение некоторых видов пестицидов;
- не покрытые растительностью участки почвы.

Среди природных факторов можно выделить риск вспышек распространения *C. botulinum*, связанный с повышением температуры воздуха.

Третья группа факторов ветеринарно-гигиенические аспекты работы пчеловода.

*Ключевые слова:* *Clostridium botulinum*, экологические риски, контаминация меда, сельскохозяйственное воздействие на окружающую среду.

### Введение

Ботулизм можно разделить, в зависимости от пути заражения, на шесть форм. Заболевание может быть естественным образом вызвано приемом предварительно образованного токсина с пищей (пищевой ботулизм), инфицированием раны *Clostridium botulinum*, что приводит к выработке токсина *in situ* (раневой ботулизм), колонизации кишечного тракта младенцев (детский ботулизм) и колонизации кишечного тракта взрослых или детей старше 1 года (кишечная токсемия, ботулизм) [21].

В отношении меда, как источника заражения, имеются сообщения о детском ботулизме [14], [23], [24], [44], [45], а также спорные сообщения о колонизации кишечного тракта взрослых [27]. Описан случай раневого заражения младенца при наружном применении меда [28].

Детский ботулизм, вызываемый *Clostridium botulinum* — редкое заболевание, связанное с особенностями микрофлоры ребенка возрастом до 1 года

(по некоторым данным до 6 месяцев). Тем не менее, заболевание тяжелое, и каждый его случай отдельно регистрируется. С 1976 года было зарегистрировано более 1500 случаев младенческого ботулизма в более чем 15 странах мира [31]. Установленные случаи детского ботулизма связаны с заражением из различных объектов окружающей среды, таких как: пыль, домашние животные, загрязненные продукты питания, в частности мед. Наличие спор *C. Botulinum* в меде, по-видимому, следствие не только нарушения технологии получения, но и экологических факторов, связанных с хозяйственной деятельностью человека [2], [6], [17].

Пчелы (*Apis mellifera*) собирают нектар в радиусе до 4–5 км от пасеки, соответственно факторы окружающей среды в районе сбора прямо или косвенно влияют на риск загрязнения меда.

В нашей работе мы рассмотрим возможные экологические риски, влияющие на вероятность загрязнения спорами *C. botulinum* меда. Мед не является средой для развития *C. botulinum*, но споры в нем длительное время

могут сохраняться, так как этот продукт обычно не подвергается термообработке [1], [37].

### Результаты и обсуждение

*Обзор исследований загрязнения меда спорами C. botulinum*

В Испании [13] *C. botulinum* типа А выявлен в двух пробах (1,1 %), в образцах меда из Казахстана 0,5 % [25]. Распространенность *C. botulinum* показала значительные различия между образцами из Дании, Норвегии и Швеции, пропорции положительных результатов составили соответственно 26 %, 10 % и 2 % [36]. Положительные пробы в финских и импортных образцах в Финляндии составили 8 (7 %) и 12 (16 %) соответственно [26]. До 25 % медовых продуктов в США содержат споры *Clostridium botulinum* [9], [16]. В Бразилии (Сан-Паулу) — 3 % (3/100) [40].

В Японии о выявлении *C. botulinum* сообщалось дважды: 8,5 % исследованных образцов [33], 30,6 % (11/36) [34], что описывается как эксцесс. Из 100 проверенных образцов меда Ирана (рынки города Шираз) в 2 % были обнаружены споры (выделяется положительный тип В) [29]. В Турции *C. botulinum* был обнаружен в одной (0,5 %) проанализированной пробе (доставленной из Черноморского региона Турции), а тип токсина был определен как тип А [20]. В другом исследовании в Анкаре споры *C. botulinum* были выделены в 12,5 % образцов (6/48) [38]. В исследовании на юге Украины выявлено 8,3 % [3]. Польский мед представлен тремя исследованиями: уровень загрязнения 8,6 % (6/70) образцов из двух районов Польши [18], 2,1 % (5/240) исследованных образцов меда из 16 воеводств [19], в 21,6 % (22/102) образцов с небольших пасек [49]. В литовском меде в 60 % (30/50) образцов встречаются споры *C. botulinum* [48].

Таким образом, отдельные исследования в разных странах показывают загрязнение *C. botulinum* от 0,5 % до 60 %.

Следует указать, что точность обнаружения спор *C. botulinum* в меде возросла в связи с совершенствованием методик. С другой стороны, ограниченное количество исследованного меда, а также малое количество и неравномерное распределение спор в меде могут быть причиной ложноотрицательных результатов [26].

*Пути попадания спор C. botulinum в мед*

Мы выделили несколько путей повышенного риска попадания спор *C. botulinum* в мед:

- через растения — источники нектара и пыльцы, на которых работали пчелы;
- через источники воды, используемые пчелами;

- напрямую из почвы с пылью от соседствующих экосистем;
- факторы технологии работы с пчелами на пасеке и отбора меда.

*Факторы, связанные с медоносами и агротехникой их выращивания*

В исследовании на юге Украины выявлено 8,3 % образцов, загрязненных спорами — 2 (гречишный мед), 1 (мед с кормовых культур) и 1 (подсолнечниковый мед) [3]. В Казахстане *C. botulinum* выделен из гречишного меда [25]. В Литве: в 9 (42,9 %) из 21 пробы полифлорного меда, в 9 (69,2 %) из 13 проб липового меда, в 5 (83,3 %) из 6 проб медвяной росы, в 3 (75 %) из 4 проб падевого меда, в 1 (33,3 %) из 3 проб рапсового меда, в 2 (100 %) из 2 проб гречишного меда и в одном (100 %) образце верескового меда [48]. В Турции, в Анкаре, споры *C. botulinum* были обнаружены в 6 пробах (4 цветочного меда, 1 падевого меда, 1 сотового цветочного меда) [38].

Споры *C. botulinum* наблюдаются на цветках липы (*Tilia* spp.) [4].

Таким образом, в тех исследованиях, где указывается ботаническое происхождение меда, споры *C. botulinum* часто встречались в гречишном меде. Однако для обозначения повышенного риска для этого вида меда данных недостаточно. Вероятно, наблюдаемая контаминация связана сагротехникой выращивания данных медоносов.

*Факторы, связанные с агротехникой выращивания медоносов: пестициды и удобрения*

Ряд исследований указывает, что отдельные виды пестицидов, например на основе глифосата, изменяют микробиом кишечника пчел, увеличивая ряд патогенных микроорганизмов [5]; [12]; [30]. Напротив, аминотетрациклин, метаболит глифосата, не изменяет кишечный микробиом медоносных пчел, подвергшихся воздействию [5]. В совокупности эти исследования показывают, что сам глифосат, а не последующие его метаболиты, ответственны за изменения в микробиоме кишечника пчел [7].

У домашней птицы патогенные бактерии, такие как *Salmonella enteritidis*, *Salmonella gallinarum*, *Salmonella typhimurium*, *Clostridium perfringens* и *Clostridium botulinum*, обладают высокой устойчивостью к глифосату, в то время как полезные бактерии, такие как *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *Bifidobacterium* Teenis и *Lactobacillus* sp., являются умеренно и высоко восприимчивыми [8].

Кроме того, токсичность глифосата для наиболее распространенных видов *Enterococcus* spp. может быть значимым предрасполагающим фактором, который связан с увеличением числа заболеваний, опосредованных

*C. botulinum*, за счет подавления антагонистического действия этих бактерий на клостридии [42].

Таким образом, применение отдельных видов пестицидов на основе глифосата и их воздействие на почвенную микрофлору может влиять на количество спор *C. botulinum* в почве, источниках воды, в пыли и на микробиом кишечника пчел.

С другой стороны, источником повышенного количества спор могут служить органические удобрения [35], [50].

*Факторы, повышающие риск попадания спор C. botulinum через источники воды*

Пчелам необходима вода с растворенными в ней минеральными солями, особенно в весенний период выкармливания расплода. При недостатке солей в естественных водоемах пчелы могут предпочитать воду из загрязненных стоками животноводческих ферм и прочих мест опорожнения скота. Таким образом, расположение рядом с пасекой животноводческих хозяйств и их ветеринарно-санитарная обстановка прямо связаны с риском попадания *C. botulinum* в мед [35]. Скандинавские данные о распространенности *C. botulinum* в образцах фекалий забитых свиней показали, что 62 % свиней являются переносчиками возбудителя [11].

Показана корреляция встречаемости спор в меде с почвой, покрытой мхом, который, вероятно, для пчел является источником воды, в то время как с почвой покрытой прочими видами растительности такой корреляции не наблюдалось [35].

Встречаемость спор в водных объектах, в свою очередь, зависит от факторов среды: температуры, загрязнения коммунальными стоками и стоками с животноводческих ферм. Вспышки заболеваний ботулизмом у диких птиц в водно-болотных угодьях коррелировали со средней температурой почвы выше 26°C, а также с загрязнением водоемов коммунальными стоками [47]. С другой стороны статистика вспышек ботулизма в Китае указывает на более частые вспышки в северной (14,8 %) части страны, нежели в южной (2,5 %) [15].

*Факторы, повышающие риск попадания спор C. botulinum с пылью*

Попадание спор ботулизма с пылью является самостоятельной причиной детского ботулизма [46]. По данным исследований, где выявлялись источники младенческого ботулизма, наибольшее число случаев приходилось на пыль почвенную и домашнюю [10], [22], [43]. Также в отдельных исследованиях, при отсутствии спор в фекалиях, *C. botulinum* наблюдались в пыли скотоводческих хозяйств [41]. Частицы навоза, используемого в качестве удобрения, могут входить в состав пыли [11], [36], [31], [39], которая поступает в улей на поверх-

ности тела пчел и оседает на восковых ячейках. Контаминацию спорами меда [31] связывают с запылением района сбора. Выявлена корреляция встречаемости спор *C. botulinum* с открытыми участками почвы и гравия (дорог) рядом с пасеками [35], [36], что указывает на пыль как на важный источник спор в меде.

*Факторы технологии работы с пчелами на пасеке и отбора меда*

Отдельно следует упомянуть о ветеринарных и гигиенических мероприятиях, влияющих на количество спор *C. botulinum* на пасеке и при отборе меда. Ученые указывают на культуру получения меда пчеловодами и гигиену на пасеке, как на предполагаемую причину высокой встречаемости спор *C. botulinum* в пробах литовского меда [48]. Высокое количество пчелиного подмора, находящегося в анаэробных условиях, увеличивает количество спор *C. botulinum* [32], что является результатом применения общественных поилок со стоячей водой, где на дне скапливаются утонувшие пчелы. Nevas M, Lindström M и др. [35] определили гигиенические факторы, коррелирующие с наличием спор *C. botulinum* в меде: наличие старых сот, из которых откачивается мед, мытье рук и смена рабочей обуви. Восковые ячейки являются местом накопления спор, поступающих в улей с пылью, занесенной пчелами. Своевременная замена старых, потемневших сот снижает риск контаминации спорами *C. botulinum*. Также снижается риск при регулярном мытье рук и смене обуви, с уличной на рабочую, в процессе откачки меда. В то же время исследование не выявило корреляции с породой пчел и с их заболеваниями на пасеке.

## Выводы

Риски контаминации спорами *Clostridium botulinum* меда различаются в зависимости от района сбора меда, зависят от факторов окружающей среды, связанных с хозяйственной деятельностью человека:

- отдельные виды животноводческой деятельности и использование навоза в качестве органических удобрений;
- применение некоторых видов пестицидов и их влияние на почвенную микрофлору;
- не покрытые растительностью участки почвы, способствующие повышенному запылению.

Среди природных факторов можно выделить риск вспышек *C. botulinum*, связанный с повышением температуры воздуха и естественным природным содержанием данных микроорганизмов в окружающей среде.

Третья группа факторов — ветеринарно-гигиенические аспекты работы пчеловода: подмор пчел и старые соты повышают загрязнение меда *C. botulinum*, а также несоблюдение гигиены при откачивании меда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ana Ruby Correa-Mosquera, Marta Cecilia Quicazán, Carlos Mario Zuluaga-Domínguez, Shelf-life prediction of pot-honey subjected to thermal treatments based on quality attributes at accelerated storage conditions// *Food Control* /T. 142. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109237>.
2. Arnon SS, Midura TF, Damus K, Thompson B, Wood RM, Chin J. Honey and other environmental risk factors for infant botulism// *J Pediatr*. 1979. Feb;94(2):331–337. doi: 10.1016/s0022-3476(79)80863-x. PMID: 368301
3. Berhilevych O., Kasianchuk V., Kukhtyn M., Dimitrijevič L., & Marenkova T. The study correlation between physicochemical properties, botanical origin and microbial contamination of honey from the south of Ukraine. // *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. №13(1). 2019 C.863–869. <https://doi.org/10.5219/1179>
4. Bianco MI, Lúquez C, De Jong LI, Fernández RA. Linden flower (*Tilia* spp.) as potential vehicle of *Clostridium botulinum* spores in the transmission of infant botulism// *Rev Argent Microbiol*. Oct-Dec;41(4) 2009 C. 232–238.
5. Blot N, Veillat L, Rouzé R, Delatte H. Glyphosate, but not its metabolite AMPA, alters the honeybee gut microbiota.// *PLoS One*. Apr 16;14(4):e0215466. 2019. doi: 10.1371/journal.pone.0215466
6. Chin J, Arnon SS, Midura TF. Food and environmental aspects of infant botulism in California//. *Rev Infect Dis*. Jul-Aug;1(4): 1979. 693-700. doi: 10.1093/clinids/1.4.693. PMID: 399377.
7. Chiu K, Warner G, Nowak RA, Flaws JA, Mei W. The Impact of Environmental Chemicals on the Gut Microbiome. // *Toxicol Sci*. Aug 1;176(2) 2020. C. 253–284. doi: 10.1093/toxsci/kfaa065.
8. Claus SP, Guillou H, Ellero-Simatos S. The gut microbiota: a major player in the toxicity of environmental pollutants? // *NPJ Biofilms Microbiomes*. May 4;2:16003. 2016. doi: 10.1038/npjbiofilms.2016.3.
9. Cox N, Hinkle R. Infant botulism // *Am Fam Physician*. Apr 1;65(7):1388-92. 2002
10. Dabritz HA, Hill KK, Barash JR, Ticknor LO, Helma CH, Dover N, Payne JR, Arnon SS. Molecular epidemiology of infant botulism in California and elsewhere, 1976–2010 // *J Infect Dis*. Dec 1;210(11):1711-22. 2014 C. 1711-1733 doi: 10.1093/infdis/jiu331
11. Dahlenborg, Maria & Borch, Elisabeth & Rådström, Peter. Development of a Combined Selection and Enrichment PCR Procedure for *Clostridium botulinum* Types B, E, and F and Its Use To Determine Prevalence in Fecal Samples from Slaughtered Pigs// *Applied and environmental microbiology*. 2001. DOI: 10.1128/AEM.67.10.4781-4788.2001.
12. Dai P, Yan Z, Ma S, Yang Y, Wang Q, Hou C, Wu Y, Liu Y, Diao Q. The Herbicide Glyphosate Negatively Affects Midgut Bacterial Communities and Survival of Honey Bee during Larvae Reared in Vitro // *J Agric Food Chem*. Jul 25;66(29): 2018. C. 7786-7793. doi: 10.1021/acs.jafc.8b02212. Epub 2018 Jul 11.
13. de Centorbi OP, Satorres SE, Alcaraz LE, Centorbi HJ, Fernández R. Detección de esporas de *Clostridium botulinum* en mieles [Detection of *Clostridium botulinum* spores in honey]. // *Rev Argent Microbiol*. Jul-Sep;29(3):. Spanish. 1997. C.147–198
14. Fenicia L, Ferrini AM, Aureli P, Pocecco M. A case of infant botulism associated with honey feeding in Italy// *Eur J Epidemiol*. Nov;9(6). 1993. C. 671–674. doi: 10.1007/BF00211445. PMID: 8150073
15. Gao QY, Huang YF, Wu JG, Liu HD, Xia HQ. A review of botulism in China. *Biomed Environ Sci*. Sep;3(3). 1990. C. 326–362
16. Giménez JA, Giménez MA, DasGupta BR. Characterization of the neurotoxin isolated from a *Clostridium baratii* strain implicated in infant botulism. *Infect Immun*. Feb;60(2):518-22. 1992. C. 518–540 doi: 10.1128/iai.60.2.518-522.1992.
17. Grabowski NT, Klein G. Microbiology and foodborne pathogens in honey. *Crit Rev Food Sci Nutr*. Jun 13;57(9). 2017 C.1852-1862. doi: 10.1080/10408398.2015.1029041.
18. Grenda T, Grabczak M, Kwiatek K, Bober A. Prevalence of *C. Botulinum* and *C. Perfringens* Spores in Food Products Available on Polish Market.// *J Vet Res*. Sep 19;61(3). 2017. C. 287–291. doi: 10.1515/jvetres-2017-0038
19. Grenda T, Grabczak M, Sieradzki Z, Kwiatek K, Pohorecka K, Skubida M, Bober A. *Clostridium botulinum* spores in Polish honey samples. // *J Vet Sci*. Sep;19(5). 2018. C.635–642. <https://doi.org/10.4142/jvs.2018.19.5.635>
20. Gücükoğlu, Ali & Saka, Erdem & Uyanik, Tolga & Kanat, Sibel & Çadirci, Zgür & Akpınar, Rahsan. Determination of *C. botulinum* presence in pollen samples collected from different regions of Turkey by Real-Time PCR. 2020. doi:110172. 10.1016/j.lwt.2020.110172.
21. Harris, R.A.; Anniballi, F.; Austin, J.W. Adult Intestinal Toxemia Botulism// *Toxins*. №12. 2020. C. 81. doi.org/10.3390/toxins12020081
22. Istre GR, Compton R, Novotny T, Young JE, Hatheway CL, Hopkins RS. Infant botulism. Three cases in a small town // *Am J Dis Child*. Oct;140(10): 1986. C.1013–1017. doi: 10.1001/archpedi.1986.02140240059027.
23. Jung A, Ottosson J. Infantil botulisme forårsaget af honning [Infantile botulism caused by honey] // *Ugeskr Laeger*. Danish. Jan 8;163(2). 2001. C.169.
24. King LA, Popoff MR, Mazuet C, Espié E, Vaillant V, de Valk H. Le botulisme infantile en France, 1991-2009 [Infant botulism in France, 1991-2009]. // *Arch Pediatr*. Sep;17(9): French. 2010. C 1288–1380. doi: 10.1016/j.arcped.2010.06.010.
25. Maikanov B, Mustafina R, Auteleyeva L, Wiśniewski J, Anusz K, Grenda T, Kwiatek K, Goldsztejn M, Grabczak M. *Clostridium botulinum* and *Clostridium perfringens* Occurrence in Kazakh Honey Samples.// *Toxins (Basel)*. Aug 13;11(8). 2019. C. 472. doi: 10.3390/toxins11080472.
26. Mari Nevas, Sebastian Hielm, Miia Lindstro, Helmut Horn, Kari Koivulehto, Hannu Korkeala High prevalence of *Clostridium botulinum* types A and B in honey samples detected by polymerase chain reaction// *International Journal of Food Microbiology* №72. 2002. C. 45–52
27. Martin B. Dorner. Why foodborne botulism cannot be caused by honey// *Anaerobe*. Volume 77. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2022.102631>.
28. Mohd Tamrin MI. The dilemma of diagnosing wound botulism in an infant: A rare case of paralysis with topical application of honey.// *Int J Infect Dis*. Jun;95. 2020. C.157–159. doi: 10.1016/j.ijid.2020.03.044.
29. Montaseri, Maryam & Hosseinzadeh, Saeid & Shekarforoush, Shahram. Characterization of *Clostridium botulinum* spores and its toxin in honey. // *Iranian Journal of Veterinary Research*. №15. 2014. C. 36–39.

30. Motta EVS, Raymann K, Moran NA. Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. // *Proc Natl Acad Sci U S A*. Oct 9;115(41): 2018. C. 10305–10310. doi: 10.1073/pnas.1803880115.
31. Mustafina R., Maikanov B., Wiśniewski J., Tracz M., Anusz K., Grenda T., Kukier E., Goldsztejn M., Kwiatek K. Contamination of honey produced in the Republic of Kazakhstan with *Clostridium botulinum*. // *Bull. Vet. Inst. Pulawy*. №59. 2015. C. 241–246. doi: 10.1515/bvip-2015-0036
32. Nakano H, Kizaki H, Sakaguchi G. Multiplication of *Clostridium botulinum* in dead honey-bees and bee pupae, a likely source of heavy contamination of honey. // *Int J Food Microbiol*. Feb;21(3). 1994. C. 247–52. doi: 10.1016/0168-1605(94)90031-0.
33. Nakano H, Okabe T, Hashimoto H, Sakaguchi G. Incidence of *Clostridium botulinum* in honey of various origins // *Jpn J Med Sci Biol*. №43. 1990. C.183–195.
34. Nakano H, Sakaguchi G. An unusually heavy contamination of honey products by *Clostridium botulinum* type F and *Bacillus alvei*. // *FEMS Microbiol Lett*. 63. 1991. C.171–177.
35. Nevas M, Lindström M, Hörman A, Keto-Timonen R, Korkeala H. Contamination routes of *Clostridium botulinum* in the honey production environment. // *Environ Microbiol*. Jun;8(6): 2006. C.1085–1094. doi: 10.1111/j.1462-2920.2006.001000.x.
36. Nevas, M., Lindstrom, M., Hautamaki, K., Puoskari, S., & Korkeala, H. Prevalence and diversity of *Clostridium botulinum* types A, B, E and F in honey produced in the Nordic countries. // *International Journal of Food Microbiology*. 105(2). 2005. C. 145–151. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.04.007.
37. Olaitan PB, Adeleke OE, Ola IO. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes // *Afr Health Sci*. Sep;7(3): 2007. C.159-165. doi: 10.5555/afhs.2007.7.3.159.
38. Özlem Küplülü Muammer, Göncüoğlu Haydar, Özdemir Ahmet Koluman Incidence of *Clostridium botulinum* spores in honey in Turkey // *Food Control*. Volume 17, Issue 3, March. 2006. C. 222–224 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.004>
39. Park HY, Lee K, Jung SC, Cho YS. Prevalent toxin types of *Clostridium botulinum* in South Korean cattle farms // *Vet Anim Sci*. Feb 21;15:100239. 2022. doi: 10.1016/j.vas.2022.100239.
40. Rall VL, Bombo AJ, Lopes TF, Carvalho LR, Silva MG. Honey consumption in the state of São Paulo: a risk to human health? // *Anaerobe*. Dec;9(6): 2003. C. 299–303. doi: 10.1016/S1075-9964(03)00121-5.
41. Schmid A, Messelhäusser U, Hörmansdorfer S, Sauter-Louis C, Mansfeld R. Occurrence of zoonotic clostridia and *Yersinia* in healthy cattle. // *J Food Prot*. Oct;76(10): 2013. C. 1697–1703. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-13-151.
42. Shehata AA, Schrödl W, Aldin AA, Hafez HM, Krüger M. The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota in vitro // *Curr Microbiol*. Apr;66(4). 2013. C. 350–8. doi: 10.1007/s00284-012-0277-2.
43. Smith LD. *Clostridium botulinum*: characteristics and occurrence // *Rev Infect Dis*. Jul-Aug;1(4). 1979. C.637–641. doi: 10.1093/clinids/1.4.637
44. Tanzi MG, Gabay MP. Association between honey consumption and infant botulism. *Pharmacotherapy*. Nov;22(11): 2002. C.1479–83. doi: 10.1592/phco.22.16.1479.33696.
45. van der Vorst MM, Jamal W, Rotimi VO, Moosa A. Infant botulism due to consumption of contaminated commercially prepared honey. First report from the Arabian Gulf States // *Med Princ Pract*.;15(6). 2006 C. 456–8. doi: 10.1159/000095494.
46. Van Horn NL, Street M. Infantile Botulism. 2023 Jun 12. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. [Электронный источник] / URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493178/>
47. Vidal D, Anza I, Taggart MA, Pérez-Ramírez E, Crespo E, Höffle U, Mateo R. Environmental factors influencing the prevalence of a *Clostridium botulinum* type C/D mosaic strain in nonpermanent Mediterranean wetlands // *Appl Environ Microbiol*. Jul;79(14). 2013. C. 4264–71. doi: 10.1128/AEM.01191-13.
48. Wojtacka J, Wysok B, Kabašinškienė A, Wiszniewska-Łaszczych A, Gomółka-Pawlicka M, Sztejn J, Malakauskas M, Migowska-Calik A. Prevalence of *Clostridium botulinum* type A, B, E and F isolated from directly sold honey in Lithuania. // *J Agr Sci Tech*. 19. 2017. C.335–343.
49. Wojtacka J, Wysok B, Lipiński Z, Gomółka-Pawlicka M, Rybak-Chmielewska H, Wiszniewska-Łaszczych A. *Clostridium botulinum* spores found in honey from small apiaries in Poland // *J Apic Sci*; 60. 2016. C. 89–100.
50. Zeiller M, Rothballer M, Iwobi AN, Böhnelt H, Gessler F, Hartmann A, Schmid M. Systemic colonization of clover (*Trifolium repens*) by *Clostridium botulinum* strain 2301. // *Front Microbiol*. Oct 31;6: 2015. C. 1207. doi: 10.3389/fmicb.2015.01207.

# ПОИСК НОВЫХ ЛОКУСОВ И ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ

## SEARCH FOR NEW LOCI AND CANDIDATE GENES AFFECTING REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF PIGS

**E. Romanets**  
**L. Getmantseva**  
**A. Radyuk**  
**T. Romanets**  
**A. Mishina**  
**A. Korobeinikova**  
**Sh. Kabieva**  
**A. Alekseyev**  
**S. Bakoev**

*Summary.* The identification of candidate genes, genetic variants and molecular pathways that affect the reproductive performance of pigs remains a challenge. The aim of this work was to search for new loci and candidate genes associated with the number of piglets at birth in Large White pigs. The study was conducted on Large White pigs using the Fst method to assess genetic differentiation between high and low productivity groups. As a result, 18 SNPs were identified, 10 of which were localized in genes involved in various physiological processes in the body, including those directly or indirectly related to sow fertility.

*Keywords:* pigs, number of piglets at birth, SNP, Fst, genomic regions, gene.

**Романец Елена Андреевна**

аспирант, ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (п. Персиановский)  
lena9258@mail.ru

**Гетманцева Любовь Владимировна**

доктор биологических наук, ведущий аналитик,  
ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (г. Москва)  
ilonaluba@mail.ru

**Радюк Анастасия Владимировна**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (п. Персиановский)  
cool.kapito2012@yandex.ru

**Романец Тимофей Сергеевич**

кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (п. Персиановский)  
timofey\_8877@mail.ru

**Мишина Арина Игоревна**

кандидат биологических наук, аналитик,  
ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (г. Москва)  
amishina@cspfmba.ru

**Коробейникова Анна Васильевна**

аналитик, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (г. Москва)  
aaaniich@yu.ru

**Кабиева Шаунат Шамильевна**

кандидат биологических наук, аналитик,  
ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (г. Москва)  
dhuannna@mail.ru

**Алексеев Александр Анатольевич**

ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (п. Персиановский)  
sachaalekseev88@gmail.com

**Бакоев Сирождин Юсуфович**

кандидат биологических наук, ведущий аналитик,  
ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (г. Москва)  
siroj1@yandex.ru

*Аннотация.* Идентификация генов-кандидатов, генетических вариантов и молекулярных путей, влияющих на репродуктивную эффективность свиней, остается сложной задачей. Целью работы являлся поиск новых локусов и генов-кандидатов, связанных с количеством поросят при рождении у свиней крупной белой породы. Исследование проводили на свиньях крупной белой породы, используя метод Fst для оценки генетической дифференциации между группами с высокой и низкой продуктивностью. В результате установили 18 SNP, из которых 10 локализованы в генах, задействованных в различных физиологических процессах организма, в том числе прямо или косвенно связанные с плодовитостью свиноматок.

*Ключевые слова:* свиньи, количество поросят при рождении, SNP, Fst, геномные области, ген.

## Введение

Репродуктивные качества сельскохозяйственных животных один из основных показателей, влияющих на экономический успех производства [1]. Эффективность свиноводства во многом зависит от количества поросят при рождении. До настоящего времени селекция, основанная на программах разведения с использованием наилучшего линейного объективного прогнозирования (BLUP), успешно улучшала продуктивные признаки. Тем не менее, генетическое улучшение репродуктивных признаков является сложной задачей ввиду низкой наследуемости и ограниченности полом, также сложность состоит в том, что фенотипирование возможно только на половозрелых животных, имеющих потомство. Эти условия представляют собой проблему для селекционных программ.

Одним из подходов решения данной проблемы являются геномные технологии, такие как полногеномное генотипирование, позволяющие проводить отбор животных с определенными генетическими вариантами, связанными с селекционными признаками, в том числе воспроизводством [2, 3].

На сегодняшний день, согласно данным базы PigQTLdb на 25 апреля 2023 г., идентифицировано 48844 QTL (локусов количественных признаков) для 673 базовых признаков свиней [4]. Большинство зарегистрированных QTL/ассоциаций (30480) связаны с характеристиками мяса и туши. Для репродуктивных признаков идентифицировано только 3899 QTL.

Можно отметить, что по результатам молекулярно-генетических исследований определены гены-кандидаты для основных признаков воспроизводства свиней [5–9]. Было установлено, что такие гены, как ретинолсвязывающий белок 4 (*RBP4*), рецепторы эстрогена 1 и 2 (*ESR1*, *ESR2*), рецептор пролактина (*PRLR*), фактор, ингибирующий лейкемию (*LIF*), связаны с количеством поросят при рождении [10–12]. Однако эти гены объясняют лишь относительно небольшую часть генетической изменчивости данного признака. Кроме того, ассоциации, установленные в одной группе животных (в одном хозяйстве), могут не воспроизводиться на другой группе животных (в другом хозяйстве), что связано с особенностями генетической структуры каждой конкретной популяции и наблюдающимся неравновесием по сцеплению (неслучайной корреляцией аллелей в различных локусах).

Наши исследования направлены на поиск новых уникальных локусов и генетических вариантов, которые могут быть связаны с количеством поросят при рождении.

## Методика исследований

Исследования проводили на свиньях породы крупная белая разводимых в ЗАО «Племзавод-Юбилейный». Учитывали количество поросят при рождении по трём опоросам. Обработку данных выполняли в программе R studio, при фильтрации данных были удалены выбросы больше 3-х сигм. Для оценки нормального распределения данных использовали функцию QQ-plot. После фильтрации получили выборку из 239 животных. По признаку «количество поросят при рождении» свиноматок разделили на три группы — низкое, среднее и высокое количество поросят при рождении (по квантилям 0–0,1; 0,1–0,9; 0,9–1). На основе этого сформировали 2 группы, первую (n=26) — с низкими количеством поросят (7,3–11,0 гол.), вторую (n=28) — с высокими количеством (15,7–18,5 гол.).

Генотипирование проводили с использованием GeneSeek® GGP Porcine HD Genomic Profiler v1 (Illumina Inc, США). Фильтрацию геномных данных провели в соответствии со следующими параметрами --geno 0.1, --mind 0.1, --maf 0.05, --hwe 1e-7, --indep-pairwise 50 5 0.8. Для идентификации геномных областей, связанных с количеством поросят при рождении, использовали статистику Fst, путем сравнения генетических вариантов у свиней I и II групп. Значимыми вариантами считали те, у которых значения Fst превышали уровень квантиля 0,999. Далее генетические варианты идентифицировали и перевели в геномные позиции *Sus scrofa* 11.1 по базе Ensembl genome browser 109 (<https://www.ensembl.org/index.html>). Для оценки значимости эффектов генотипов генов *ALG1* и *AGBL1* на количество поросят при рождении использовали критерий Стьюдента.

## Результаты исследований

Проанализировав геномы свиней обеих групп, установили SNPs которые отличались между ними. На рисунке 1 представлен манхэттенский график для Fst между исследуемыми группами по признаку количества поросят при рождении.

Ось X представляет собой геном свиней, разделенный на хромосомы (18 хромосом, без X-хромосомы), каждая точка на графике соответствует определенному генетическому варианту. Ось Y отображает значение статистики Fst для каждого генетического варианта. Большие значения Fst указывают на более сильную генетическую дифференциацию между сравниваемыми группами. На графике установлено пороговое значение для определения значимых вариантов превышающее уровень квантиля 0,999 (верхняя линия). Это означает, что значения Fst, которые превышают это пороговое значение, мы считали значимыми для определения геномных областей, связанных с количеством поросят при рождении.

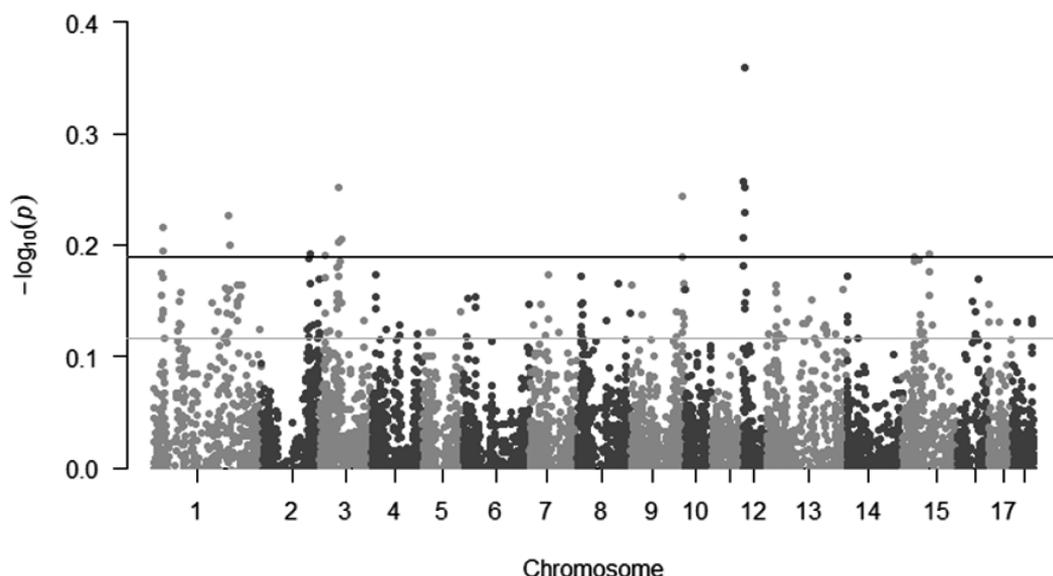


Рис. 1. Манхэттенский сюжет для Fst между двумя группами свиноматок

В результате было установлено 18 SNPs связанных с количеством поросят при рождении. Варианты локализованы в 1–3, 9, 12 и 15 хромосомах. В 1-й и 3-й хромосоме обнаружено по 4 SNP, в 12-й — 5 SNP вариантов (табл. 1).

Установленные SNPs были представлены различными вариантами нуклеотидных замен: 8 SNP — intron

variant, 8 SNP — intergenic variant, 1 SNP — non-coding exon, 1 SNP — 3 prime UTR variant. Интронные варианты (intron variant) относятся к замене нуклеотидов в частях гена, представляющих собой области, которые не кодируют белки, но играют роль в регуляции процесса транскрипции. Межгенные варианты (intergenic variant) относятся к замене нуклеотидов в областях между ге-

Таблица 1.

Идентифицированные SNP у свиней крупной белой породы

№	Хром.	Позиция	FST	SNP	Обозначение	Вариант	Ген
1	1	21980525	0.194171	G/A	rs81350212	intron variant	<i>AIG1</i>
2	1	22794656	0.215941	T/C	rs80942621	intron variant	<i>ADGRG6</i>
3	1	191160923	0.226336	—	—	non-coding exon	<i>ENSSSCG00000046397</i>
4	1	193377210	0.200101	A/C	rs80957165	intron variant	<i>AGBL1</i>
5	2	126841331	0.191298	T/G	rs81296219	3 prime UTR variant	<i>CEP120</i>
6	3	13605035	0.190482	G/A	rs81373234	intron variant	<i>AUTS2</i>
7	3	47357791	0.251499	T/C	rs81475232	intergenic variant	—
8	3	47882562	0.202041	A/G	rs344736435	intergenic variant	—
9	3	54244325	0.204539	A/G	rs80804264	intron variant	<i>AFF3</i>
10	9	131949063	0.244054	A/G	rs81418212	intergenic variant	—
11	9	132612394	0.189495	A/G	rs324075038	intron variant	<i>HHAT</i>
12	12	3245250	0.205957	C/T	rs323856019	intergenic variant	—
13	12	3455925	0.257323	T/C	rs318699665	intergenic variant	—
14	12	3957723	0.25151	G/A	rs81246169	intergenic variant	—
15	12	4006859	0.22968	T/C	rs334727649	intergenic variant	—
16	12	4023403	0.359354	A/G	rs344792319	intergenic variant	—
17	15	32036023	0.189495	G/A	rs81277814	intron variant	<i>TUBGCP5</i>
18	15	67118277	0.192131	C/T	rs81234801	intron variant	<i>ITGB6</i>

нами, чаще не содержащих генетической информации и не связанных с процессом экспрессии генов. Варианты некодирующего экзона (non-coding exon) относятся к замене нуклеотидов в экзонах, которые не кодируют функциональные участки белков, но часто содержат последовательности, влияющие на регуляцию экспрессии гена. Варианты замены нуклеотидов в 3' UTR (3 prime UTR variant), обычно являются некодирующими вариантами или вариантами, влияющими на некодирующие гены, прогнозирование которых затруднено или при отсутствии доказательств воздействия. 3' UTR включает в себя последовательности, которые могут влиять на стабильность мРНК, транспорт и трансляцию. Таким образом, обнаруженные варианты нуклеотидных замен встречаются в различных областях генома и имеют различные функциональные значения.

Для двух SNP (rs81350212 и rs80957165) локализованных в генах *AIG1* и *AGBL1*, оценены эффекты генотипов на изменчивость признака количества поросят при рождении (рис. 2, 3).

По гену *AIG1* наибольшее количество поросят при рождении (13,3 гол.) установлено у свиноматок с генотипом *AIG1\_GG*, по данному показателю они достоверно ( $p=0,0024$ ) превосходили свиноматок с генотипами *AIG1\_AA* на 1,37 гол. или 11,5 %.

По гену *AGBL1* наибольшее количество поросят при рождении (13,48 гол.) установлено у свиноматок с генотипом *AIG1\_AC*, по данному показателю они достоверно ( $p=0,0019$ ) превосходили свиноматок с генотипами *AIG1\_CC* — на 0,97 гол. или 7,8 %. Различия между генотипами *AIG1\_AC* и *AIG1\_AA*, были статистически недостоверны ( $p=0,4$ ) и находились в пределах 0,23 гол. или 1,7 %, в то время как разница между генотипом *AIG1\_AA* и *AIG1\_CC* была достоверной ( $p=0,044$ ) и составила 0,74 гол. или 5,9 %. Таким образом можно предположить связь аллеля *AIG1\_A* с большим количеством поросят при рождении.

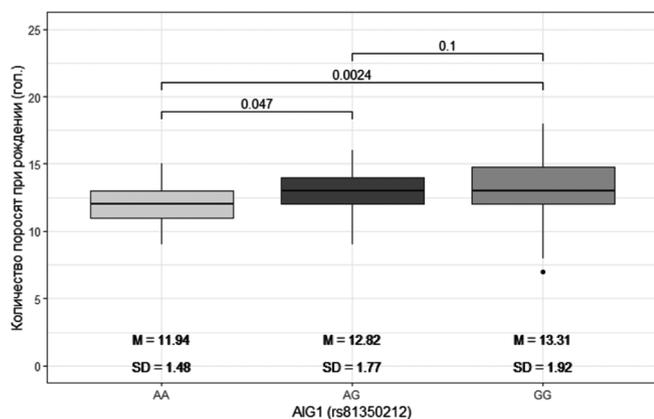


Рис. 2. Количество поросят при рождении при различных генотипах гена *AIG1*

Интересно, что некоторые идентифицированные в этом исследовании гены, обладают известными в литературе биологическими функциями, связанными с репродукцией. Описана связь гена *AIG1* с регуляцией роста и развития половых органов [13], а также влияние на гаметогенез у свиней [14, 15]. Ген *AGBL1* связан с признаками фертильности и воспроизводства у голштинского крупного рогатого скота [16], а также с внесезонным ягнением у овец [17]. Häfliger, I.M. с соавторами изучая фертильность молочного скота обнаружили миссенс-вариант в гене *TUBGCP5*, ассоциированный с многоплодием и процентом нормальных отёлов [18]. У человека ген *TUBGCP5* также влияет на фертильность и тесно связан с генезисом и развитием ооцитов [19]. Описана связь гена *CEP120* с бесплодием млекопитающих, в том числе человека [20–22]. Ген *ITGB6* оказывает ингибирующее действие на пролиферацию сателлитных клеток скелетных мышц у свиней, при этом уровни экспрессии гена *ITGB6* повышаются в скелетных мышцах свиней на 33, 65 и 90 дни эмбрионального развития [23].

Другие обнаруженные гены связаны с такими биологическими процессами как развитие нервной системы, регуляция клеточного цикла, дифференцировка и выживаемость клеток (ген *AFF3*) [24], развитие мозга (ген *AUTS2*) [25], развитие костной, мышечной и других тканей организма (*ADGRG6*) [26].

## Выводы

Таким образом, по результатам исследования определены 18 SNPs, связанных с количеством поросят при рождении, 10 из которых локализованы в генах *AIG1*, *AGBL1*, *ADGRG6*, *CEP120*, *AUTS2*, *AFF3*, *HNAT*, *TUBGCP5*, *ITGB6*, *ENSSSCG00000046397*. Дополнительно протестированы эффекты генов *AIG1* и *AGBL1* на плодовитость свиноматок. Все это свидетельствует о том, что эти гены могут выступать в качестве генов-кандидатов репродуктивных признаков свиней и тестироваться в селекционных программах, направленных на повышение репродуктивной эффективности свиней.

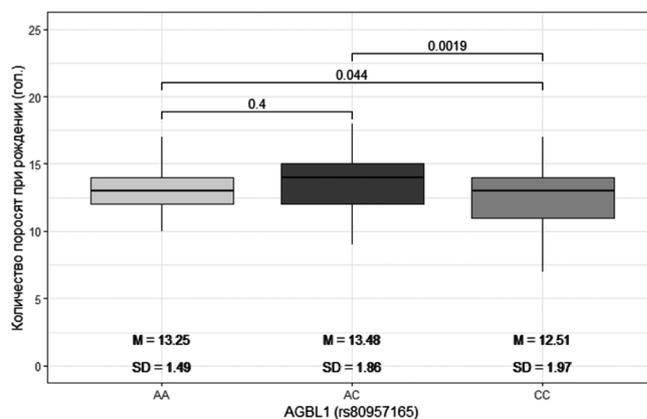


Рис. 3. Количество поросят при рождении при различных генотипах гена *AGBL1*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Vaishnav S., Chauhan A., Ajay A., Saini B. L., Kumar S., Kumar A., Bhushan B., Gaur G.K. Allelic to genome wide perspectives of swine genetic variation to litter size and its component traits // *Molecular Biology Reports*. 2023. V. 50. N 4. P. 3705–3721. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-08168-5>
2. Bergfelder-Drüing S., Grosse-Brinkhaus C., Lind B., Erbe M., Schellander K., Simianer H., Tholen E. A genome-wide association study in large white and landrace pig populations for number piglets born alive // *PloS one*. 2015. V. 10. N 3. P. e0117468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117468>
3. Andersson, L., Haley, C. S., Ellegren, H., Knott, S. A., Johansson, M., Andersson, K., Andersson-Eklund L., Edfors-Lilja I., Fredholm M., Hansson I., Håkansson J., Lundström, K. Genetic-Mapping of Quantitative Trait Loci for Growth and Fatness in Pigs // *Science* 263. 1994. P. 1771–1774. DOI: 10.1126/science.8134840
4. <https://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTldb/SS/summary?summ=clas&statu=>
5. Schild S.L.A., Baxter E.M., Pedersen L.J. A review of neonatal mortality in outdoor organic production and possibilities to increase piglet survival // *Applied Animal Behaviour Science*. 2020. Vol. 231. P. 105088. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105088>
6. Sell-Kubiak E. Selection for litter size and litter birthweight in Large White pigs: Maximum, mean and variability of reproduction traits // *Animal*. 2021. Vol. 15. N 10. P. 100352. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100352>
7. Sell-Kubiak E., Knol E.F., Mulder H.A. Selecting for changes in average “parity curve” pattern of litter size in Large White pigs // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2019. Vol. 136. N 2. P. 134–148. <https://doi.org/10.1111/jbg.12372>
8. Knol, E.F.; Nielsen, B.; Knap, P.W. Genomic selection in commercial pig breeding // *Animal Frontiers*. 2016. Vol. 6. N 1. P. 15–22.
9. Zak L.J., Gaustad A.H., Bolarin A., Broekhuijse M.L., Walling G.A., Knol E.F. Genetic control of complex traits, with a focus on reproduction in pigs // *Molecular Reproduction and Development*. 2017. Vol. 84. N 9. P. 1004–1011. <https://doi.org/10.1002/mrd.22875>
10. Vaishnav S., Chauhan A., Ajay A., Saini B. L., Kumar S., Kumar A., Bhushan D., Gaur G. K. Allelic to genome wide perspectives of swine genetic variation to litter size and its component traits // *Molecular Biology Reports*. 2023. Vol. 50. N 4. P. 3705–3721. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-08168-5>
11. Mencik S., Vukovic V., Spehar M., Modric M., Ostovic M., Kabalin A. E. Association between ESR1 and RBP4 genes and litter size traits in a hyperprolific line of Landrace × Large White cross sows // *Veterinárni medicína*. 2019. Vol. 64. N 3. P. 109–117. <https://doi.org/10.17221/87/2018-VETMED>
12. Munoz M., Fernandez A.I., Ovilo C., Munoz G., Rodriguez C., Fernandez A., Alves E., Silio L. Non-additive effects of RBP4, ESR1 and IGF2 polymorphisms on litter size at different parities in a Chinese-European porcine line // *Genetics Selection Evolution*. 2010. Vol. 42. N 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-42-23>
13. da Silva Romero, Renata A., Siqueira F., Santiago G.G., de Almeida Regitano L.C., de Souza Júnior M.D., de Almeida Torres Júnior R.A., Nascimento A.V., Grisolia A.B. Prospecting genes associated with navel length, coat and scrotal circumference traits in Canchim cattle // *Livestock Science*. 2018. Vol. 210. P. 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.02.004>
14. Pan X., Gong W., He Y., Li N., Zhang H., Zhang Z., Li J., Yuan X. Ovary-derived circular RNAs profile analysis during the onset of puberty in gilts // *BMC genomics*. 2021. Vol. 22. P. 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07786-w>
15. Seo J., Kim J., Kim M. Cloning of androgen-inducible gene 1 (AIG1) from human dermal papilla cells // *Molecules & Cells (Springer Science & Business Media BV)*. 2001. Vol. 11. N 1.
16. Chen S.Y., Schenkel F.S., Melo A.L., Oliveira H.R., Pedrosa V.B., Araujo A.C., Melka M.G., Brito L. F. Identifying pleiotropic variants and candidate genes for fertility and reproduction traits in Holstein cattle via association studies based on imputed whole-genome sequence genotypes // *BMC genomics*. 2022. Vol. 23. N 1. P. 1–22. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08555-z>
17. Posbergh C.J., Thonney M.L., Huson H.J. Genomic approaches identify novel gene associations with out of season lambing in sheep // *Journal of Heredity*. 2019. Vol. 110. N 5. P. 577–586. <https://doi.org/10.1093/jhered/esz014>
18. Häfliger I.M., Seefried F.R., Spengeler M., Drögemüller C. Mining massive genomic data of two Swiss Braunvieh cattle populations reveals six novel candidate variants that impair reproductive success // *Genetics Selection Evolution*. 2021. Vol. 53. P. 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00686-3>
19. Liu Y., Chen J., Chian R.C. Beyond Survival Effects of Vitrification-Warming on Epigenetic Modification and Maternal Transcripts of Oocytes // *Embryology Update*. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.107073
20. Namgoong S., Kim N.H. Meiotic spindle formation in mammalian oocytes: implications for human infertility // *Biology of Reproduction*. 2018. Vol. 98. N 2. P. 153–161. <https://doi.org/10.1093/biolre/iox145>
21. Blengini C.S., Schindler K. Acentriolar spindle assembly in mammalian female meiosis and the consequences of its perturbations on human reproduction // *Biology of Reproduction*. 2022. Vol. 106. N 2. P. 253–263. <https://doi.org/10.1093/biolre/iox210>
22. So C., Seres K.B., Steyer A.M., Mönnich E., Clift D., Pejkovska A., Schuh M.A. liquid-like spindle domain promotes acentrosomal spindle assembly in mammalian oocytes // *Science*. 2019. Vol. 364. N 6447. P. eaat9557. DOI: 10.1126/science.aat9557
23. Qiao J., Wang S., Zhou J., Tan B., Li Z., Zheng E., Cai G., Wu Z., Hong L., Gu T. ITGB6 inhibits the proliferation of porcine skeletal muscle satellite cells // *Cell Biology International*. 2022. Vol. 46. N 1. P. 96–105. <https://doi.org/10.1002/cbin.11702>
24. Voisin N. Identification Of New Genetic Causes Of Syndromic Intellectual Disability: дис. — Université de Lausanne, Faculté de biologie et médecine. 2019.
25. Merdignac C., Clément A. E., Montfort J., Murat F., Bobe J. auts2 Features and Expression Are Highly Conserved during Evolution Despite Different Evolutionary Fates Following Whole Genome Duplication // *Cells*. 2022. Vol. 11. N 17. P. 2694. <https://doi.org/10.3390/cells11172694>
26. Lu Z. Y., Chen P. B., Xu Q. Y., Li B., Jiang S. D., Jiang L. S., Zheng X. F. Constitutive and conditional gene knockout mice for the study of intervertebral disc degeneration: Current status, decision considerations, and future possibilities // *JOR spine*. 2023. Vol. 6. N 1. P. e1242. <https://doi.org/10.1002/jsp2.1242>

© Романец Елена Андреевна (lena9258@mail.ru); Гетманцева Любовь Владимировна (lonaluba@mail.ru);

Радюк Анастасия Владимировна (cool.kapito2012@yandex.ru); Романец Тимофей Сергеевич (timofey\_8877@mail.ru);

Мишина Арина Игоревна (amishina@csprfmba.ru); Коробейникова Анна Васильевна (aanaaiich@yu.ru); Кабиева Шаунат Шамильевна (dhuannna@mail.ru);

Алексеев Александр Анатольевич (sachaalekseev88@gmail.com); Бакоев Сирождин Юсуфович (siroj1@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

## TRANSFER FUNCTION FOR FAULT PREDICTION

**Yu. Vorobyov  
H. Dmitrienko**

*Summary.* The article analyzes the features of applying the transfer function to predict the appearance of a malfunction. The concept and essence of the transfer function and options for connecting dynamic elements in a circuit of devices are considered. The features of the frequency characteristics of systems and the composition of the amplitude-phase frequency response are revealed. A mechanism for monitoring and predicting the appearance of faults in digital computing equipment based on the analysis of diagnostic signals is presented.

*Keywords:* transfer function, harmonic action, digital computing, fault, prediction.

**Воробьёв Юрий Михайлович**

Аспирант, Ульяновский государственный  
технический университет (УлГТУ)  
aviastar-spru@mail.ru

**Дмитриенко Герман Вячеславович**

Профессор, доктор технических наук, Ульяновский  
государственный технический университет  
dmitrienko.german@yandex.ru

*Аннотация.* В статье анализируются особенности применения передаточной функции для прогноза появления неисправности. Рассматриваются понятие и сущность передаточной функции и варианты соединений динамических элементов в цепи приборов. Выявляются особенности частотных характеристик систем и состав амплитудно-фазовой частотной характеристики. Приводится механизм мониторинга и прогнозирования появления неисправностей цифровой вычислительной техники, основанный на анализе диагностических сигналов.

*Ключевые слова:* передаточная функция, гармоническое воздействие, цифровая вычислительная техника, неисправность, прогнозирование.

Стремительный рост сложности цифровой вычислительной техники различного назначения обуславливает потребность в обеспечении безопасности и безотказности её работы [1]. Угрозы безопасности можно определить, как непосредственно в условиях эксплуатации, так и путём прогноза по результатам испытаний. Для прогнозирования возможных неисправностей требуется создание систем диагностирования, в которых в качестве математической модели процессов можно рассматривать передаточные функции, связывающие подаваемые на прибор в режиме рабочего функционирования входные воздействия и выходные реакции прибора на эти воздействия [2]. Для построения модели используется измерительная информация, которая получается при работе прибора в штатном или тестовом режиме функционирования. Во втором случае подаваемые входные воздействия отличны от номинальных значений. Диагностика исправности прибора в процессе эксплуатации подразумевает отслеживание изменений его передаточных функций. Приближение функций работоспособности к предельным значениям указывает на наличие дефекта, вследствие которого прибор может перейти в неработоспособное состояние.

Целью работы является изучение особенностей применения передаточной функции для прогноза появления неисправностей цифровой вычислительной техники. Для её достижения были использованы аналитический, синтетический, индуктивный и дедуктивный методы обработки тематических исследований, научных

публикаций и релевантных литературных источников. Научная новизна работы заключается в комплексном рассмотрении возможностей использования передаточной функции для прогноза появления неисправностей цифровой вычислительной техники.

Передаточная функция элемента  $W(p)$  представляет собой отношение изображения по Лапласу выходной величины  $Y(p)$  к изображению входной величины  $X(p)$  при нулевых начальных условиях, то есть при отсутствии запаса энергии в элементе и равных нулю воздействиях на остальных входах элемента [3]:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}.$$

Передаточная функция устанавливает динамическую связь между выходной и входной величинами элемента и полностью характеризует его динамические свойства [4]. При прогнозировании неисправностей цифровой вычислительной техники требуется получить общую передаточную функцию прибора по передаточным функциям отдельных типовых динамических элементов, которые включены в систему. Для этого используются передаточные функции трёх вариантов соединений динамических элементов:

1. Последовательное — соединение, при котором выходной сигнал предыдущего элемента служит входным сигналом последующего:  $Y_{n-1}(p) = X_n(p)$ . При последовательном соединении элементов общая передаточная функция

равна произведению передаточных функций отдельных элементов:  $W(p) = \prod_{i=1}^m W_i(p)$ .

2. Параллельное — соединение, при котором на все элементы поступает один входной сигнал, а выходные сигналы суммируются:  $Y(p) = \sum_{i=1}^m Y_n(p)$

При параллельном соединении элементов общая передаточная функция равна сумме передаточных функций отдельных элементов:

$$W(p) = \sum_{i=1}^m W_i(p).$$

3. Встречно-параллельное — соединение, при котором на вход элемента одновременно со входным сигналом подаётся выходной сигнал того же элемента, прошедший через элемент обратной связи с передаточной функцией  $W_{oc}(p)$ :

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 \pm W_1(p)W_{oc}(p)}.$$

Широкое использование передаточных функций, в том числе для решения задач прогнозирования, обусловлено их связью с частотными характеристиками систем [5]. Частотные характеристики элементов характеризуют реакцию элемента на гармоническое входное воздействие в установившемся режиме, то есть на вынужденные синусоидальные колебания.

Если на вход линейного звена подать гармоническое воздействие

$$x(t) = X_0 \sin(\omega t),$$

где  $X_0$  — амплитуда;  $\omega$  — угловая частота, то, учитывая необходимые и достаточные условия линейности, на выходе элемента в установившемся режиме получится гармоническая функция равной частоты, но, в общем случае, другой амплитуды  $Y_0$ , сдвинутая по фазе относительно входной величины на угол  $\Psi$ :

$$y(t) = Y_0 \sin(\omega t + \Psi).$$

Связь между входной и выходной гармониками устанавливается посредством частотной передаточной функции звена  $W(j\omega)$  [6]. Она представляет собой комплексное число, которое можно представить в виде амплитудно-фазовой частотной характеристики:

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = U(\omega) + jV(\omega),$$

где  $A(\omega) = |W(j\omega)|$  — амплитудно-частотная характеристика;

$\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$  — фазовая частотная характеристика;

$U(\omega) = \operatorname{Re}W(j\omega)$  — вещественная частотная характеристика;

$V(\omega) = \operatorname{Im}W(j\omega)$  — мнимая частотная характеристика.

Амплитудно-частотная характеристика показывает, во сколько раз амплитуда синусоидального выходного сигнала превышает амплитуду сигнала на входе системы в зависимости от частоты [7]. Фазовая частотная характеристика отражает изменение фазы выходного синусоидального сигнала в зависимости от частоты синусоидального сигнала на входе. Данные характеристики описывают установившиеся вынужденные колебания на выходе системы, которые вызвали гармоническое воздействие на входе.

Графически амплитудно-частотная и фазовая частотная характеристики могут быть построены в полулогарифмическом масштабе [8]. Такое представление полезно для решения задач устранения неисправностей приборов и определения запасов устойчивости по амплитуде и фазе.

Амплитудно-частотная характеристика, построенная в десятичном логарифмическом масштабе частот, называется логарифмической амплитудной частотной характеристикой:

$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg A(\omega).$$

Единицей измерения  $L(\omega)$  является децибел. Для перевода числа  $B$  в децибелы используется формула

$$L(\omega) = 20 \lg B.$$

Также при построении в полулогарифмическом масштабе используется декада — безразмерная величина, соответствует изменению частоты в 10 раз. При построении логарифмической амплитудной частотной характеристики частоту откладывают в децибелах по оси ординат и в логарифмическом масштабе по оси абсцисс.

Фазовая частотная характеристика, построенная в логарифмическом десятичном масштабе частот, называется логарифмической фазовой частотной характеристикой. При её построении частоту откладывают в декадах по оси абсцисс и в радианах по оси ординат.

Поскольку частотная передаточная функция определяет реакцию элемента на гармонические колебания всех возможных частот, с учётом принципа суперпозиции она позволяет найти реакцию линейного элемента и всей динамической системы прибора на произвольное воздействие [9].

Для мониторинга и прогнозирования появления неисправностей цифровой вычислительной техники могут

использоваться различные диагностические сигналы — сигналы температуры, давления, жидкости, тока питания, относительной и абсолютной вибрации и другие [10]. Для диагностики применяются известные свойства сигналов, такие как сильные гармонические составляющие амплитудно-частотного спектра вибраций с известными частотами. Повысить точность диагностики можно посредством учёта шумовых компонентов и компонентов, частоты которых не определяются тривиальным образом. Это позволяет сформировать расширенный вектор диагностических признаков, который будет чувствителен к дефектам, проявляющимся в шумовых и периодических составляющих спектра вибрации.

При мониторинге сигнал, поступающий от диагностируемого прибора, разделяется на блоки, соответствующие сигналам отдельных механизмов. Это даёт возможность выделить информативные компоненты, соответствующие отдельным механизмам прибора, из периодической и шумовой компонент сигнала. Для обработки информации о состоянии прибора, которую несёт анализируемый сигнал, необходимо построить его математическую модель, в рамках которой сигналы понимаются как функции, принадлежащие определённому классу. Следовательно, исследование особенностей изменения функций позволит декодировать информацию, передаваемую сигналами, выявить вероятные дефекты прибора и события, которые послужили их причиной. В свою очередь, детекция причин и предпосылок неисправностей позволит прогнозировать их появление и своевременно принимать превентивные меры.

Диагностические сигналы  $s(t)$  состоят из полезной составляющей и помех [11]:

$$s(t) = k(t)s_1(t) + m(t),$$

где  $s_1(t)$  — полезная часть сигнала;  $k(t)$  и  $m(t)$  — помехи.

Помехи представляют собой часть принимаемого сигнала, препятствующую точной расшифровке содержащейся в сигнале информации. Наличие помех обуславливает погрешности диагностического решения. Помехи  $k(t)$  являются мультипликативными,  $m(t)$  — аддитивными. Первые появляются только совместно с сигналом, тогда как вторые присутствуют на выходе канала даже при отсутствии сигнала.

Для исследования сигнала используется спектральный анализ, основанный на преобразовании Фурье. Если  $s(t)$  — периодическая функция с периодом  $T$ , при этом  $s(t) = s(t + T)$  имеет конечные пределы или является непрерывной на этом интервале и имеет на нём конечное число максимумов и минимумов, то её можно представить как бесконечную сумму тригонометрических функций

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t),$$

где

$$\omega_k = \omega_1 k; k = 1, 2, 3, \dots; \omega_1 = \frac{2\pi}{T}; T — \text{период сигнала};$$

$$s_0 = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) dt;$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos(\omega_k t) dt;$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \sin(\omega_k t) dt.$$

Любую гармонику ряда Фурье можно представить в виде амплитуды  $c_k$  и начальной фазы  $\varphi_k$ . Для этого коэффициенты ряда представляются в виде

$$a_k = c_k \cos \varphi_k,$$

$$b_k = c_k \sin \varphi_k,$$

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2},$$

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{b_k}{a_k},$$

$$\varphi_k = \arctg\left(\frac{b_k}{a_k}\right).$$

Тогда

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(\omega_k t - \varphi_k),$$

где  $\varphi_k$  — начальная фаза  $k$ -й гармоники сигнала;  $c_k$  — амплитуда  $k$ -й гармоники сигнала.

Совокупность чисел  $c_k$  называется амплитудным спектром сигнала, чисел  $\varphi_k$  — спектром его фаз. Для выделения комплексного спектра  $C_k$  сигнал можно представить в экспоненциальном виде, используя формулу Эйлера [12]:

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \left( a_k \frac{e^{i\omega_k t} + e^{-i\omega_k t}}{2} + b_k \frac{e^{i\omega_k t} - e^{-i\omega_k t}}{2i} \right)$$

или

$$s(t) = s_0 + \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{i\omega_k t},$$

$$\text{где } C_k = \frac{a_k - ib_k}{2} = \frac{c_k e^{-i\varphi_k}}{2}, \quad C_{-k} = \frac{a_k + ib_k}{2} = \frac{c_k e^{i\varphi_k}}{2},$$

$$c_k = 2|C_k|, C_0 = c_0.$$

$C_k$  можно выразить с помощью интеграла:

$$C_k = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) e^{-i\omega_k t} dt.$$

Комплексный спектр представляет собой важнейшую характеристику сигнала, поскольку отражает все его свойства и позволяет восстановить сигнал. Подвергнув комплексный спектр преобразования с помощью изображения по Лапласа при нулевых начальных условиях системы, можно получить передаточную функцию сигнала вне зависимости от его вида [13]. Поскольку для линейных блоков отношение  $\frac{Y(p)}{X(p)}$  не зависит от вида

входного сигнала, при нахождении передаточной функции можно использовать любой входной сигнал, который не тождественно равен нулю.

Передаточную функцию удобно использовать для определения реакции выходного сигнала прибора на любой конкретный входной сигнал, используя его амплитуду и фазу. Для этого необходимо найти изображение  $X(p)$  входного сигнала по таблице преобразований Лапласа и умножить его на передаточную функцию  $W(p)$ , получая изображение выходного сигнала  $Y(p)$ . Далее при помощи таблицы выполняется переход от найденного изображения к оригинальному выходному сигналу. В то же время аналитическое определение изображения  $Y(p)$  и его оригинала сопряжено со сложностями того же порядка, что и аналитическое решение дифференциаль-

ных уравнений. Поэтому для решения уравнения  $Y(p) = W(p)X(p)$  высокого порядка основным методом является метод моделирования.

Для структурного моделирования линейных систем, заданных передаточными функциями, могут использоваться различные методы:

- метод непосредственного интегрирования;
- метод комбинирования производных;
- моделирование цепочки апериодических звеньев;
- моделирование блок-схем.

Эти модели используются в системах построения прогнозов появления неисправностей цифровой вычислительной техники.

Таким образом, на основе амплитудно-частотных характеристик передаточных функций координат цифровой вычислительной техники по отношению к изменению её параметров возможно определять появляющиеся в ней дефекты. Поскольку при появлении дефекта изменяется передаточная функция узла техники вследствие смещения собственных частот в результате изменения таких параметров, как жёсткость какого-либо сопряжения, фазовый сдвиг между входом и выходом или амплитуда при изменении демпфирования, любой из этих параметров можно применять в качестве диагностического признака.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Северцев Н.А., Савин Ю.А. Принципы оценки основных показателей безопасности текущего состояния системы // Труды международного симпозиума «Надёжность и качество». — 2020. — Т. 1. — С. 288–292.
2. Панкин А.М. Основные вопросы методологии диагностирования сложных технических объектов // Надёжность и качество сложных систем. — 2021. — № 2. — С. 62–69. — DOI:10.21685/2307-4205-2021-2-6
3. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования: учебник и практикум для вузов / А.С. Востриков, Г.А. Французова. — М.: Изд-во Юрайт, 2023. — 279 с.
4. Теория автоматического управления: курс лекций. — Ставрополь: СКФУ, 2017. — 365 с.
5. Теория автоматического управления: курс лекций / сост. Н.Г. Рассказчиков. — Владимир: ВГУ, 2012. — 266 с.
6. Андриевский Б.Р. Теоретические основы автоматизированного управления: конспект лекций. — СПб.: БГУ, 2008. — 230 с.
7. Васильев В.Г. Численные методы моделирования систем автоматического управления в программной среде LabVIEW: учеб. пособие / В.Г. Васильев. — Тверь: ТГТУ, 2019. — 164 с.
8. Синтез автоматических приборных устройств: курс лекций для магистров по программе «Системы ориентации, стабилизации и навигации». — Томск: ТПУ, 2020. — 37 с.
9. Эгамбердиев И.П. Методы оценки технического состояния буровых станков: монография — Наваи: изд-во им. Алишер Навои, 2019. — 186 с.
10. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2020. — 360 с.
11. Копылова К.Д., Граничин О.Н. Минимизация погрешности радиоастрономического телескопа с помощью рандомизированного алгоритма стохастической оптимизации // Материалы XXXII конференции памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н.Н. Острякова. — СПб., 2020. — С. 216–218.
12. Халилов В.Р. Теоретическая механика: динамика классических систем: учеб. пособие для вузов / В.Р. Халилов, Г.А. Чижов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во Юрайт, 2023. — 344 с.
13. Мироновский Л.А. Моделирование линейных систем: учеб. пособие. — СПб.: ГУАП, 2009. — 244 с.

© Воробьёв Юрий Михайлович (aviastar-spru@mail.ru); Дмитриенко Герман Вячеславович (dmitrienko.german@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БИНАРНОГО ВЫБОРА ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ БАНКА

### DEVELOPMENT OF A BINARY CHOICE MODEL FOR ASSESSING THE FINANCIAL CONDITION OF A BANK'S RELIABILITY

**A. Vorobeva  
D. Yashin  
A. Romanov**

*Summary.* Currently, the problem of financial stability of the banking sector and the importance of its effective functioning is of key importance. In times of crisis, it is especially important to have tools to monitor and ensure the adequate functioning of the banking system, since there is a need to make many strategic decisions on a national scale. Due to the significant transformations of the banking system in recent years, the demand for the assessment of banks has increased along with the urgent need to make the most accurate economic decisions. The difficult financial situation of credit institutions, on the one hand, and the need to expand investments in the economy, on the other, to a certain extent exacerbate the problem, turn it into one of the most pressing theoretical and practical issues of the national economy.

*Keywords:* financial condition, binary model, license, banking, modeling, evaluation.

**Воробьева Алла Викторовна**

кандидат технических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
vorobevaav@mgutm.ru

**Яшин Денис Дмитриевич**

Кандидат педагогических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
d.yashin@mgutm.ru

**Романов Александр Алексеевич**

Московский государственный университет  
технологий и управления имени К.Г. Разумовского  
aromanov@mgutm.ru

*Аннотация.* В настоящее время проблема финансовой устойчивости банковского сектора и важность его эффективного функционирования приобретает ключевое значение. В кризисные времена особенно важным является наличие инструментов, позволяющих контролировать и обеспечивать адекватное функционирование банковской системы, так как существует необходимость в принятии большого количества стратегических решений национальных масштабов. Ввиду существенных преобразований банковской системы в последние годы, увеличился спрос на оценку банков вместе с крайней необходимостью принятия максимально точных экономических решений. Трудное финансовое положение кредитных организаций, с одной стороны, и необходимость расширения инвестиций в экономику — с другой, в известной степени обостряют проблему, превращают ее в одну из наиболее актуальных теоретических и практических вопросов национальной экономики.

*Ключевые слова:* финансовое состояние, бинарная модель, лицензия, банковская сфера, моделирование, оценка.

Еще в 2013 году началась проводимая совместными усилиями Центрального Банка Российской Федерации и других профильных ведомств и продолжается сегодня день, политика по трансформации банковского сектора Российской Федерации, отзыву лицензий у финансово-неустойчивых и недобросовестных банков, вовлеченных в теневую финансовую деятельность и создающих угрозу национальной безопасности Российской Федерации. Определение уровня устойчивости и надежности банка требует объективной оценки его финансового состояния, носящий системный характер.

Под финансовым состоянием подразумевается сложное понятие, которое включает в себя определенную систему показателей. Комбинируя разные группы показателей, возможно сформировать многомерное представление о финансовом состоянии и надежности банка на основе официальной отчетности о результатах дея-

тельности в целях выявления проблем на ранних стадиях их формирования [3].

Финансовое состояние банка — это характеристика банка, которая отражает его текущее положение с точки зрения экономических результатов деятельности (прибыльности) и способности противостоять возможным негативным факторам внутренней и внешней среды (надежности). [1]

По данным ЦБ РФ за последнее время проводимой данной политики было отозвано 375 лицензий у кредитных организаций; 98 организаций были ликвидированы. Большая часть отозванных лицензий приходится на период с 2014 по 2016 годы — 276 лицензий или около 74% от общего числа. Если рассматривать основания отзыва лицензий у кредитных организаций, то можно выделить несколько основных причин: в большинстве случаев это

низкие резервы, далее это противодействие легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма (ПОД/ФТ) и активы низкого качества. Также среди причин отзыва лицензии называются снижение относительного размера капитала, недостоверность отчетных данных и т.д. [4]

Таким образом, детальный анализ позволяет сделать вывод, что лицензии были отозваны у тех банков, чья деятельность привела к их финансовой неустойчивости и банкротству в результате ведения высокорискованной кредитной политики. Это было обусловлено значительным объемом задолженности по причине утраты способности генерировать достаточный денежный поток за счет наличия активов низкого качества. [7]

Другой ключевой причиной служит недобросовестный характер деятельности банков, то есть активное вовлечение кредитных организаций в преступные схемы легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, проведение сомнительных операций, связанных с обналичиванием и выводом денежных средств за рубеж. Надзорными органами также были выявлены факты, свидетельствующие о систематическом преступном выводе активов из кредитных организаций. [9] По результатам предварительного анализа статистических данных отзыва лицензий, можно сделать вывод о том, что в результате совместной работы Банка России, Росфинмониторинга и других компетентных органов Российской Федерации из банковского сектора были выведены недобросовестные и финансово-неустойчивые кредитные организации, вовлеченные в обслуживание теневой экономики. [11]

В виду того, что использование статистических методов прогнозирования позволяют нивелировать недостатки и существующие проблемы прочих методик, которые были рассмотрены в Главе 3 настоящей работы, в качестве метода оценки финансового состояния и надежности банка была выбрана модель бинарного выбора, так как на практике многократно была доказана адекватность ее применения для определения вероятности банкротства банков, а также преимущество перед другими методами. [5]

Модель бинарного выбора — модель, применяемая в эконометрике для исследования зависимости бинарной переменной (принимающей всего два значения — 0 и 1) от совокупности факторов. При помощи данной модели рассчитывается вероятность наступления исследуемого события для каждого из рассматриваемых наблюдений как функция объясняющих переменных, а далее принимается решение о наступлении события исходя из сравнения полученной расчетной вероятности с установленным заранее пороговым значением. Существует два основных вида моделей бинарного выбора — логит-

модель и пробит-модель, которые отличаются по видам функций распределения — нормальное и логистическое. В общем виде вероятность наступления события  $p_i$  в логит-модели определяется по формуле (1):

$$p_i = F(Z_i) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (1)$$

где  $Z_i$  — линейная комбинация независимых факторов, которая определяется по формуле (2):

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_m x_{im}, \quad (2)$$

где  $\beta_0 \dots \beta_m$  — коэффициенты регрессии (оценки);

$x_1 \dots x_m$  — объясняющие переменные;

Зависимая (целевая) переменная  $Y_i$  принимает значения либо «1», либо «0» в зависимости от следующего (3):

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } y_i > 0.5 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (3)$$

В данном исследовании в качестве объясняющих признаков будут рассматриваться показатели финансовой деятельности, в качестве целевой переменной будет введена бинарная переменная, значение которой определяется по следующему правилу (4):

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{дефолт (или санация)} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

Дефолт и санация в данном исследовании принимаются равнозначно негативными событиями при оценке финансового состояния и надежности банка. [8]

В целях разработки модели оценки финансового состояния и надежности банка необходимо сформировать массив данных обязательной отчетности для последующего расчета показателей, которые были определены в качестве первоначального признакового пространства.

В результате была сформирована матрица объектных свойств, где для каждого банка были рассчитаны значения коэффициентов. Массив данных в итоге получился достаточно объемным поэтому на предварительном этапе непосредственного построения модели оценки банка необходимо привести используемый массив данных в пригодное для статистического анализа состояние, т.е. произвести очистку полученного массива данных.

Очистка массива данных проводилась в несколько этапов. Одним из факторов качества данных является наличие в нем ошибок. На первом этапе исключались явные ошибки ввода данных или отсутствия данных по какой-либо из переменных, рассчитанных для определенного банка, поэтому было исключено несколько наблюдений.

К другому фактору, определяющего качество данных является наличие в них статистических выбросов (аномалий). Статистические выбросы — это значения, резко отличающиеся от других значений в сформированном массиве данных. Наличие выбросов снижает точность модели. Соответственно в целях повышения качества разрабатываемой модели необходимо убедиться в том, что в совокупности анализируемых объектов отсутствуют выбросы. К одному из способов выявления выбросов относятся методы кластерного анализа.

На втором этапе очистки массива данных была выполнена кластеризация методом Уорда. В результате кластеризации были выявлены и устранены наблюдения, которые оказывают отрицательное влияние на статистический анализ.

Другим фактором, который определяет качество данных совокупности объясняющих переменных, является отсутствие линейной зависимости между объясняющими переменными или другими словами отсутствие мультиколлениарности. Мультиколлениарность приводит к неопределенности модели и неустойчивости, и незначимости оценок. Соответственно в целях повышения качества разрабатываемой модели необходимо проверить присутствует ли в совокупности объясняющих переменных линейная зависимость или нет. На первом этапе строится матрица попарных коэффициентов корреляции. В качестве максимально допустимого уровня корреляции между объясняющими переменными принимаются значения «-0,5» и «0,5». В результате анализа построенной матрицы можно сделать вывод о том, что в совокупности объясняющих переменных присутствует мультиколлениарность. Исходя из построенной матрицы парных коэффициентов корреляции определяется существует ли линейная зависимость между переменными группы оценки качества капитала или нет.

Для того, чтобы устранить мультиколлениарность, можно построить несколько моделей, в которые по отдельности включить переменные, между которыми присутствует линейная зависимость. В результате из итоговой совокупности переменных исключаются переменные, присутствие которых в модели негативно сказывается на ее предсказательной способности и увеличивает количество необъясненной моделью информации.

После того как из исходных данных будут сформированы несколько стратифицированных обучающих выборок на основании каждой из них можно построить логистические модели. Критериями выбора итоговой

модели будут значения показателя максимального правдоподобия, показателями точности предсказаний действующих и закрытых банков.

В итоговую модель вошли из совокупности переменных четыре показателя (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка показателей итоговой модели оценки финансового состояния надежности банка

№	Показатель	Оценка	Стандартная ошибка	P-value ( $<5 \times 10^{-2}$ )
1	B0	4.85	0.87	$83 \times 10^{-9}$
2	K 1.2.	-30.90	8.44	$32 \times 10^{-4}$
3	K 2.5.	42.31	10.98	$15 \times 10^{-4}$
4	H4	-4.44	0.88	$91 \times 10^{-8}$
5	H1.1.	-9.71	2.30	$36 \times 10^{-6}$

Данные показатели являются статистически значимыми, потому:

- значения p-value (вероятность ошибки) много меньше максимально допустимого значения  $0,05 (5 \times 10^{-2})$ ;
- значения стандартных ошибок много меньше коэффициентов регрессии (оценок).

Итоговое уравнение модели имеет следующий вид (5).

$$y_i = 4.85 - 30.90K1.2_i + 42.31K2.5_i - 4.44H4_i - 9.71H1.1_i, \quad (5)$$

где K1.2<sub>i</sub> — чистая процентная маржа;  
 K2.5<sub>i</sub> — доля просроченной задолженности;  
 H4<sub>i</sub> — норматив долгосрочной ликвидности банка;  
 H1.1<sub>i</sub> — норматив достаточности базового капитала.

Проверка адекватности модели оценивалась следующим образом: показателями точности предсказания закрытых банков, точностью предсказания действующих банков, общей точностью модели. Точность предсказания закрытых банков определяется как отношение количества правильно спрогнозированных моделью банков, у которых была отозвана лицензия или они подверглись процедуре санации к общему количеству таких банков в выборке. Точность предсказания закрытых банков составила 86 %.

Таким образом, исходя из выполненного анализа проверки адекватности и точности модели можно сделать вывод о том, что разработанная в рамках настоящей работы модель является адекватной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажаипова И.Ш., Шахарова А.Е., Балгинова К.М. Оценка современного состояния кредитного рынка в Республике Казахстан // Вестник университета Туран. 2020. № 1 (85). С. 130–135.
2. Аюрзанайн А.Б., Маслюк А.А. Оценка финансовой устойчивости банка с помощью методики оценки надежности коммерческих банков // Молодые финансисты XXI века: Сборник материалов научно-практической конференции. Улан-Удэ, 2023. С. 114–118.
3. Горский М.А., Зарипов Р.Р., Решульская Е.М., Рудаков А.Д. Методики оценки и рейтингования коммерческих банков по уровню надежности // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 7-1. С. 84–95.
4. Джолдошова А.Т. Показатели оценки надежности кредитных учреждений коммерческого банка Кыргызской республики // Вестник магистратуры. 2022. № 5-4 (128). С. 76–79.
5. Котова К.Ю., Лаптева А.А. Мировой опыт и перспективы применения методов стратегического учета в деятельности российских банков // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2020. Т. 15. № 3. С. 423–444.
6. Морган А.Ф. Оценка вероятности банкротства российских банков // Экономика. Бизнес. Банки. 2021. № 1 (51). С. 64–77.
7. Новикова В.И. Рейтинговые системы оценки надежности банков как направление устойчивого развития // Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона: Материалы IV Международной научно-практической конференции в 2-х томах. под общей редакцией Е. Г. Кошелевой. Донецк, 2022. С. 286–288.
8. Разумова О.И. Анализ корректности оценок надежности банков на базе официальной отчетности // Дайджест-финансы. 2023. Т. 28. № 3 (267). С. 301–321.
9. Сапожникова М.В. Проблемы и особенности развития современного состояния банковской отрасли в РФ // Научно-аналитический журнал Наука и практика Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2018. Т. 10. № 2 (30). С. 134–144.
10. Тебекин А.В., Патладзе З.А. Разработка критериев оценки уровня надежности функционирования коммерческих банков в условиях макроэкономической нестабильности // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 6. С. 3–35.
11. Торопова И.В., Амеличева Д.В., Чирков М.А., Тиханов Н.Е. Оценка надежности коммерческих банков на основе эконометрических моделей бинарного выбора // Банковское дело. 2023. № 8. С. 27–34.

---

© Воробьева Алла Викторовна (vorobeavaav@mgutm.ru); Яшин Денис Дмитриевич (d.yashin@mgutm.ru);  
Романов Александр Алексеевич (aromanov@mgutm.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И НАСТРОЙКА ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРЕДИТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

## DEVELOPMENT OF METHODOLOGY AND CONFIGURATION OF LINGUISTIC RESOURCES FOR PROCESSING INFORMATION FROM UNSTRUCTURED DATA FOR MONITORING THE ACTIVITIES OF CREDIT INSTITUTIONS

**A. Vorobeva  
E. Odinkova  
A. Romanov**

*Summary.* Analysis and comparison of reports of suspicious transactions from credit institutions allow Federal Financial Monitoring Service to determine how effectively countering money laundering/terrorist financing measures are applied in banks, as well as the participation of banks themselves in so-called «schemes».

Additional sources of information about the activities of credit institutions can be unstructured data from the Internet, presented in the form of a text that may contain a variety of information useful for countering money laundering/terrorist financing. The sources of such data may be the official websites of organizations that host a variety of information about their activities, as well as the websites of their competitors, specialized business, and client forums.

*Keywords:* credit institution, information resource, information technology, information, computational linguistics, unstructured data.

**Воробьева Алла Викторовна**

кандидат технических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
vorobevaav@mgtm.ru

**Одиноква Елена Владимировна**

Кандидат педагогических наук, доцент,  
Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
eodinkova@mgtm.ru

**Романов Александр Алексеевич**

Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
aromanov@mgtm.ru

*Аннотация.* Анализ и сравнение сообщений о сомнительных операциях от кредитных организаций позволяют Росфинмониторингу определить, насколько эффективно применяются меры ПОД/ФТ в банках, а также участие самих банков в так называемых «схемах».

Дополнительными источниками информации о деятельности кредитных организаций могут служить неструктурированные данные из сети «Интернет», представленные в форме текста, который может содержать разнообразную информацию, полезную для целей противодействия отмыванию доходов/финансирования терроризма. Источниками таких данных могут являться официальные сайты организаций, где размещается разнообразная информация об их деятельности, а также сайты их конкурентов, специализированные бизнес — и клиентские форумы.

*Ключевые слова:* кредитная организация, информационный ресурс, информационные технологии, информация, компьютерная лингвистика, неструктурированные данные.

**К**онтроль над профессиональной банковской деятельностью возложен на Центральный Банк Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом № 86-ФЗ «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)», в то время как проблематика ПОД/ФТ в России регулируется Федеральным законом № 115-ФЗ «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма». Для реализации данного закона в РФ создана и функционирует Федеральная служба по финансовому мониторингу (Росфинмониторинг). [3]

Основная задача Федерального закона № 115-ФЗ — создать систему противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем, и финансирования терроризма. [5]

Действие Федерального закона № 115-ФЗ распространяется на кредитные организации, которые осуществляют операции с денежными средствами или иным имуществом.

В частности, обязательному контролю подлежат операции с денежными средствами при участии физических или юридических лиц, включенных в перечень лиц, в отношении которых имеются сведения об их причастности к экстремистской деятельности или терроризму. Росфинмониторинг формирует перечень таких организаций и физических лиц. [7]

Федеральный закон № 115-ФЗ предписывает кредитным организациям, разрабатывать правила внутреннего контроля и осуществлять процедуры по выявлению

сомнительных, необычных сделок, а также операций в пользу лиц и организаций, в отношении которых имеются сведения об их причастности к преступлениям в сфере ОД/ФТ и сообщать о них уполномоченному органу, которым является Росфинмониторинг. В законе приводятся правила идентификации клиента и подлежащие обязательному контролю операции. [9]

Своевременное выявление операций, имеющих признак сомнительных, направленных на отмыwanie преступных доходов и финансирование терроризма, это необходимая процедура, помогающая сохранить репутацию банка, его стабильную и непрерывную работу. [11] Под сомнительными операциями понимают операции, имеющие запутанный и необычный характер, не несущие экономического смысла и исполнения правовых законных целей.

Важнейшими источниками информации для Росфинмониторинга при выполнении возложенных на него обязанностей по ПОД/ФТ являются сообщения об операциях (сделках) с денежными средствами и иным имуществом, а также данные из Единого государственного реестра юридических лиц (ЕГРЮЛ) и Книги государственной регистрации кредитных организаций, ведомственного классификатора Банка России (КГРКО).

Основную часть знаний аналитики получают в результате сравнения, анализа и синтеза информации из разрозненных фактов, размещенных в текстах. [4]

Стоит отметить, что неструктурированные данные могут быть представлены в виде текстовых документов, аудио— или видеофайлов. В данной работе мы рассматриваем обработку неструктурированных данных, представленных в текстовом формате, так как значительная доля информации, доступная в электронном виде, представлена текстами на естественном языке. Заключение в них полезная информация не структурирована, а значит, ее невозможно обработать и проанализировать с помощью наиболее широко распространенных методов, используемых для анализа структурированных данных. Такие методы не позволяют обрабатывать неструктурированные данные с целью выделения из них объектов, связей, атрибутов объектов, фактов и т. д.

Информация, полученная в ходе обработки неструктурированных данных — динамична и зачастую носит в себе субъективный и эмоционально окрашенный характер. Постоянно увеличивающийся объем неструктурированных данных, и их неоднозначность негативно сказываются на скорости и качестве их обработки вручную. Ручная обработка такого объема различной по структуре и формату информации затруднительна и имеет крайне высокую трудоемкость. Большие затраты на техническое обслуживание систем хранения

и обработки данных стимулируют спрос на специализированные программные решения, для задач обработки неструктурированных данных, основанные на информационно — поисковых методах и компьютерной лингвистике. Применение данных методов позволяет обрабатывать, хранить, фильтровать, сортировать, осуществлять поиск по большим массивам информации, выделять различные классы сущностей, упомянутых в тексте и их связь.

В настоящее время в сфере финансового мониторинга стоит задача повышения качества учета и использования информации из открытых источников в ее деятельности. В распоряжении аналитических подразделений имеется инструментарий, который позволяет обрабатывать поступающий поток новостей в зависимости от тематики. В свете задачи повышения эффективности обработки неструктурированных данных в целях мониторинга деятельности кредитных организаций имеет смысл дополнить систему обработки таких данных, структурируя потоки документов не по тематике, а по встречающимся в них объектам. Для этого требуется описать объекты и внести их в НСИ (нормативно — справочная информация) системы, а также необходимо описать методику решения данной задачи.

Шаг 1. Путем интервьюирования сотрудников службы, анализа предметной области, относящихся к ней нормативно-правовых актов и выявляемых системой КФП «Новости» упоминаний кредитных организаций формируется структура досье, содержащего всю необходимую информацию о кредитной организации, ее профессиональной деятельности и связанных с ней юридических и физических лицах.

Шаг 2. В процессе анализа упоминаний кредитных организаций в СМИ создается описание фактов для их выявления из текстовых массивов, характерных для данной предметной области и соответствующих структуре досье.

Шаг 3. Производится подбор кредитных организаций, с разными характеристиками, они составят обучающее множество, на котором будет производиться настройка лингвистического инструментария.

Шаг 4. Создается описание кредитных организаций в формате XML и связанных с ними физических и юридических лиц. Для каждого объекта описываются его атрибуты и синонимы.

Шаг 5. Описания объектов загружаются в модуль КФП «Новости». «Мониторинг (Настройка объектов)» и производится отладка.

Шаг 6. Формируются группы объектов в КФП «Новости». «Мониторинг. Объекты и группы».

Шаг 7. Настройка создания отчетов для выбранных групп объектов. Система с заданной периодичностью автоматических обновляет и рассылает отчеты обо всех упоминаемых объектах. Данный отчет позволяет оперативно отслеживать значимые события, связанные с объектами, оценивать информационный фон вокруг кредитных организаций и связанных с ними физических и юридических лиц.

Таким образом, в методике описывается подход к работе с неструктурированными данными, результат обработки которых является наиболее важным фактором, влияющим на производительность труда. Использование информационно-поисковых систем и методов ком-

пьютерной лингвистики дает возможность в короткие сроки получить срез по событиям, связанным с интересующими объектами из СМИ и повысить качество дальнейшего анализа данной информации.

Внедрение разработанной методики позволит повысить качество и скорость обработки информации, полученной из открытых источников. Совершенствование технологий обработки неструктурированных данных может быть полезно в практической деятельности Росфинмониторинга в части оперативного реагирования на резонансные (значимые, сигнальные и т. д.) события в информационном фоне кредитных организаций и связанных с ними физических и юридических лиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анистратенко О.В. Подходы к оценке несостоятельности кредитных организаций // Финансовый бизнес. 2023. № 4 (238). С. 188–193
2. Богданов В.В., Гринева Н.В. Разработка методики оценки надзорным органом достаточности величины ожидаемых кредитных убытков, рассчитанных коммерческими банками // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18. № 3. С. 57–66.
3. Гордиенко М.С., Попков В.А. Разработка системы индикаторов финансовых рисков на основе логистической регрессии и методики Corporatometrics // Финансы и управление. 2022. № 1. С. 9–30.
4. Демильханова Б.А. Операции банка России с ценными бумагами и оценка факторного влияния на их доходность // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2022. № 1 (45). С. 72–79.
5. Крутов Р.А. Возможности и ограничения применения нефинансовых показателей как исходных данных модели кредитного скоринга юридических лиц // Финансовые рынки и банки. 2022. № 12. С. 141–144.
6. Магомаева Л.Р., Ойбаев Р.С.С., Разина О.М. Разработка адаптивной модели оценки уровня риска для розничных банков // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022660371, 02.06.2022. Заявка № 2022619675 от 23.05.2022
7. Мешкова Е.И., Данилова Е.Н. Скоринговые модели как интеллектуальная собственность банка // Финансовые рынки и банки. 2022. № 4. С. 57–60
8. Назаров Д.М. Использование карт Кохонена для определения банков с высоким риском банкротства // Экономические исследования и разработки. 2022. № 11-1. С. 37–41
9. Павленко Е.Ю. Моделирование антиципационных методов противодействия киберугрозам для крупномасштабных систем с адаптивной сетевой топологией // НИР: грант № 22-21-20008. Российский научный фонд. 2022
10. Серов Е.Р., Васильев С.А. Применение квантовых технологий в банковском бизнесе // Экономика и управление. 2023. Т. 29. № 3. С. 248–255.
11. Татьяна Ю.С. Использование финансовой информации для оценки экономической безопасности коммерческих банков // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2022. № 1 (65). С. 84–88.
12. Торопова И.В., Амеличева Д.В., Чирков М.А., Тиханов Н.Е. Оценка надежности коммерческих банков на основе эконометрических моделей бинарного выбора // Банковское дело. 2023. № 8. С. 27–3

© Воробьева Алла Викторовна (vorobeavaav@mgutm.ru); Одинокова Елена Владимировна (eodinokova@mgutm.ru);

Романов Александр Алексеевич (aromanov@mgutm.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОНИТОРИНГ КАК НОВАЯ ФУНКЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Ву Куанг Тханг**

Аспирант, Институт подготовки иностранных  
граждан Академии ГПС МЧС России, Москва  
quangthangk3@gmail.com

## MONITORING AS A NEW FUNCTION OF STATE ADMINISTRATION IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

**Vu Quang Thang**

*Summary.* This text discusses the importance of monitoring as a task of the state in ensuring fire safety. It highlights the role of the state in establishing and enforcing regulations, standards, and policies related to fire safety. The text also explores how monitoring can be used in fire safety, including enhancing risk assessment and early detection of potential hazards. It identifies effective monitoring methods such as direct observation, data collection through sensors, statistical analysis, and trend monitoring. Additionally, the text emphasizes the importance of incorporating new technical regulations and fire risk assessments as methodological bases for monitoring in the field of fire safety. Lastly, it outlines the functions of state administration in fire safety, including policy development, regulation enforcement, resource allocation, coordination, education and awareness, emergency response management, and collaboration with stakeholders.

*Keywords:* monitoring, state, fire safety, regulations, compliance, risk assessment, technical regulation, fire risks, state administration.

*Аннотация.* В данном тексте рассматривается значение контроля как задачи государства в обеспечении пожарной безопасности. В нем подчеркивается роль государства в установлении и обеспечении соблюдения правил, стандартов и политики, связанных с пожарной безопасностью. В тексте также рассматривается, как можно использовать мониторинг в целях обеспечения пожарной безопасности, в том числе для улучшения оценки рисков и раннего обнаружения потенциальных опасностей. Он определяет эффективные методы мониторинга, такие как прямое наблюдение, сбор данных с помощью датчиков, статистический анализ и мониторинг тенденций. Кроме того, в тексте подчеркивается важность включения новых технических регламентов и оценок пожарного риска в качестве методологических основ для мониторинга в области пожарной безопасности. Наконец, в нем излагаются функции государственного управления в области пожарной безопасности, включая разработку политики, обеспечение соблюдения правил, распределение ресурсов, координацию, образование и информирование, управление реагированием на чрезвычайные ситуации и сотрудничество с заинтересованными сторонами.

*Ключевые слова:* мониторинг, государство, пожарная безопасность, нормативы, соблюдение, оценка рисков, техническое регулирование, пожарные риски, государственное управление.

Сфера пожарной безопасности имеет первостепенное значение для обеспечения благополучия и безопасности людей и организаций. По мере развития технологий и возникновения новых задач государственному управлению становится крайне важно адаптироваться и внедрять новые функции для эффективного решения этих проблем. В данной статье ставится задача исследовать актуальность и новизну мониторинга как новой функции государственного управления в сфере пожарной безопасности. Кроме того, он будет углубляться в концепцию организационного управления, значение мониторинга в управлении и его применение в технических системах.

Постоянно растущее количество пожаров и их разрушительные последствия подчеркивают необходимость принятия упреждающих мер в области управления пожарной безопасностью. Традиционно функции управления были сосредоточены на планировании, организации, руководстве и контроле. Тем не менее, интеграция мониторинга в качестве отдельной функции может обеспечить понимание в режиме реального

времени, улучшить процессы принятия решений и обеспечить соблюдение правил пожарной безопасности. Этот новый подход позволяет выявлять потенциальные риски, заблаговременно обнаруживать аномалии и своевременно вмешиваться для предотвращения пожаров или сведения к минимуму их последствий.

Целью данного исследования является изучение роли мониторинга как новой функции государственного управления в сфере пожарной безопасности.

Организационное управление включает в себя планирование, организацию, руководство и контроль над ресурсами и процессами для достижения конкретных целей. Мониторинг как новая функция включает в себя систематическое наблюдение, измерение и оценку различных аспектов внутри организации. Это позволяет менеджерам оценивать производительность, выявлять отклонения от установленных стандартов и принимать обоснованные решения на основе данных в режиме реального времени.

Первоначально мониторинг возник в почвоведении и экологии как средство наблюдения и измерения природных явлений. Со временем он распространился на другие научные дисциплины благодаря своей эффективности в выявлении закономерностей, циклов, кризисов и катастроф. Опираясь на теорию управления и доктрину развития, мониторинг превратился в важнейший инструмент эффективного управления государством.

В технических системах мониторинг играет жизненно важную роль в обеспечении их надлежащего функционирования и выявлении потенциальных рисков или неисправностей. Он включает в себя непрерывный сбор и анализ данных с датчиков, сигнализаций и других устройств мониторинга. Эта информация позволяет своевременно вмешиваться, проводить техническое обслуживание и ремонт для предотвращения несчастных случаев или отказов.

Основные методы, используемые в мониторинге, включают прямое наблюдение, сбор данных с помощью датчиков или инструментов, опросы, статистический анализ и мониторинг тенденций. Каждый метод служит определенной цели, предоставляя ценную информацию о различных аспектах управления пожарной безопасностью.

Надзор направлен на надзор и контроль за деятельностью, связанной с пожарной безопасностью. Он включает в себя контроль за соблюдением правил, выявление потенциальных опасностей, оценку рисков и обеспечение выполнения соответствующих превентивных мер. Основной задачей надзора является активное предотвращение пожаров и минимизация их воздействия на людей, организации и окружающую среду.

Мониторинг, как задача государства, предполагает систематическое наблюдение и оценку различных аспектов, связанных с пожарной безопасностью. Государство несет ответственность за обеспечение благополучия и безопасности своих граждан, и мониторинг играет решающую роль в выполнении этой обязанности. Осуществляя контроль за мерами пожарной безопасности, соблюдением нормативных требований и потенциальными рисками, государство может упреждающе предотвращать пожары и минимизировать их последствия. Мониторинг позволяет выявить области улучшения, обнаружить аномалии или отклонения от установленных стандартов и осуществить своевременные вмешательства. Он предоставляет штату данные и информацию в режиме реального времени для принятия обоснованных решений и эффективного распределения ресурсов. Посредством мониторинга государство может выполнить свой долг по защите людей, организаций и окружающей среды от пожаров.

Пожарная безопасность, безусловно, является задачей государства. Государство несет ответственность за установление и соблюдение правил, стандартов и политик для обеспечения предотвращения, готовности, реагирования и восстановления после пожаров. Пожарная безопасность включает в себя различные аспекты, такие как строительные нормы и правила, противопожарное образование, системы реагирования на чрезвычайные ситуации и обеспечение соблюдения мер безопасности. Государство играет жизненно важную роль в повышении осведомленности, предоставлении обучения и ресурсов, проведении проверок и обеспечении соблюдения правил пожарной безопасности. Ставя пожарную безопасность на первое место как задачу, государство может защитить жизни, имущество и окружающую среду от разрушительных последствий пожаров.

Мониторинг может использоваться в пожарной безопасности для улучшения оценки рисков, раннего обнаружения потенциальных опасностей и стратегий вмешательства. Благодаря постоянному мониторингу мер пожарной безопасности, таких как пожарная сигнализация, спринклерные системы и аварийные выходы, государство может обеспечить их надлежащее функционирование и выявить любые неисправности или отказы. Мониторинг также может быть использован для оценки соблюдения правил пожарной безопасности в зданиях, общественных местах и производственных объектах. Контролируя методы и процедуры пожарной безопасности, государство может определить области, требующие улучшения, предоставить обратную связь заинтересованным сторонам и принять корректирующие меры. Мониторинг также можно использовать для отслеживания пожаров, времени реагирования и эффективности систем реагирования на чрезвычайные ситуации. Эти данные могут информировать о процессах принятия решений, распределении ресурсов и разработке долгосрочных стратегий по предотвращению пожаров и минимизации их последствий.

В области пожарной безопасности несколько методов контроля доказали свою высокую эффективность. К ним относятся прямое наблюдение, сбор данных с помощью датчиков или инструментов, статистический анализ и мониторинг тенденций. Непосредственное наблюдение позволяет в режиме реального времени оценить меры пожарной безопасности, такие как наличие огнетушителей, четкие пути эвакуации и соблюдение протоколов безопасности. Сбор данных с помощью датчиков или приборов, таких как детекторы дыма и датчики температуры, обеспечивает непрерывный мониторинг условий окружающей среды и подачу сигналов тревоги в случае потенциальной опасности возгорания. Статистический анализ позволяет выявить закономерности, тенденции и корреляции в пожарных инцидентах, которые могут использоваться для принятия превентивных

мер и распределения ресурсов. Мониторинг тенденций включает в себя отслеживание изменений показателей пожарной безопасности с течением времени, таких как количество проведенных противопожарных учений или частота проверок безопасности. Эти методы в сочетании и эффективном использовании дают ценную информацию об управлении пожарной безопасностью.

Хотя различные методы мониторинга эффективны для обеспечения пожарной безопасности, некоторые из них могут иметь ограничения или быть менее эффективными в определенных условиях. Например, полагаться исключительно на прямое наблюдение может быть субъективно и подвержено человеческим ошибкам. Точно так же, полагаясь исключительно на статистический анализ без учета данных в реальном времени, можно упустить из виду возникающие риски или аномалии. Кроме того, методы мониторинга, в которых отсутствует автоматизация или интеграция с технологическими системами, могут привести к задержкам или пробелам в сборе данных. Поэтому крайне важно применять многогранный подход к мониторингу пожарной безопасности, сочетая различные методы для обеспечения всестороннего охвата и точной оценки.

Новый технический регламент служит методологической основой осуществления контроля в области пожарной безопасности. Технические регламенты устанавливают стандарты, требования и инструкции к мерам пожарной безопасности, оборудованию и системам. Эти правила обеспечивают основу для контроля за соблюдением, гарантируя, что здания, сооружения и общественные места соответствуют необходимым стандартам безопасности. Интегрируя техническое регулирование в практику мониторинга, государство может оценивать эффективность мер пожарной безопасности, выявлять области несоответствия и принимать меры по устранению недостатков. Новые технические регламенты могут также включать достижения в области технологий, такие как интеллектуальные системы обнаружения пожара или возможности удаленного мониторинга, для повышения эффективности и действенности мониторинга пожарной безопасности.

Еще одной методологической основой мониторинга в области пожарной безопасности является оценка пожарных рисков. Оценка пожарного риска включает выявление потенциальных опасностей пожара, оценку вероятности их возникновения и оценку возможных последствий. Проводя комплексную оценку пожарного риска, государство может расставлять приоритеты в ресурсах, осуществлять превентивные меры и контролировать эффективность стратегий снижения риска. Мониторинг, основанный на оценке пожарного риска, позволяет проводить непрерывную оценку потенциа-

льных рисков и выявлять возникающие опасности. Это позволяет государству соответствующим образом адаптировать и корректировать меры пожарной безопасности, обеспечивая постоянную защиту людей, организаций и окружающей среды.

Государственная администрация выполняет несколько важных функций в области пожарной безопасности. К ним относятся разработка политики, обеспечение соблюдения нормативных требований, распределение ресурсов, координация, обучение и повышение осведомленности, управление реагированием на чрезвычайные ситуации и сотрудничество с соответствующими заинтересованными сторонами. Посредством разработки политики государство устанавливает руководящие принципы и рамки для управления пожарной безопасностью. Обеспечение соблюдения правил обеспечивает соблюдение стандартов и правил пожарной безопасности посредством проверок, аудитов и штрафов за несоблюдение. Распределение ресурсов включает предоставление финансирования, оборудования и обучения для поддержки инициатив по пожарной безопасности. Координация предполагает содействие сотрудничеству между различными государственными учреждениями, аварийно-спасательными службами и частными организациями, занимающимися вопросами пожарной безопасности. Образовательные и информационные кампании направлены на информирование отдельных лиц и организаций о методах пожарной безопасности, стратегиях предотвращения и протоколах реагирования на чрезвычайные ситуации. Управление реагированием на чрезвычайные ситуации включает в себя создание и управление эффективными системами реагирования на чрезвычайные ситуации, включая пожарные команды, спасательные службы и сети связи. Сотрудничество с соответствующими заинтересованными сторонами, такими как владельцы зданий, архитекторы и страховые компании, обеспечивает целостный и скоординированный подход к пожарной безопасности. В целом, государственное управление играет решающую роль в создании безопасной и надежной среды.

Мониторинг как новая функция государственного управления в сфере пожарной безопасности предлагает значительные преимущества с точки зрения оценки рисков, раннего выявления и вмешательства. Интегрируя мониторинг в практику организационного управления, правительства могут повысить общественную безопасность, способствовать сотрудничеству между органами власти и укрепить общую инфраструктуру пожарной безопасности. При наличии методологических основ технического регулирования и оценки пожарного риска мониторинг становится незаменимым инструментом эффективного государственного управления в сфере пожарной безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рычихина, Э.Н. Мониторинг как общая функция управления [Текст]: монография / Э.Н. Рычихина. — Ухта: УГТУ, 2008. — 140 с.: ил.
2. Арсентиевна, Б.В. Мониторинг удовлетворенности населения и работодателей качеством и доступностью образовательных услуг / Б.В. Арсентиевна, Ч.К. Александрович // Теория и практика общественного развития. — 2014. — № 5. — С. 53–59.
3. Юрьевна, М.Н. Понятие и сущность мониторинга с позиции системного подхода / М.Н. Юрьевна, С.О. Константиновна // Science Time. — 2014. — № 6 (6). — С. 110–121.
4. Проведение мониторинга и оценки деятельности — Мониторинг и оценка деятельности структурного подразделения организации [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sites.google.com/site/monitoringpodrazdelenia/razdel-2-1-ponatie-monitoring-i-ocenka-deatelnosti/provedenie-monitoringa-i-ocenki-deatelnosti> (дата обращения: 31.03.2023).
5. Сарсенов, А.М. К вопросу о природе мониторинга / А.М. Сарсенов // Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. — 2010. — № 3 (19). — С. 104–106.
6. Спиридонов, А.А. Виды государственного контроля в Российской Федерации / А.А. Спиридонов. — Издание Государственной Думы (электронное), 2013. — 96 стр.
7. Баулина, М.Ю. Мониторинг в системе государственного управления: общая характеристика и специфика проведения / М.Ю. Баулина. — 2021. — Мониторинг в системе государственного управления. — С. 32–36.
8. Levels and Types of Control | Principles of Management [Электронный ресурс]. — URL: <https://courses.lumenlearning.com/suny-principlesmanagement/chapter/levels-and-types-of-control/> (дата обращения: 04.04.2023).
9. Байнова, М.С. Понятие государства и системы государственного управления / М.С. Байнова // Материалы Афанасьевских чтений. — 2016. — № 1 (14). — С. 49–55.
10. Arblaster, M. 6 — Economic Characteristics of Air Traffic Management / M. Arblaster // Air Traffic Management / ed. M. Arblaster. — Elsevier, 2018. — P. 119–141.
11. Михайлович, П.М. Финансовый мониторинг как вид финансового контроля / П.М. Михайлович // Вестник Томского государственного университета. — 2010. — № 330. — С. 105–108.
12. Развитие стандартизации и нормирования в области пожарной безопасности в системе государственного управления / Е.А. Саркисович [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности. — 2021. — № 4 (10). — С. 32–41.
13. Княжева, Е.П. Оценка пожарного риска / Е.П. Княжева // Вестник магистратуры. — 2015. — № 2-1 (41). — С. 56–58.
14. David, Y. Principles of Fire Risk Assessment in Buildings / Y. David. — 1. — Wiley, 2008.
15. Дао, Н.З. Государственное управление по обеспечению пожарной безопасности : учебник / Н.З. Дао. — «Транспорт»,. — 2012.
16. Кректунов, А.А. Конституционно-правовое обеспечение пожарной безопасности при организации и осуществлении федерального государственного пожарного надзора в россии / А.А. Кректунов, Е.А. Черепанов, А.В. Крысанов // Вестник Сибирского юридического института МВД России. — 2021. — № 1 (42). — С. 105–109.
17. Kodur, V. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety / V. Kodur, P. Kumar, M.M. Rafi // PSU Research Review. — 2019. — Т. 4. — Fire hazard in buildings. — № 1. — С. 1–23.
18. Urban Fire Dynamics and Its Association with Urban Growth: Evidence from Nanjing, China / X. Zhang [et al.] // ISPRS International Journal of Geo-Information. — 2020. — Vol. 9. — Urban Fire Dynamics and Its Association with Urban Growth. — № 4. — P. 218.
19. Анатольевич, Я.А. Смысловые ориентиры управления / Я.А. Анатольевич // Народное образование. — 2019. — № 4 (1475). — С. 154–159.

© Бу Куанг Тханг (quangthangk3@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВОЗМОЖНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ САЙТОВ И СЛУЖБ СЕТИ DARKNET С ПОМОЩЬЮ НОВОГО ПРОТОКОЛА TOR

## THE ABILITY TO DETECT HIDDEN SITES AND SERVICES OF THE DARKNET NETWORK USING THE NEW TOR PROTOCOL

**A. Dzhurov  
E. Revyakina  
L. Cherkesova  
D. Korochentsev**

*Summary.* In this paper, a study was carried out on the possibility of detecting hidden sites and services of the DarkNet network using the new TOR protocol. DarkNet is a pseudo-anonymous place for posting online content, which is often used to spread destructive information. Many studies have attempted to estimate the size of the DarkNet, however, studies show that previous size estimates are inaccurate due to the hidden lifecycle of the service. In light of the new Tor protocol for DarkNet, which will prevent the launch of a relay to explore DarkNet sites. The paper presents an analysis of the scanning and effectiveness of the site detection mechanism for law enforcement agencies. Effective strategies for scanning and monitoring hidden services in DarkNet are considered. The analysis of the differences between hidden services, which often rise and fall, and more stable services, and also analyzed the types of services offered by Toronions.

*Keywords:* information security, destructive content anonymity, onion services, hash function, DarkNet.

**Джуров Александр Андреевич**

Аспирант,

Донской государственной технической университет

**Ревякина Елена Александровна**

К.т.н., доцент,

Донской государственной технической университет

revyelena@yandex.ru

**Черкесова Лариса Владимировна**

Д.ф.-м.н., профессор,

Донской государственной технической университет

chia2002@inbox.ru

**Короченцев Денис Александрович**

К.т.н., доцент,

Донской государственной технической университет

mytelefon@mail.ru

*Аннотация.* В данной работе выполнено исследование, возможности обнаружения скрытых сайтов и служб сети DarkNet с помощью нового протокола TOR. DarkNet — это псевдо-анонимное место для размещения онлайн-контента, который часто используется для распространения деструктивной информации. Во многих исследованиях предпринимались попытки оценить размер DarkNet, однако исследования показывают, что предыдущие оценки размера неточны из-за скрытого жизненного цикла службы. В свете нового протокола Tor для DarkNet, который предотвратит запуск реле для изучения сайтов DarkNet. В работе представлен анализ сканирования и эффективности механизма обнаружения сайтов для правоохранительных органов. Рассмотрены эффективные стратегии сканирования и мониторинга скрытых служб в DarkNet. Проведен анализ на различия между скрытыми сервисами, которые часто растут и падают, и более стабильными сервисами, а также проанализированы виды услуг, предлагаемых Toronions.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, деструктивный контент анонимность, сервисы onion, хэш-функция, DarkNet.

### Введение

**T**or — это инструмент для обеспечения анонимности и конфиденциальности при использовании Интернета, разработанный «Tor Project». Это делается путем инкапсуляции пользовательского трафика на уровнях шифрования и маршрутизации его через три промежуточных узла (onionмаршрутизаторы (onionrouters или ORs)) так, что злоумышленник не может раскрыть: источник, место назначения и контент в одном и том же сетевом местоположении. В академической литературе этот тип сети часто называют смешанной сетью и означает, что в точке входа в сеть личность пользователя известна, но его трафик зашифрован, а в точке выхода его трафик доступен для чтения, но его личность неизвестна.

Tor DarkNet — это функция, предоставляемая Tor, при которой два узла (например, клиент и сервер) могут общаться друг с другом, не зная личности друг друга [1]. Анонимный сервер или скрытая служба может предлагать любую обычную интернет-службу на основе TCP. Пользователь, желающий связаться со скрытой службой, сначала будет искать информацию через узел (HSDir) в распределенной хэш-таблице (DHT), чтобы найти точки введения (IPs), которые будут ретранслировать сообщение в скрытую службу [2]. Затем пользователь попросит вводные узлы передать сообщение с подробным описанием случайно выбранной точки встречи (RP), и обе стороны построят к ней трехцелевую цепь. Поскольку и точка входа, и точка randevу имеют три промежуточных перехода между ними и пользователем, а также между ними и сервером, ни один из них не знает личности каждой из сторон. Скрытая служба и пользо-

ватель теперь соединены через 6 переходов, которые, в свою очередь, через точку randeу, а также идентичность друг друга (рисунок 1).

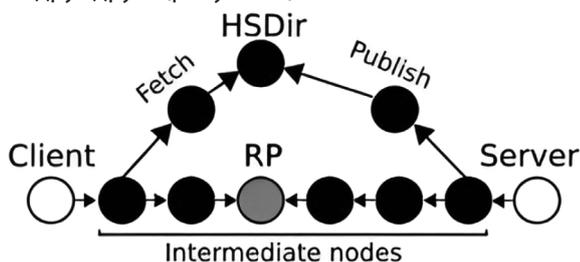


Рис. 1. Сетевой путь скрытых служб

Считается, что скрытые службы Tor обеспечивают абсолютную анонимность. Существует множество опубликованных атак деанонимизации, которые используют простую корреляцию трафика и не требуют значительных ресурсов. Кроме того, правоохранительные и другие органы добились успеха в поиске и обнаружении преступников, действующих в DarkNet, используя уязвимости в программном обеспечении Tor.

В то время как проект Tor и другие заинтересованные стороны часто описывают скрытые службы как пример конфиденциальности и анонимности для политических диссидентов, академическая литература рисует совершенно иную картину, где большинство скрытых служб способствуют преступной деятельности. Учитывая криминально ориентированный контент в DarkNet Tor, многие правоохранительные органы и фирмы, занимающиеся кибербезопасностью, имеют законные интересы в сканировании и сборе информации о скрытых службах.

В данной работе определим эффективные стратегии изучения DarkNet в отношении сканирования и мониторинга скрытых служб. Одна из ключевых проблем — это размер DarkNet, который определяем, как общее количество одновременно доступных скрытых служб. Покажем, что существующие оценки размера DarkNet сильно завышены, и что стратегия сканирования может существенно повлиять на результаты, полученные в любом исследовании, а также можно оценить влияние методологии на оценку доступных служб (например, по портам) и влияние нового протокола скрытых служб на исследование DarkNet.

## 1. Предлагаемая методология

### 1.1. Принцип работы Tor

Как описано выше, Tor использует DHT для публикации информации, используемой для связи со скрытыми службами. Tor DHT по конструкции похож на Chord DHT в том, что узлы-участники DHT отображаются на круг вместе с данными для хранения с помощью хеш-функции.

В случае Tor это хеш-функция  $H : X \rightarrow \{0,1\}^{160}$  — это псевдослучайная односторонняя функция SHA-1, отображающая входной набор  $X$  в набор битовых строк длиной 160. Использование хеш-функции, демонстрирующей сильные псевдослучайные характеристики, важно для обеспечения равномерного распределения по кругу (рисунок 2). Каждое ИЛИ отображается на круг с помощью  $H(\text{PKOR})$ , где PKOR — это кодировка ASN.1 открытого ключа ИЛИ.

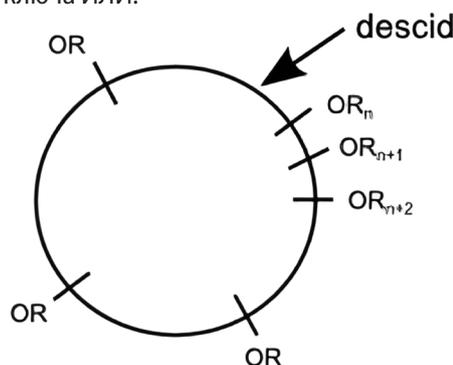


Рис. 2. Отображение скрытых служб Tor TorDHT

Каждая из скрытых служб Tor отображается в круге (рисунок 2) с использованием уникального идентификатора дескриптора (ID), как определено в уравнении (1),

$$\text{descid} = H(P[0 : 10] || H[t_p || d || r]) \quad (1)$$

где  $P = H(\text{PK}_{\text{онion}})$  и  $P[a:b]$  обозначает байты от  $a$  до  $b-1$  из  $P$ ,  $d$  — необязательный файл cookie дескриптора (общий секрет), используемый для обеспечения аутентификации на стороне клиента для скрытых служб, которые доступны не всем пользователям.

Наконец,  $r \in \{0,1\}^8$  определяется как значение реплики и может быть 0 или 1. Значение реплики обеспечивает степень избыточности, путем хеширования сначала со значением 0, а затем снова со значением 1, это дает два различных (с высокой вероятностью) места в DHT для публикации дескриптора.

Период времени  $t_p$  определяется в уравнении (2), учитывая время  $t$  по времени UNIX (секунды с 00:00 1 января 1970 г.). Результатом этого является то, что  $t_p$  изменяется один раз в день в любом из 256 интервалов, определенных первым байтом  $P$ . Это гарантирует, что все скрытые службы не будут пытаться изменить свои серверы публикации одновременно.

$$t_p = \frac{t + P[0 : 1] * \frac{86400}{256}}{86400} \quad (2)$$

Каждая скрытая служба, после сопоставления всех ИЛИ и себя с кругом DHT, публикует свой дескриптор

в трех ИЛИ справа от своего идентификатора дескриптора в DHT. Поскольку скрытая служба отображается на круг в двух местах, всего шесть ИЛИ получают копию дескриптора. Скрытая служба публикует текстовый документ, создавая цепь к каждому из обозначенных ИЛИ и устанавливает HTTP-соединение с портом своего каталога.

Благодаря природе Tor с открытым исходным кодом, можно модифицировать ретранслятор Tor для регистрации запросов скрытых служб (например, посетителей) и публикаций для создания списка скрытых служб. Эффект от использования уравнения (2) заключается в том, что, запустив несколько статических узлов, со временем можно будет наблюдать весь DHT.

В работе [4] представлено исследование, в котором информация из Tor DHT использовалась для сканирования скрытых служб и классификации контента. Автор собрал образец скрытых служб, представленных за один день, и смог охватить 60000 скрытых служб. Затем использовал наивный классификатор Байеса для классификации контента по простым категориям.

Исследования в этом направлении изложены в работе [5], где авторами выполнен анализ данных из сети Tor DHT за период в шесть месяцев. По их оценкам, в то время было около 45000 скрытых служб, но был значительный отток. Они классифицировали контент вручную, чтобы избежать ошибок классификации, и обнаружили, что большая часть контента носит криминальный характер. Примечательно, что они обнаружили, что большинство посещений, скрытых служб приходилось на те, на которых размещен деструктивный контент.

## 1.2. Измерение размера DarkNet и DarkWeb

Гипотеза истинного размера DarkNet заключается в том, что многие скрытые службы недолговечны, и поэтому ежедневная совокупная статистика количества скрытых служб, например, опубликованная Tor, является завышенной.

Чтобы получить точную оценку количества скрытых служб, нужно иметь возможность видеть все onion каждый день. Это невозможно, потому что нельзя наблюдать за всем DHT Tor, не контролируя все узлы. Однако можно наблюдать часть DHT, а затем экстраполировать глобальные цифры. Выборка DHT стала проще благодаря двум конструктивным решениям Tor. Во-первых, скрытые службы публикуются в шести местах DHT, что означает, что один ретранслятор наблюдает в шесть раз больше публикаций, чем если бы скрытая служба была опубликована только в одном месте. Во-вторых, поскольку скрытая служба публикуется в разных частях DHT каждый день, и это место рандомизируется с использованием псевдослучайной функции, у каждого есть идеальный механизм рандомизированной выборки. Следовательно, можно надежно делать обобщения о большей совокупности на основе небольшой выборки.

Для исследования onion — псевдодомен верхнего уровня, созданный для обеспечения доступа к анонимным или псевдоанонимным адресам сети Tor, был выполнен запуск шесть реле в течение шести месяцев. Реле настроены для получения флага HSDir, чтобы они участвовали в распределенной хэш-таблице для публикации и запросов на скрытые службы [6]. Набор тестов

Сканирование портов долгоживущих ( $n = 14972$ ) и краткосрочных услуг ( $n = 352$ )

Порт	При публикации	Снимок	Выше < 24 часов
22 (ssh)	12.1%	10.59%	—
23 (Telnet)	0.6%	0.09%	—
25/110 (Mail)	1.1%	4.13%	—
53 (DNS)	—	0.05%	—
80 (http)	54.6%	74.16%	51.4%
443 (https)	2.0%	3.61%	—
IRC (all)	1.2%	1.36%	—
3306 (MySQL)	—	0.08%	—
XMPP (all)	—	1.36%	—
8060 (OnionCat)	—	0.89%	—
8080	0.9%	0.41%	—
8333 (Bitcoin)	0.3%	1.0%	—
9878 (Ricochet)	1.1%	0.67%	—
11009 (TorChat)	—	0.37%	—
15441 (Zeronet)	26.1%	0.77%	48.6%

Рис. 3. Набор тестов для сканирования

выглядит следующим образом: после публикации сразу же выполнена проверка доступности onion и затем сканируем его порт ( $n = 352$ ) (рисунок 3). Выполнялись повторы каждые два часа, с регистрацией времени от публикации до ArTest (инструменты тестирования автоматизации).

В последнее время проект Tor активно пытается остановить изучение DarkNet, и, таким образом, использовать технику, похожую на «honeyonions». В этом случае они каждый день публикуют onion-приманку для выбранных наборов реле и смотрят, какие из них посещаются, чтобы идентифицировать те, которые собирают данные.

Анализ проведенных ранее исследований показал, что через некоторое время после публикации происходит быстрое падение в первые несколько дней тех onions, которые достижимы, после чего с течением времени она начинает медленно снижаться. Кроме того, через 24 часа после публикации доступно менее половины наблюдаемых onions [7]. Более того, примерно 30 % недоступны, то есть вообще не получилось подключиться к ним. Причины этого неясны, но, если сервер имеет неправильные часы, он будет публиковать в неправильных частях DHT, что делает его недоступным. Альтернативные объяснения заключаются в том, что onions просто запускается для короткого теста, а затем останавливается.

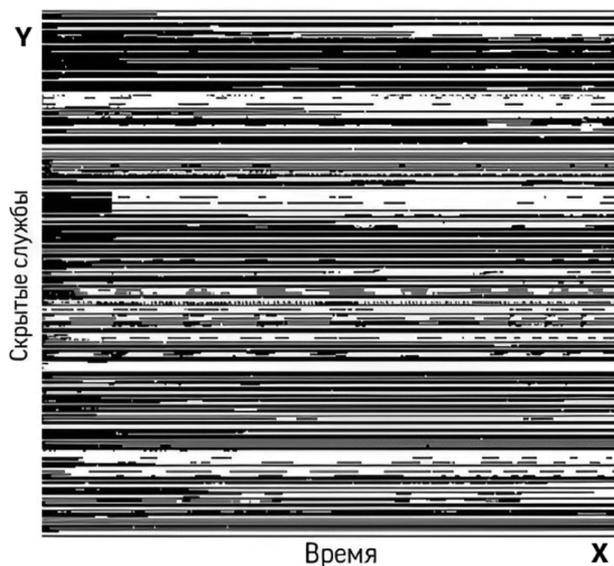


Рис. 4. Карта достижимости скрытого сервиса (время = 25 дней)

На рисунке 4 показан образец скрытых сервисов и их доступность в определенные моменты времени. Каждая линия на оси Y представляет одну скрытую службу, а каждый пиксель на оси X представляет двухчасовое окно. Белый означает, что HS был доступен в этом окне, а черный означает обратное. Сразу видно, что большое количество HSeS не было достижимо в каждый момент

времени, но также есть небольшое количество. Следовательно, сканирование не может быть разовым событием, потому что в противном случае эти службы будут упущены — его следует повторять как можно чаще.

Для тех, кто перемещается по DarkNet с использованием HSDirs в качестве сидов, кажется вполне разумным обнаружить, что большинство onions недоступны — это не показатель сбоя в методологии. Можно сказать, что данные метрик Tor превышают размер DarkNet в два или более раз [8]. Это связано с тем, что подсчета публикаций недостаточно, чтобы установить, что onion работает весь день или что она вообще доступна. Вместо этого можно сделать вывод, что DarkNet Tor составляет примерно половину размера, который считался ранее.

## 2. Результаты исследований и их анализ

### 2.1. Предлагаемые службы Toronions

Далее рассмотрим виды услуг, предлагаемых Toronions. Учитывая большой оборот скрытых услуг, необходимо было более четко понять причины текучести. Хотя долгоживущие услуги изучались много раз, нам не известны какие-либо документы, в которых рассматривались бы те onion, которые работают только в течение короткого периода времени.

Чтобы установить услуги, предлагаемые скрытой службой, выполняется проверка, какие порты открыты. На первом этапе получается дескриптор, затем создается канал к скрытой службе и отправляем ячейку RELAY\_BEGIN с различными портами назначения и наблюдаем за ответом. Если цепь замкнута или возвращается отказ, то порт закрыт, в противном случае он открыт. В более поздних версиях Tor, цепь замыкается при попытке неверного порта, что значительно замедляет сканирование портов (согласно предыдущему академическому исследованию [8,9]. Конечно, по-прежнему можно идентифицировать открытые и закрытые порты, но, по нашему опыту, сканирование 10000 из возможных 65535 портов для одного onion заняло около 24 часов. Поэтому принят подход к сканированию наиболее вероятных открытых портов, которые были определены путем сочетания построения списка на основе предшествующих знаний, сбора портов из существующих общедоступных / частных сканеров портов DarkNet (путем запуска скрытых служб и записи текущих сканирований.) и сканирование нескольких скрытых сервисов в полном объеме. Окончательный список выглядит следующим образом: 22 (ssh), 23 (telnet), 25 (smtp), 53 (dns), 80 (http), 81, 110 (pop3), 113 (identity), 135 (smb), 161. , 443 (https), 445 (smb), 1337, 1433 (mssql), 3306 (mysql), 4444, 5222 (xmpp), 5223 (xmpp), 5901 (vnc), 6667 (irc), 6668 (irc), 6669 (irc), 6697 (irc), 8060 (onioncat), 8080, 8081, 8333 (bitcoin), 9051 (tor), 9200 (elasticsearch), 9500, 9878 (ricochet.im), 10000, 11009

(torchat), 15441 (zeronet), 17993, 22222, 27017 (mongodb) и 31337.

К сканированию портов применяются следующие подходы:

1. сканирование порта скрытой службы, как только получаем публикацию в HSDir;
2. подсчет из последней точки, которые выросли менее чем через 24 часа после публикации;
3. сканирование изученных скрытых служб, которые работают в определенный день, — представляя собой снимок DarkNet в определенный момент времени.

Интересно, что веб-сервисы составляют большинство скрытых сервисов в обоих случаях, но Zeronet представлен значительно больше при мгновенном сканировании, и эти opions работают менее 24 часов, что указывает на то, что эти узлы, как правило, имеют короткий срок службы. Из результатов следует также обратить внимание на небольшое количество замеченных служб ricochet.im (обмен мгновенными сообщениями), потому что это часто неофициально упоминается в сообществе Tor как причина всплеска количества скрытых служб. SSH также предлагается на удивительно большом количестве сервисов, что, вероятно, связано с одной из двух причин: 1) операторы используют Tor для анонимного доступа к своим серверам, чтобы снизить риск идентификации; или 2) многие пользователи используют Tor для преодоления межсетевых экранов для доступа к инфраструктуре.

Некоторые провайдеры хостинга Tor запускают две opionsна каждую предлагаемую услугу, одну для общедоступного компонента и одну для удаленного доступа SSH, что снижает возможность связывания, хотя есть некоторые предыдущие работы по использованию ssh-keyscans для связывания сервисов вместе.

Вместе с тем, анализируются различия между скрытыми сервисами, которые часто растут и падают, и более стабильными сервисами. Для этого вычисляется количество переходов между состояниями (из включенного в выключенное и наоборот) и выполняется нормализация их с течением времени. Для тех сервисов, которые постоянно находятся в сети, переходов не будет. То есть, которые остаются в сети в течение короткого периода времени, а затем исчезают навсегда, будут иметь один переход, в то время как те, которые идут вверх и вниз, будут иметь гораздо больше. Чтобы нормализовать это с течением времени, для каждой службы делится ее измеренное время жизни на количество записанных переходов между состояниями, чтобы производить переходы в день (обозначается tpd). Затем назначается этот номер портам, предлагаемым службой, и представляем данные в таблице 1. Включены только те скрытые службы, у которых наблюдались существенные изменения состояния.

Таблица 1.

Количество портов, предлагаемых против смены состояний в день

Port	Min. tpd	Max tpd	Avg. tpd
22	2.6	17	6
80	2.1	17.2	5.5
15441	2.1	52.5	12.6

Из данных видно, что web, ssh и Zeronet учитывают большинство сервисов, которые демонстрируют частое поведение вверх и вниз. Примечательно, однако, что на Zeronet приходилось значительно больше этих услуг, чем на два других типа, до 12 переходов в день (например, исчезновение на 6 периодов).

В заключение можно сказать, что большой вклад в высокий оборот скрытых сервисов вносят серверы Zeronet, еще один DarkNet, который может использовать Tor для обеспечения некоторой анонимности. Узлы Zeronet, кажется, работают в течение относительно короткого периода времени.

### 2.2. Анализ существования скрытых служб Tor

Когда скрытые службы Tor публикуются в DHT, они подписывают документы ключом, который представлен их доменным именем (xxxx.opion). Именно по этой причине можно собирать скрытые служебные адреса на узлах DHT. В версии 3 службы Tor использовались слепые подписи для подписания документов, публикуемых в HSDirs. Результатом этого является прекращение возможности запуска HSDirs для сбора скрытых служебных адресов для изучения DarkNetTor, и основным механизмом исследования будет сканирование с известных исходных сайтов. Однако стоит отметить, что, если кто-то знает адрес скрытой службы через другой механизм, тем не менее, можно будет получить скрытый ключ и, таким образом, измерить популярность в HSDir (путем поиска грубой силой).

Использование поискового робота для изучения адресов HS будет означать, что те скрытые сервисы, которые не перечислены и не связаны с ними, не будут обнаружены [9,10]. Это представляет проблему для правоохранительных органов и вносит потенциальную предвзятость при любых попытках изучения DarkNetTor. Для исследования последствий невозможности узнать все адреса, выбираем общие начальные точки и просматриваем DarkNet, записываем, какие скрытые службы используются, а затем сравниваем их с теми, которые были изучены через HSDirs.

Далее выбираются две общие отправные точки для создания начальных списков поисковых роботов: 1) reddit — популярный дискуссионный сайт;

и 2) HiddenWiki — популярная отправная точка для тех, кто просматривает DarkNetTor. На Reddit направлены на два под-Reddit, которые, как известно, широко используются пользователями Tor, /r/ TOR и /r/onions, где был изучен 601 уникальный onion. Для скрытой Wiki были просканированы самые популярные Wiki в наборе данных (hwikis25cffertqe.onion) и скрытые вики без цензуры (mijps \*\*\*\*\*. Onion), изучив 1852 уникальных onions, чтобы оценить эффективность этих двух общих источников в качестве начальных списков, используемых для запуска симулятора сканирования. Симулятор берет ранее просканированные данные и повторно посещает каждую onion, доступную по следующим гиперссылкам (и упоминаниям onion) из списков сидов выше. Симулятор рекурсивно переходит по всем ссылкам, пока не будет достигнуто максимального количества onions, как это сделал бы краулер (поисковый робот, используемый поисковой системой для обнаружения новых страниц в интернете).

Результаты показаны в таблице 2. Чуть меньше половины DarkWeb достижимо при использовании общих списков исходных данных и поискового робота. Ключевой вопрос: другая половина, имеющая какое-либо значение. Из оставшихся 3786 сайтов, на которые поисковик не попал, было 1898 уникальных сайтов.

Таблица 2.

Изученные сиды onion из Reddit

Seed Source	Total onions	Onions up	Reachable	Reachable (%)
Reddit	601	272	3047	44.6 %
Hidden Wiki	1852	482	3038	44.5 %
Combined	2240	580	3047	44.6 %

Наиболее популярными из них были адреса управления и контроля ботнета (компьютерная сеть, состоящая из большого количества компьютеров, на которых скрытно установлено вредоносное ПО, позволяющее злоумышленникам удаленно выполнять любые действия с использованием вычислительных ресурсов зараженных машин), клоны ОС Debian и несколько сайтов с деструктивной информацией [11]. Чтобы оценить их важность, суммируется общее количество запросов, поступающих на сайты, доступные через сканер, и сравниваются с количеством запросов, которые не доступны. На доступные сайты приходилось 2008437 запросов в день, а на недоступные — только 35782 запроса. Таким образом, можно сказать, что, хотя поисковый робот обнаруживает, что менее половины этих сайтов можно изучить с помощью HSDirs, он находит большую часть сайтов, которые посещают пользователи (или 98 % активности).

Таким образом, переход на протокол версии 3 защитит тех, кто действительно хочет, чтобы его не нашли, но, за исключением нескольких классов сайтов, большинство из них хотят привлечь пользователей к своим скрытым службам и будут рекламировать их как можно шире. Однако скрытые сервисы ботнета можно найти с помощью традиционных каналов анализа вредоносных программ, и можно надеяться, что традиционные методы разведки правоохранительных органов возобладает против деструктивных сайтов [12].

Чтобы оценить популярность, необходимо посчитать упоминания на Reddit путем просчета количества уникальных страниц Reddit, на которых была указана onion, и сравнили с количеством запросов, замеченных в HSDirs. Ровно 272 onions, упомянутые на Reddit, были замечены в найденных ранее каталогах, и, следовательно, получилось оценить их популярность. После рассчитывается коэффициент детерминации между количеством упоминаний и количеством запросов в HSDir, который составляет  $R^2 = 0.288$ . Таким образом, можно сказать, что существует слабая корреляция, но использования одного показателя Reddit недостаточно для измерения популярности. Например, сайтом с наибольшим количеством упоминаний в Reddit была DarkNet-onionFacebook; однако при оценке HSDir наиболее часто посещались рынок наркотиков и места жестокого обращения с детьми.

## Вывод

В результате проведенных исследований было выяснено, что проект Tor подсчитывает совокупное количество скрытых онлайн-сервисов за один день, и более половины из них исчезают в течение дня. Кроме этого, было обнаружено, что HTTP был наиболее часто предлагаемой услугой в более долгоживущих onions, но для более короткоживущих onions Zeronet был заметным компонентом — развивающимся DarkNet. Кроме того, сервис ricochet.im играет очень небольшую роль в количестве доступных скрытых сервисов, несмотря на распространенные подобные заявления в сообществе Tor. Использование традиционных источников для списков скрытых сервисов для засева поискового робота DarkNet — эффективное средство понимания активности в DarkNet, при этом на доступные сайты (из общедоступного начального списка) приходится 98% посещений. В то время как введение нового протокола скрытых услуг скроет деятельность тех, кто нигде не публикует свою onion, многие действия требуют публикации для привлечения пользователей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов, В.О. Способы организации информации в теневых и глубоких сетях // В.О. Барабанов, Г.И. Афанасьев // Теория и практика современной науки. 2017. №2 (20).
2. Молдовян, Д.Н. Протоколы слепой цифровой подписи на основе скрытой задачи дискретного логарифмирования // Д.Н. Молдовян, Молдовян А.А., Гурьянов Д.Ю. // Информационно-управляющие системы. 2020. №3
3. Свищёв, А.В. Darknet: полезный инструмент или источник угрозы // А.В. Свищёв, А.С. Лаухина // Colloquium-journal. 2020. №10 (62).
4. Сухов, С.Н. Возможности современных информационных систем по анализу darknet // Научный компонент. 2021. №4 (12).
5. Biryukov, A. Trawling for Tor Hidden Services: Detection, Measurement, Deanonymization // A. Biryukov, I. Pustogarov, R. Weinmann // Conference: IEEE Symposium on Security and Privacy 2013. — 2013, Pp 80–94 / DOI:10.1109/SP.2013.15
6. Owen, G. Empirical analysis of Tor Hidden Services // G. Owen, N. Savage // Computer Science. — 2016 / DOI:10.1049/iet-ifs.2015.0121
7. Goulet, D. Hidden-service statistics reported by relays // G. David, J. Aaron, K. George, L. Karsten // Tor Tech Report 2015-04-001. — 2015.
8. George, K. "Major Key Alert!" Anomalous Keys in Tor Relays // K. George, C. Roberts, L. Roberts, P. Winter // Financial Cryptography. — 2017 / DOI:10.1007/978-3-662-58387-6\_1
9. Bonneau, J. Anonymity for Bitcoin with accountable mixes // J. Bonneau, A. Narayanan, A. Miller, J. Clark, J. Kroll, W. Edward // Princeton University, University of Maryland, Concordia University — USA, Canada. — 25 с.
10. Прусаков, Д.А. Способы компьютерных преступлений // Д.А. Прусаков // Вестник науки и образования. 2021. №14-1 (117).
11. Ляшенко К.А., Поркшеян В.М., Черкесова Л.В., Ревакина Е.А., Енгибарян И.А., Бурякова О.С., Решетникова О.А. Модификация классического квантового протокола bb84, повышающая его характеристики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 2. С. 100–115.
12. Methodology for neural networks training at analyzing the context of event at emotions recognizing Kovtun Y., Cherckesova L., Revyakina E., Safaryan O., Roshchina E., Porksheyan V. Сборник: Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Proceedings of XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Сер. «Smart Innovation, Systems and Technologies», Singapore, 2022. С. 65–71.

---

© Джуров Александр Андреевич; Ревакина Елена Александровна (revyelena@yandex.ru);  
Черкесова Лариса Владимировна (chia2002@inbox.ru); Короченцев Денис Александрович (mytelefon@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ МАТЕРИАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВНИКОМ ПРОТИВОТРАНСПОРТНЫХ МИН И АЛГОРИТМ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

**Долгов Андрей Александрович**

Адъюнкт, Академия управления МВД России, Москва  
andaleks78@yandex.ru

**METHODOLOGICAL APPROACH TO PREDICTIVE RISK ASSESSMENT DURING TRANSPORTATION OF MATERIAL ASSETS IN CONDITIONS OF POTENTIAL USE OF ANTI-VEHICLE MINES BY THE ENEMY AND THE ALGORITHM OF ITS IMPLEMENTATION**

**A. Dolgov**

*Summary.* The article is devoted to the substantiation of the approach to predictive risk assessment in solving the tasks of resource provision of the units of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the conditions of the potential use of anti-vehicle mines by the enemy. When providing material means in conditions of potential use by the enemy (sabotage groups) of various mines, there is a possibility of hitting cars and equipment on the routes of column advance. To solve this problem, the mathematical apparatus of probability theory is used. The formalization of the process of the damaging effect of anti-vehicle mines on unarmored and lightly armored vehicles is considered. The author has developed an algorithm for predictive risk assessment taking into account external influences. The calculated results are adequate to real indicators. Based on the calculated data, it was revealed that the proposed methodological approach can be used in predictive risk assessment when providing material resources.

*Keywords:* transport, factors, risk, forecasting, evaluation, efficiency, risk management.

*Аннотация.* Статья посвящена обоснованию подхода к прогнозной оценке риска при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин. При обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником (диверсионными группами) различных мин возникает вероятность поражения автомобилей и техники на маршрутах выдвижения колонн. Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей. Рассматривается формализация процесса поражающего действия противотранспортных мин по небронированной и легкобронированной технике. Автором разработан алгоритм, по прогнозной оценке, риска с учетом внешних воздействий. Расчетные результаты адекватны реальным показателям. На основании расчетных данных выявлено, что предложенный методический подход можно использовать при прогнозной оценке рисков при обеспечении материальными средствами.

*Ключевые слова:* факторы, риск, обеспечение, оценка, вероятность, эффективность, управление рисками.

## Введение

Эффективность управления рисками при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России, во многом зависит от детального учета всех факторов для их прогнозной оценки. Это сложная проблема, требующая применения различного математического аппарата для решения ряда адаптивных многовариантных задач [1; 2].

Решение данных задач неизменно рассматривается как выбор определенного варианта. Это связано с комплексным анализом всех условий и ограничений, обоснованного применения единичных и групповых по-

казателей процессов для формирования обобщенных показателей рисков как характеристики критериального аппарата в оценке эффективности управления [3; 4].

При обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником (диверсионными группами) различных мин возникает вероятность поражения автомобилей и техники на маршрутах выдвижения колонн. Поэтому, актуальным является прогнозная оценка рисков при обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин и разработка алгоритма его реализации.

Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей [5].

Риски в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин определим по выражению:

$$P_p = 1 - P(S)$$

где  $P(S)$  — функция распределения вероятности поражения техники в площади поражения противотранспортных мин.

В качестве критерия оценки эффективности действия мин по небронированной технике (НБТ), например, различные автомобили или легкобронированной технике (ЛБТ) МВД, например, БТР и бронированные автомобили Урал, целесообразно использовать приведенную площадь поражения ( $S_{пр}$ ), определяемую по зависимости [6]:

$$S_{пр} = \int_S P(S) dS, \tag{1}$$

где  $S$  — площадь поражения в плоскости целей.

**Определение функции распределения вероятности поражения небронированной и легкобронированной техники**

При определении функции распределения вероятности поражения небронированной (НБТ) и легкобронированной техники (ЛБТ) от действия мин в качестве исходных данных принимают:

1. Тип ВВ.
2. Массу разрывного заряда ВВ  $\omega_{ВВ}$ , кг.
3. Массу мины  $m_{Мр}$ , кг.

В качестве поражающих факторов при действии мин по НБТ, ЛБТ рассматриваются величина избыточного давления во фронте отраженной ударной волны (ФОУВ)  $\Delta P_{отр}$  и величина суммарного удельного импульса  $I_{уд}^{\Pi}$ .

При этом, при оценке того, каким фактором ( $\Delta P_{отр}$  или  $I_{уд}^{\Pi}$ ) будет нанесено поражение НБТ, ЛБТ, используется критерий в виде длина положительной фазы ударной волны, определяемой по выражению:

$$L = D_{\phi} \cdot \tau, \text{ м}, \tag{2}$$

где  $D_{\phi}$  — скорость движения фронта УВ, рассчитываемая по зависимости:

$$D_{\phi} = C_o \sqrt{1 + 8,3\Delta P}, \text{ м/с}, \tag{3}$$

где  $C_o$  — скорость звука, м/с;

$\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ, МПа, рассчитываемое по зависимости:

$$\Delta P = \left[ 0,84 \frac{(2f \cdot \omega_{ЭКВ})^{1/3}}{R} + 2,7 \frac{(2f \cdot \omega_{ЭКВ})^{2/3}}{R^2} + 7 \frac{2f \cdot \omega_{ЭКВ}}{R^3} \right] \times 10^5, \text{ Па} \tag{4}$$

$\tau$  — время фазы сжатия, определяемое по зависимости:

$$\tau = f \sqrt[6]{\omega_{ВВ}} \cdot \sqrt{R} \cdot 10^{-3}, \text{ с}, \tag{5}$$

где  $f = \frac{Q_{ВВ}}{Q_{ТНТ}}$  — эквивалент тротила;

$Q_{ВВ}$  и  $Q_{ТНТ}$  — удельная теплота взрыва взрывчатых веществ (ВВ) в mine и величины тротилового эквивалента (ТНТ) соответственно (табл. 1).

Характеристики взрывчатых веществ, используемые в качестве снаряжения мин, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристики взрывчатых веществ

Индекс ВВ	Плотность $\rho_{\nu}$ , кг/м <sup>3</sup>	Скорость детонации $D$ , м/с	Удельная теплота взрыва $Q_{\nu}$ , кДж/кг
ТНТ	1620	7000	4180
ТГ-50	1700	7600	4765
А-IX-1	1600	8000	5225
А-IX-2	1680	7800	6270
ТГАГ-5	1720	7300	3850

В том случае, если длина волны  $L$  превышает габаритные размеры НБТ и ЛБТ по направлению действия ФУВ, то их поражение наносится избыточным давлением во ФУОВ  $\Delta P_{отр}$ , при обратном равенстве поражение наносится  $I_{уд}^{\Pi}$ .

Характеристики уязвимости и параметры для небронированной и легкобронированной техники МВД России приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Характеристики уязвимости и параметры наземной цели

Цель	Длина/ширина образца, м	Высота образца, м
(НБТ) Автомобиль «Урал»	5/2	3
(ЛБТ) Бронетранспортер БТР-80	4/2	2

Избыточное давление во ФУОВ определяется по выражению:

$$\Delta P_{отр} = 2\Delta P + \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \cdot \Delta P^2 \left( \Delta P + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} P_o \right), \text{ Па}, \tag{6}$$

где  $\Delta P$ , Па — избыточное давление во ФУВ, рассчитываемое по выражению (4);

$P_0$  — атмосферное давление,  $P_0 = 1,033 \cdot 10^5$  Па;

$\gamma$  — показатель адиабаты для воздуха  $\gamma = 1,4$ .

Вероятность поражения избыточным давлением во ФУВ определяется следующими зависимостями:

$$\text{для НБТ } P = 1,77 \cdot 10^{-2} \Delta P_{\text{отр}}^{-0,018} \cdot \exp(66 \cdot \Delta P_{\text{отр}}); \quad (7)$$

$$\text{для ЛБТ } P = 8,65 \cdot 10^{-2} \Delta P_{\text{отр}}^{0,166} \cdot \exp(35,4 \cdot \Delta P_{\text{отр}}); \quad (8)$$

где  $\Delta P_{\text{отр}}$  — подставляется в МПа.

При этом, если выполняются условия

$$\Delta P_{\text{отр}} \geq 0,09 \text{ МПа для ЛБТ и } \Delta P_{\text{отр}} \geq 0,07 \text{ МПа для ЛУ,}$$

то вероятность поражения техники  $P = 1$ .

Приведенная площадь поражения БТР и ЛБТ избыточным давлением во ФУВ определяется по зависимости:

$$S_{\text{пр}} = \int_S P(S) dS = 2\pi \int_0^{\infty} P(R) \cdot R dR, \quad (9)$$

где  $P(S)$  — функция распределения вероятности поражения на расстоянии от точки подрыва до цели, определяемая по выражениям (7), (8).

Величина интеграла в правой части выражения (9) определяется с использованием методов численного интегрирования. Наиболее приемлемым с точки зрения обеспечения требуемой точности является метод Симпсона [4].

При проведении расчетов величины  $S_{\text{пр}}$  нахождение интеграла в правой части выражения (9) в качестве нижнего предела интегрирования необходимо принимать минимальное расстояние  $R_{\text{мин}}$ , обеспечивающее вероятность поражения  $P = 1$ , а в качестве верхнего предела интегрирования — максимальное расстояние  $R_{\text{макс}}$ , обеспечивающее вероятность поражения, близкую к нулю.

Суммарный удельный импульс определяется следующей зависимостью:

$$I_{\text{уд}}^{\text{II}} = 2(i + j), \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (10)$$

где  $i, j$  — импульсы давления от падающей ударной волны и от давления скоростного напора, определяемые выражениями:

$$i = \frac{\Delta P \tau}{a} \left( 1 - \frac{1 - \exp(-a)}{a} \right), \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (11)$$

$$j = \frac{\rho_{\Phi} U_{\Phi}^2}{b} \left( 1 - \frac{2}{b} \left( 1 - \frac{1 - \exp(-b)}{b} \right) \right), \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (12)$$

где  $\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ, Па, определяемое по зависимости (4);

$\tau$  — время фазы сжатия, с (определяемое по формуле (5);

$\rho_{\Phi}$  — плотность воздуха во ФУВ, рассчитываемая по зависимости:

$$\rho_{\Phi} = \rho_0 \frac{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}{1 + \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}, \text{ кг/м}^3; \quad (13)$$

$U_{\Phi}$  — скорость движения воздуха за ФУВ, рассчитываемая по зависимости:

$$U_{\Phi} = \frac{C_0}{\gamma} \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\sqrt{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}}, \text{ м/с}. \quad (14)$$

В этих выражениях

$\rho_0$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$P_0$  — атмосферное давление, Па;

$C_0$  — скорость звука в воздухе, м/с;

$\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ, определяемое по выражению (4);

$\gamma$  — показатель адиабаты воздуха.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  в выражениях (11), (12) определяются по зависимостям:

$$a = 3,002 \cdot A^{-0,661} \exp(-4,372 \cdot A); \quad (15)$$

$$b = 12,916 \cdot B^{-0,303} \exp(-4,943 \cdot B), \quad (16)$$

где  $A$  и  $B$  — коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$A = \frac{i'}{\Delta P \tau}; \quad (17)$$

$$B = \frac{2 \cdot j'}{\rho_{\Phi} U_{\Phi}^2}, \quad (18)$$

где  $i'$  — удельный импульс давления от падающей ударной волны, рассчитываемый по формуле:

$$i' = 200 \cdot \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}}}{R}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (19)$$

$j'$  — удельный импульс давления от скоростного напора, определяемый по выражению:

$$j' = 300 \sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}} \cdot \left( \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}}}{R} \right)^{2,5}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (20)$$

В этих выражениях:

$$f = \frac{Q_{BB}}{Q_{ТГ-50}} \text{ — эквивалент тротила;}$$

$\omega_{\text{эКВ}}$  — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости

$$\omega_{\text{эКВ}} = \begin{cases} \omega_{BB}(1,9\alpha + 0,3), & \text{при } 0,1 \leq \alpha \leq 0,35 \\ \omega_{BB}, & \text{при } \alpha > 0,35 \end{cases}, \quad (21)$$

где  $\alpha = \frac{\omega_{BB}}{m_{\text{сн}}}$  — коэффициент наполнения мины;

Вероятность поражения суммарным удельным импульсом определяется по зависимостям:

$$\text{для НБТ } P = 5,96 \cdot 10^{-2} J_{\text{уд}}^{1,05 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(7,03 \cdot 10^{-3} J_{\text{уд}}^{\text{II}}); \quad (22)$$

$$\text{для ЛБТ } P = 2,91 \cdot 10^{-2} J_{\text{уд}}^{1,03 \cdot 10^{-4}} \exp(2,92 \cdot 10^{-3} J_{\text{уд}}^{\text{II}}); \quad (23)$$

где  $J_{\text{уд}}^{\text{II}}$  в Па·с.

При условиях  $J_{\text{уд}}^{\text{II}} \geq 400$  Па·с для ЛУТ,  $J_{\text{уд}}^{\text{II}} \geq 1200$  Па·с для ЛБТ, вероятность поражения объектов  $P=1$ .

Приведенная площадь поражения определяется по выражению:

$$S_{\text{пр}} = 2\pi \int_{0,01}^{10} P(R) \cdot R \cdot dR, \quad (24)$$

где  $P(R)$  — определяется по зависимостям (22), (23) в зависимости от типа поражаемого объекта.

Интегрируется выражение (24) методом Симпсона [4].

**Алгоритм расчета рисков в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин по небронированной и легкобронированной технике**

1. Ввод исходных данных для расчета:

- тип ВВ;
- масса РЗ ВВ  $\omega_{\text{ВВ}}$ , кг;
- масса снаряда  $m_{\text{м}}$ , кг.

2. Определение приведенной площади поражения техники:

$$S_{\text{пр}} = \int_0^{\infty} P(S) dS \approx 2\pi \int_{0,001}^{10} P(R) R dR, \text{ м}^2 \quad (25)$$

где  $P(R)$  — функция распределения вероятности поражения НБТ, ЛБТ от расстояния до места подрыва, определяемая в следующей последовательности:

1) определение избыточного давления во фронте ударной волны по за данным значениям расстояния от точки подрыва до цели:

$$\Delta P = \left[ 0,84 \frac{(2f \cdot \omega_{\text{эКВ}})^{1/3}}{R} + 2,7 \frac{(2f \cdot \omega_{\text{эКВ}})^{2/3}}{R^2} + 7 \frac{2f \cdot \omega_{\text{эКВ}}}{R^3} \right] \times 10^5, \text{ Па} \quad (26)$$

где  $f = \frac{Q_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{ТНТ}}}$  — эквивалент тротила;

$Q_{\text{ВВ}}$  и  $Q_{\text{ТНТ}}$  — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно (табл. 1);

$\omega_{\text{эКВ}}$  — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости (21);

$R$  — расстояние от точки подрыва до цели;

2) определение скорости перемещения ФУВ:

$$D_{\text{ф}} = 340 \sqrt{1 + 8,3 \Delta P}, \text{ м/с}, \quad (27)$$

где  $\Delta P$  в МПа;

3) определение времени фазы сжатия

$$\tau = f \sqrt[6]{\omega_{\text{ВВ}}} \cdot \sqrt{R} \cdot 10^{-3}, \text{ с}, \quad (28)$$

где  $f = \frac{Q_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{ТНТ}}}$  — эквивалент тротила;

$Q_{\text{ВВ}}$  и  $Q_{\text{ТНТ}}$  — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно табл. 1;

4) определение длины положительной фазы ударной волны

$$L = D_{\text{ф}} \cdot \tau, \text{ м}; \quad (29)$$

5) если при условии  $L > l$ , где  $l$  — габаритные размеры техники, приведенные в табл. 2, то поражение объекта осуществляется избыточным давлением во ФУВ  $\Delta P_{\text{отр}}$  [расчет проводить по п.п. 6, 7];

Если при условии  $L < l$ , то поражение производится суммарным удельным импульсом  $J_{\text{уд}}^{\text{II}}$  [расчет проводить по п.п. 8–16)];

6) определение избыточного давления во ФУВ

$$\Delta P_{\text{отр}} = 2\Delta P + \frac{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \cdot \Delta P^2}{\Delta P + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} P_0}, \text{ Па}, \quad (30)$$

где  $\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ, рассчитываемое по выражению (26) [Па];

$P_0$  — атмосферное давление,  $P_0 = 1,033 \cdot 10^5$  Па;

$\gamma$  — показатель адиабаты для воздуха ( $\gamma = 1,4$ .);

7) определение вероятности поражения избыточным давлением во ФУВ:

для НБТ  $P = 1,77 \cdot 10^{-2} \Delta P_{отр}^{-0,018} \cdot \exp(66 \cdot \Delta_{отр})$ ; (31)

для ЛБТ  $P = 8,65 \cdot 10^{-2} \Delta P_{отр}^{0,166} \cdot \exp(35,4 \cdot \Delta P_{отр})$ ; (32)

где  $\Delta P_{отр}$  — подставляется в Па (МПа).

При этом, если  $\Delta P_{отр} \geq 0,09$  МПа для ЛБТ,  $\Delta P_{отр} \geq 0,07$  МПа для ЛБТ, то вероятность поражения техники  $P = 1$ ;

8) определение величины импульсов от падающей ударной волны и от давления скоростного напора:

$$i' = 200 \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}}}{R}, \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (33)$$

$$j' = 300 \sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}} \cdot \left( \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}}}{R} \right)^{2/5}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (34)$$

где  $f = \frac{Q_{ВВ}}{Q_{ТНТ}}$  — эквивалент тротила;

$Q_{ВВ}$  и  $Q_{ТНТ}$  — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно (табл. 1);

$\omega_{эКВ}$  — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости (21);

$R$  — расстояние от точки подрыва до цели;

9) определение плотности воздуха во ФУВ:

$$\rho_{\phi} = \rho_o \frac{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}{1 + \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}, \text{ кг/м}^3; \quad (35)$$

где  $\rho_o$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$P_o$  — атмосферное давление, Па;

$\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ [Па], определяемое по выражению (26);

$\gamma$  — показатель адиабаты воздуха ( $\gamma=1,4$ );

10) определение скорости воздуха за ФУВ:

$$U_{\phi} = \frac{C_o}{\gamma} \frac{\frac{\Delta P}{P_o}}{\sqrt{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}}, \text{ м/с}, \quad (36)$$

где  $\rho_o$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$P_o$  — атмосферное давление, Па;

$C_o$  — скорость звука в воздухе, м/с;

$\Delta P$  — избыточное давление во ФУВ [Па], определяемое по выражению (26);

$\gamma$  — показатель адиабаты воздуха;

11) определение коэффициентов  $A$  и  $B$ :

$$A = \frac{i'}{\Delta P \cdot \tau}; \quad (37)$$

$$B = \frac{2 \cdot j'}{\rho_{\phi} U_{\phi}^2}, \quad (38)$$

где  $i'$  — в Па·с,  $\Delta P$  — Па,  $\tau$  — в секундах,  $j'$  — в Па·с,  $\rho_{\phi}$  — в кг/м<sup>3</sup>,  $U_{\phi}$  — в м/с;

12) определение коэффициентов  $a$  и  $b$ :

$$a = 3,002 A^{-0,661} \exp(-4,372 \cdot A); \quad (39)$$

$$b = 12,916 B^{-0,303} \exp(-4,943 \cdot B); \quad (40)$$

13) определение импульса от избыточного давления во ФУВ:

$$i = \frac{\Delta P \cdot \tau}{a} \left( 1 - \frac{(1 - \exp(-a))}{a} \right), \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (41)$$

где  $\Delta P$  — в Па·с,  $\tau$  — в секундах;

14) определение импульса от скоростного напора

$$j = \frac{\rho_{\phi} U_{\phi}^2 \cdot \tau}{B} \left( 1 - \frac{2}{B} \left( 1 - \frac{1 - \exp(-B)}{B} \right) \right), \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (42)$$

где  $\rho_{\phi}$  — в кг/м<sup>3</sup>,  $U_{\phi}$  — в м/с,  $\tau$  — в секундах.

15) определение суммарного удельного импульса

$$I_{уд}^{\Pi} = 2(i + j), \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (43)$$

16) определение вероятности поражения суммарным удельным импульсом:

$$\text{для НБТ } P = 5,96 \cdot 10^{-2} J_{уд}^{\Pi 1,05 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(7,03 \cdot 10^{-3} J_{уд}^{\Pi}); \quad (44)$$

$$\text{для ЛБТ } P = 2,91 \cdot 10^{-2} J_{уд}^{\Pi 1,03 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(2,92 \cdot 10^{-3} J_{уд}^{\Pi}); \quad (45)$$

где  $J_{уд}^{\Pi}$  в Па·с.

При выполнении условий:

$J_{уд}^{\Pi} \geq 400$  Па·с — для ЛБТ и  $J_{уд}^{\Pi} \geq 1200$  Па·с — для ЛБТ, (46) вероятность поражения техники  $P=1$ .

17) определение рисков в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин:

$$P_p = 1 - P(S)$$

где  $P(S)$  — функция распределения вероятности поражения техники в площади поражения противотранспортных мин.

### Заключение

В данной статье обоснован подход, по прогнозной оценке, риска при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России в условиях потенциального применения противником противотранспорт-

ных мин. Разработан конкретный алгоритм реализации предложенного подхода. Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей. Расчетные результаты адекватны реальным показателям. Поэтому указанный методический подход

предлагается использовать, в частности, при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России на этапе прогнозной оценки вероятного поражения транспорта и техники, например, на марше колонны автомобилей и техники подразделений МВД России.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.Н. Оптимальные системы управления. Аналитическое конструирование. М.: Изд-во физического факультета МГУ, 2015. 249 с.
2. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Ч. 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем / Б.А. Резников. Л.: МО СССР, 1990. 522 с.
3. Цыпкин Я.З. Моделирование и оптимизация сложных систем управления. М.: Наука, 1981. 272 с.
4. Шрейдер Ю.А. Системы и модели / Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. М.: Высш. шк., 1977. 480 с.
6. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мержиевский. Новосибирск, 2004. 255 с.

---

© Долгов Андрей Александрович (andaleks78@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ РИСКАМИ

**Долгов Андрей Александрович**

Адъюнкт, Академия управления МВД России, Москва  
andaleks78@yandex.ru

### MODELING AND MANAGEMENT OF TRANSPORT RISKS

**A. Dolgov**

*Summary. Subject.* The paper raises the issue of increasing the efficiency of managing transport risks, it is proposed to determine their probability using modeling, as well as to assess their possible consequences. *Methods.* The article also discusses various methods of modeling transport risks, including statistical analysis, risk event modeling, network structure analysis and others. Each of these methods has its own advantages and limitations. *Results.* A solution to the problem is proposed based on the method of multi-criteria comparative evaluation of objects taking into account objectively existing factors of uncertainty. *Conclusions.* It follows that the proposed information-statistical approach to the problem of morphological and typological analysis of risk assessment options is prone to errors due to a priori information presented in various forms. Therefore, the justified use of various methods of modeling transport risks allows assessing the probability of occurrence of risk events, identifying the most risky places and taking measures to reduce risks.

*Keywords:* transport, factors, risk, methods, modeling, advantages, disadvantages, risk analysis, risk management.

*Аннотация. Предмет.* В работе поднимается проблема повышения эффективности управления транспортными рисками, предлагается с помощью моделирования определять вероятность их возникновения, а также оценивать их возможные последствия. *Методы.* В статье также обсуждаются различные методы моделирования транспортных рисков, включая статистический анализ, моделирование рисков событий, анализ сетевых структур и другие. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения. *Результаты.* Предложен способ решения задачи, основанного на методе многокритериальной сравнительной оценки объектов с учетом объективно существующих факторов неопределенности. *Выводы.* Следует, что предлагаемый информационно-статистический подход к проблеме морфологического и типологического анализа вариантов выбора оценки риска подвержен ошибкам из-за априорной информации, представленной в различных формах. Поэтому, обоснованное применение различных методов моделирования транспортных рисков позволяет оценить вероятность возникновения рисков событий, определить наиболее рисковые места и принять меры по уменьшению рисков.

*Ключевые слова:* транспорт, факторы, риск, методы, моделирование, достоинства, недостатки, анализ рисков, управление рисками.

Транспортные риски являются важной проблемой в современном обществе. Несмотря на значительные прогрессы в технологии и безопасности транспорта, существуют определенные риски, которые могут привести к серьезным последствиям для экономики и общества. Такие риски могут быть связаны с авариями, кражами грузов, задержками в доставке и другими факторами.

Моделирование транспортных рисков является эффективным способом анализа этих рисков и их влияния на различные стороны экономики и общества. С помощью моделирования можно определить вероятность возникновения транспортных рисков, а также оценить их возможные последствия.

Существуют различные методы моделирования транспортных рисков, включая статистический анализ, моделирование рисков событий, анализ сетевых структур и другие. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения, что требует выбора подходящего метода в зависимости от конкретной задачи [1].

Математическое моделирование транспортных систем имеет ряд преимуществ. Оно позволяет проводить

инженерный анализ и принимать эффективные решения с точки зрения стоимости, безопасности движения и пропускной способности [2]. С помощью математического моделирования можно прогнозировать изменения в транспортных потоках при внесении изменений в инфраструктуру и планировать транспортные системы современных городов.

Обзор литературы по данной теме показывает, что основными элементами различных моделей управления рисками являются процедуры определения рисков, анализа рисков и контроля рисков [3].

На рис. 1 показаны данные элементы. Таким образом, можно предположить, что в отношении основных процессов, из которых они состоят, почти все модели схожи, в то время как различаются только названия этих процессов [4].

Рассмотрим предлагаемые методы моделирования управления рисками.

Один из наиболее распространенных методов моделирования транспортных рисков — **статистический анализ**. С помощью этого метода можно выявить зави-



Рис. 1. Элементы модели управления рисками

симости между различными факторами и вероятностью возникновения транспортных рисков. Статистический анализ позволяет также определить факторы, которые наиболее сильно влияют на вероятность возникновения рисков [5].

Другой метод моделирования транспортных рисков — **моделирование рисков событий**. Этот метод позволяет учитывать не только вероятность возникновения транспортных рисков, но и их возможные последствия. Моделирование рисков событий позволяет также рассчитать потери, связанные с возможными рисками, что является важной информацией для принятия решений [6].

Описание метода моделирования рисков событий состоит в следующем. Сначала определяются все возможные рисковые события, которые могут произойти в транспортной системе. Затем определяется вероятность возникновения каждого из этих событий. После этого рассчитываются потенциальные последствия каждого рискового события, такие как потери в денежном выражении, человеческие потери и т.д.

Затем моделируются все возможные комбинации рисковых событий и рассчитываются общие потери от каждой комбинации. В результате можно определить вероятность возникновения каждой комбинации рисковых событий и ее потенциальные последствия.

Применение метода моделирования рисковых событий в транспортной отрасли обосновано тем, что он позволяет учитывать все возможные рисковые события и их потенциальные последствия. Это дает возможность принимать более обоснованные решения по управлению транспортными рисками.

Кроме того, моделирование рисковых событий позволяет учитывать не только вероятность возникновения рисков, но и их взаимосвязь между собой. Это может быть особенно важно в случае возникновения нескольких рисковых событий одновременно, когда их взаимодействие может усугубить последствия.

Таким образом, метод моделирования рисковых событий является эффективным инструментом для анализа транспортных рисков и принятия решений по их управлению.

Также существуют **методы моделирования на основе анализа сетевых структур**, которые позволяют

учитывать взаимосвязи между различными элементами транспортной системы. Такой подход позволяет учесть влияние не только самого транспортного средства, но и других факторов, таких как погода, дорожные условия и т.д. [7, 8].

Одним из эффективных методов моделирования рисков в транспортной отрасли является **метод стохастического моделирования**. Этот метод основывается на использовании вероятностных распределений для моделирования случайных событий, которые могут повлиять на работу транспортной системы [9].

Применение метода стохастического моделирования в транспортной отрасли позволяет учитывать сложные взаимодействия между различными факторами, которые могут повлиять на работу транспортной системы. Например, погодные условия могут повлиять на состояние дороги, что может привести к аварии. Стохастическое моделирование позволяет учитывать эту взаимосвязь и предсказывать вероятность возникновения риска при определенных условиях. Кроме того, метод стохастического моделирования может использоваться для анализа не только отдельных рисковых событий, но и для оценки общей устойчивости транспортной системы в целом.

Стохастическое моделирование позволяет учитывать любые вводимые в задачу факторы и оценивать вероятность возникновения рисков при перевозке опасных грузов.

Однако, следует учитывать, что метод стохастического моделирования также имеет свои ограничения. Например, для его применения необходимы достаточно большие объемы данных и сложные математические расчеты.

Следующим эффективным методом моделирования рисков в транспортной отрасли является метод Monte Carlo. Он также основан на стохастическом моделировании и представляет собой алгоритм, который позволяет оценить вероятность возникновения рисков в различных сценариях [10].

Применение данного метода обусловлено тем, что он позволяет учитывать множество различных факторов, которые могут повлиять на работу транспортной системы и вызвать риски. На рис. 2 показаны данные факторы.

Применение метода Monte Carlo в транспортной отрасли позволяет оценить вероятность возникновения рисков при перевозке грузов, движении транспортных средств и других операциях, связанных с транспортной системой. В результате можно получить качественные и количественные оценки рисков и принять обоснованные решения по управлению ими.

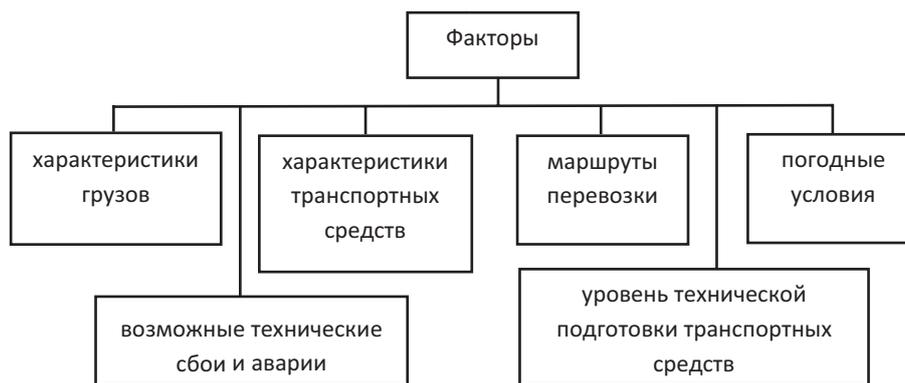


Рис. 2. Факторы, влияющие на работу транспортной системы

Недостатком построения модели транспортных рисков на основе метода Monte Carlo, является сложный и трудозатратный процесс.

В целом, обзор литературы показывает, что различные методы моделирования имеют свои преимущества и недостатки, и выбор подходящего метода зависит от конкретной задачи.

Рассмотрим способ решения задачи многомерной оценки риска при разработке основного и альтернативных маршрутов продвижения транспортной колонны или при выборе вариантов охраны транспортной колонны, или при выборе варианта размещения транспортных средств в колонне в формулировке на основе информационно-статистического подхода [11].

Суть данного подхода основана на методе решения задачи многокритериальной сравнительной оценки объектов с учетом объективно существующих факторов неопределенности. Решение такой задачи предполагает следующий порядок обоснования и формализации показателей.

Допустим, требуется определить и оценить риски выбора основного и резервного маршрутов транспортной колонны с учетом различных факторов (протяженность, рельеф местности, профиль рельефа местности, дозаправка транспорта и т.д.)  $R_1, R_2, \dots, R_j, \dots, R_m$ , которые могут быть сопоставлены с рядом показателей  $P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m$ , определяющих предпочтение того или иного варианта. Предпочтение варианта  $R_i$  с точки зрения учета одного показателя  $N_j$  может быть определено по показателю  $X_{ji}$ , который имеет определенный физический смысл. Для некоторых критериев сравнения предпочтение рассматриваемых транспортных маршрутов может определяться рангом (порядковым номером, который получает каждый объект при размещении их в порядке предпочтения с позиции рассматриваемого критерия), количеством баллов или качественным показателем (отношением порядка предпочтения в форме  $R_1 > R_2 > \dots$ ).

В формализованном виде исходная информационная ситуация может быть представлена в виде матрицы (табл. 1).

Поскольку для сравнительного анализа привлекается ограниченный набор однотипных объектов (выборка), в общем случае набор оценок показателей  $X_{ji}$  ( $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ ) представляет собой выборку случайных величин, законы распределения которых неизвестны. «Веса» критериев  $N_j$  ( $r_j, r_j = 1$ ) также неизвестны.

Таблица 1.

Матрица для показателей  $X_{ji}$  для маршрутов движения транспорта

	$R_1$	$R_2$	...	$R_j$	...	$R_m$
$P_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1j}$	...	$X_{1m}$
$P_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2j}$	...	$X_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$P_j$	$X_{j1}$	$X_{j2}$	...	$X_{ji}$	...	$X_{jm}$
...	...	...	...	...	...	...
$P_n$	$R_1 >$	$R >$	...	$R >$	...	$> R_m$

Отметим, что определение весовых коэффициентов является сложным элементом в рассматриваемой задаче и требует использования соответствующих рабочих гипотез, на основе которых определяются модели весовых коэффициентов методами теории принятия решений в условиях неопределенности. Для этой цели применяют «обобщенный» показатель в виде дроби или взвешенной суммы.

Дробный «обобщенный» показатель имеет вид:

$$\mathfrak{E} = \frac{K_1^{(+)} \times K_2^{(+)} \dots K_n^{(+)}}{K_1^{(-)} \times K_2^{(-)} \dots K_n^{(-)}} \quad (1)$$

где:  $\mathfrak{E}$  — эффективность;

$K_i^{(+)}$  — показатель, увеличение которого желательно;

$K_i^{(-)}$  — показатель, увеличение которого нежелательно.

Аддитивный «обобщенный» показатель в виде суммы взвешенных критериальных показателей:

$$\Theta = \alpha_1 \times K_1^{(+)} + \alpha_2 \times K_2^{(+)} - \alpha_3 \times K_3^{(-)} + \dots \quad (2)$$

В данном показателе «веса»  $\alpha_i$  назначаются, как правило, субъективно и считаются неизменными. Поэтому, этот способ применять можно, но если в каждом конкретном случае обоснованно определять «веса».

Для многокритериальных задач обоснованный выбор «весов» требует перебора множества вариантов. Например, одним из старейших методов такого плана является метод Парето, применявшийся, в начале, для 2-х...3-х критериев [12].

Если предположить, что проблема оценки весов была более или менее удовлетворительно преодолена, и исходная морфологическая матрица была преобразована в матрицу с однородными элементами  $P_{ji}$ , имеющими то же вероятностное значение, которое определяет «рейтинг показателя» конкретного транспортного маршрута, то вполне естественно ввести обобщенный показатель, позволяющий ранжировать сравниваемые маршруты (критерий Байеса)

$$W_i = \sum_{j=1}^n r_j P_{ji} \quad (3)$$

Используя показатель (3), можно определить комплексный критерий, установить порядок предпочтения в ранжированной форме всех маршрутов и дать вероятностную интерпретацию полученного решения. Тогда информационная ситуация может быть представлена в виде следующей матрицы (таблица 2).

Таблица 2.

Матрица с элементами  $P_{ji}$  для маршрутов движения транспорта

	$R_1$	$R_2$	...	$R_j$	...	$R_m$
$\Pi_1$	$P_{11}$	$P_{12}$	...	$P_{1j}$	...	$P_{1m}$
$\Pi_2$	$P_{21}$	$P_{22}$	...	$P_{2j}$	...	$P_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_j$	$P_{j1}$	$P_{j2}$	...	$P_{jj}$	...	$P_{jm}$
...	...	...	...	...	...	...
$\Pi_n$	$P_{n1} >$	$P_{n2} >$	... >	$P_{nj} >$	... >	$P_{nm}$

Таким образом, при постановке и решении рассматриваемой проблемы представляется целесообразным выделить следующие этапы.

1. Формирование матрицы показателей и результатов оценки предпочтительности транспортных маршрутов на основе набора характеристик и критериев сравнения.
2. Преобразование качественных показателей в количественные.

3. Преобразование коррелированных значений показателей в некоррелированные.
4. Преобразование элементов матрицы в безразмерную форму и определение вероятностных мер, соответствующих этим элементам.
5. Разработка моделей для расчета весовых коэффициентов для сравниваемых транспортных маршрутов.
6. Проведение расчетов и анализа обобщенных (комплексных) показателей, характеризующих каждый маршрут. Реализация вероятностной и семантической интерпретации результатов анализа.

В случаях, когда по некоторым критериям предпочтение маршрутов движения транспорта определяется на качественном уровне с помощью ранговых оценок или баллов, представляется целесообразным использовать принцип максимальной неопределенности [11], количественную оценку показателя  $P_{ji}$  (индекс  $j$  для дальнейших выводов и рассуждения будут опущены) в данном случае может быть представлено в виде:

$$P_i = \frac{m - i + 1}{s}, \quad i \leq 1, \dots, m \quad (4)$$

где

$$s = \sum_{i=1}^l a_i (m - i + 1), \quad l = m - \sum_{i=1}^m (a_i - 1),$$

$i$  — порядковый номер предпочтительного маршрута в общей совокупности, определяемый либо по отношению к порядку предпочтения (см. последнюю строку исходной матрицы), либо по точкам, либо по ранговой последовательности;

$a_i$  — это степень кратности порядковых чисел  $k$ . Справедливость зависимости (4) вытекает из решения следующей экстремальной задачи:

$$H_2(P_i) = \prod_{i=1}^l P_i^{(m-i+1)a_i} \rightarrow \max_{P_i} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^l a_i P_i = 1,$$

где  $H_2(P_i)$  — мера неопределенности второго рода.

Чтобы проиллюстрировать этот подход, рассмотрим следующий пример.

Пусть с помощью критерия  $P_p$  определено, что маршрут 1 (MS-1)  $R_1$  предпочтительнее маршрута 2 (MS-2)  $R_2$ , а  $R_2$  предпочтительнее всех других транспортных маршрутов. Символически это можно записать следующим образом:

$$R_1 \succ R_2 \succ (R_3, \dots, R_m) \quad (6)$$

Предполагается, что  $R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_m$ , с точки зрения их оценки по критерию  $P_p$  эквивалентны. Это необходимо для определения значений показателей  $P_{pi}$ . В этом случае определение показателей  $P_{pi}$  сводится к решению экстремальной задачи (5)

$$H_2 = P_1^{m-1+1} P_2^{m-2+1} P_3^{(m-3+1)(m-2)} \rightarrow \max_{P_1, P_2, P_3}. \quad (7)$$

Введем неопределенный множитель и составим функцию Лагранжа:

$$L = P_1^m P_2^{m-1} P_3^{(m-2)^2} + \lambda * [1 - P_1 - P_2 - (m-2)P_3]. \quad (8)$$

Экстремум меры неопределенности  $H_2$  достигается при условии, что

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = m P_1^{m-1} P_2^{m-2} P_3^{(m-2)^2} - \lambda = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = (m-1) P_1^m P_2^{m-2} P_3^{(m-2)^2-1} - \lambda = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_3} = (m-2)^2 P_1^m P_2^{m-1} P_3^{(m-2)^2-1} - \lambda(m-2) = 0.$$

Если умножить полученные уравнения последовательно на  $P_1, P_2, P_3$  и просуммировать их, то множитель  $\lambda$  определяется как:

$$\lambda = [m + m - 1 + (m-2)^2] P_1^m P_2^{m-1} P_3^{(m-2)^2}. \quad (9)$$

Последовательно подставляя последнее выражение в частные производные функции Лагранжа после сокращений и преобразований находим:

$$P_1 = \frac{m}{m^2 - 2m + 3}, \quad P_2 = \frac{m-1}{m^2 - 2m + 3}, \quad (10)$$

$$P_3 = \frac{(m-2)^2}{m^2 - 2m + 3}.$$

Следует также отметить, что предлагаемый информационно-статистический подход к проблеме морфологического и типологического анализа вариантов выбора оценки риска при разработке основных и альтернативных маршрутов перемещения транспортной колонны или при выборе вариантов охраны транспортной колонны или выборе варианта размещения транспортных средств в колонне подвержен ошибкам. Априорная информация представлена в различных формах, в том числе полученная в результате экспертного анализа факторов, определяющих предпочтение характеристик.

Поэтому, обоснованное применение различных методов моделирования транспортных рисков позволяет оценить вероятность возникновения рисков событий, определить наиболее рискованные места и принять меры по уменьшению рисков.

Основными шагами анализа результатов моделирования транспортных рисков могут быть:

1. Оценка вероятности возникновения рисков событий. При моделировании транспортных рисков определяется вероятность возникновения рисков событий, которые могут привести к потере жизни, здоровья или имущества. Анализ результатов моделирования позволяет оценить вероятность возникновения каждого рискованного события и определить наиболее критические места.
2. Оценка степени воздействия рисков событий на транспортную систему и ее пользователей. При моделировании транспортных рисков также оценивается степень воздействия рисков событий на транспортную систему и ее пользователей. Анализ результатов моделирования позволяет определить, какие виды транспорта наиболее подвержены рискам, какие категории пользователей являются наиболее уязвимыми и какие виды рисков являются наиболее опасными.
3. Определение наиболее эффективных мер по уменьшению рисков. Анализ результатов моделирования транспортных рисков позволяет определить наиболее эффективные меры по уменьшению рисков. Это может включать различные технические и организационные меры, такие как улучшение безопасности транспортных средств, обучение пользователей, улучшение дорожной инфраструктуры и другие.
4. Оценка эффективности мер по уменьшению рисков. После принятия мер по уменьшению рисков, необходимо оценить их эффективность. Анализ результатов моделирования транспортных рисков позволяет оценить влияние принятых мер на уменьшение рисков и принять дополнительные меры при необходимости.

Таким образом, результаты моделирования транспортных рисков подтверждают необходимость внедрения новых технологий и улучшения инфраструктуры в транспортной отрасли для снижения уровня рисков и достижения экономических выгод.

На основе проведенного анализа методов моделирования транспортных рисков можно сделать следующие выводы:

Во-первых, аварии на дорогах и задержки в доставке грузов являются наиболее значимыми рисками в транспортной отрасли, которые могут привести к серьезным материальным потерям и повлиять на работоспособность всей транспортной системы.

Во-вторых, использование новых технологий и развитие инфраструктуры может снизить уровень транспортных рисков. Например, автоматические системы контроля транспортных средств и дорожные камеры могут помочь предотвратить аварии на дорогах, а улуч-

шение логистических процессов может сократить время доставки грузов и снизить вероятность задержек.

В-третьих, сокращение транспортных рисков может привести к экономической выгоде для компаний и государства в целом.

Поэтому оценка транспортных рисков требует внимательного анализа и высокой компетенции в области транспортной безопасности и рискованного менеджмента. Внедрение новых методов и подходов по управлению рисками повысит безопасность и эффективность транспорта, а также уменьшит негативное воздействие на окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарева И.О., Латыпова Э.А. Имитационное моделирование как инструмент комплексной оценки стратегических рисков логистического предприятия // Инженерный вестник Дона (Сетевое издание). — 2017. — №1.
2. Зырянов В.В., Криволапова О.Ю. Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети // Инженерный вестник Дона (Сетевое издание). — 2012. — №4.
3. Norrman A., Jansson U. Ericsson's Proactive Supply Chain Risk Management Approach After a Serious Sub-Supplier Accident // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. — 2004. — №34(5). — С. 434–456.
4. Efrah wozir Abdulahi, Luo Fan. Literature Review of Multimodal Transportation Risk Management System // International Journal of Multidisciplinary Research. — 2020. — №4(11). — С. 119–127.
5. Вяцкова Н.А. Классификация методов анализа и оценки рисков // cyberleninka.ru URL: cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-metodov-analiza-i-otsenki-riskov/viewer (дата обращения: 24.04.23).
6. Масюк Н.Н., Коровин Д.И., Чебыкина Е.В. Моделирование рисков событий как методическая основа расчета страховых тарифов // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова, № 4, 2007. — С.244–247.
7. Кулешов И.А., Дуплинский М.А., Малахов Ю.А. Анализ методов моделирования сетей связи // Научно-технические ведомости, С-Пб: СПбГТУ № 2, 2010. — С.148–152.
8. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. Моделирование систем и сетей Телекоммуникаций // Уч. Пособ. — СПб, изд. РГГМУ, 2012 — 136 с.
9. Карева Ю.Ю., Шиховцов Ю.В. Стохастическое моделирование — эффективный метод исследования // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. — 2016. — № 11 (141). С.74–80.
10. Некруткин В.В. Основы метода Монте-Карло / каф. статистического моделирования, <http://statmod.ru>, матмех СПбГУ, Лекции к специальному курсу, 2018 г. 75 с.
11. Мартыщенко Л.А., Ивченко Б.П., Монастырский М.Л. Теоретические основы информационно-статистического анализа сложных систем. — СПб.: Лань, 1997. — 320 с.
12. Пахомов А.П. Применять или не применять принцип Парето на практике? // Вестник РУДН, серия «Экономика», 2010, № 1. — С.5–11.

© Долгов Андрей Александрович (andaleks78@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ

## ITERATION ALGORITHM OF SOLUTION OF CONTACT PROBLEM

A. Ketov

*Summary.* The paper discusses the features of the algorithm of numerical solution of contact problems of solid mechanics in complex contact problems with local contact. The solution is constructed in the framework of discrete technology based on the new iterative algorithm. The method consists of iterating the power conditions on the contact surface. The stress-strain state of the tool joint is determined for the testing and for the experimental data.

*Keywords:* contact interaction, static nonsolution, iterative process, speed of solution.

**Кетов Антон Викторович**

кандидат технических наук, доцент,  
Дальневосточный Государственный Университет  
Пути Сообщения (г. Хабаровск)  
antonk500255@rambler.ru

*Аннотация.* В работе рассмотрены особенности алгоритма численного решения контактных задач механики деформируемого твёрдого тела в сложных контактных задачах с локальным контактом. Решение построено в рамках дискретной технологии на основе нового итерационного алгоритма. Метод состоит в итерационном выполнении на контактной поверхности силовых граничных условий. Проведено определение напряжённо-деформированного состояния для тестирования и для экспериментальных данных.

*Ключевые слова:* контактное взаимодействие, статическая неопределённость, итерационный процесс, скорость решения.

### Введение

**А**налитическое решение контактной задачи существует лишь для простейших случаев контакта двух деформируемых тел. В общем случае контактная задача является **статически неопределимой**, причем **степень неопределимости заранее неизвестна** (заранее неизвестно число  $n$  и расположение контактирующих участков).

Условием, отражающим характер взаимодействия при контакте деформируемых тел, является **совместность перемещений** всех контактирующих точек их поверхностей под действием нагрузки. Это условие можно описать [1] в виде интегрального уравнения:

$$\iint_S q(u,v) K_{\Sigma}(u',v',u,v) dudv + \Delta(u',v') = \delta \quad (1)$$

где  $S$  — площадь контакта взаимодействующих тел;  $q$  — контактное напряжение (давление);  $u,v$  — текущие координаты точки приложения силы;  $u',v'$  — текущие координаты точки измерения перемещений поверхностей тел;  $K_{\Sigma}(u',v',u,v)$  — функция влияния распределённых нагрузок на сумму перемещений поверхностей тел вследствие всех деформаций взаимодействующих тел;  $\Delta$  — зазор между поверхностями взаимодействующих тел до нагружения;  $\delta$  — сближение контактирующих тел, являющееся мерой их деформирования.

Кроме условия совместности перемещений, должны выполняться и условия равновесия сил, которые описываются [1] уравнением:

$$\iint_S q(u,v) dudv = F, \quad (2)$$

где  $F$  — внешняя сжимающая сила.

При решении системы из двух интегральных уравнений (1) и (2) можно найти, как распределяется нагрузка по площадкам контакта при контакте взаимодействующих тел. Для возможности получения такого решения **при неизвестных заранее** размерах, форме и числе площадок контакта между взаимодействующими телами эта система уравнений должна быть дополнена [1] **краевыми (граничными) условиями**:

для всех точек на площадках контакта

$$q > 0, \Delta + W = \delta, \quad (3)$$

на свободных (вне площадок контакта) поверхностях тел

$$q = 0, \Delta + W > \delta, \quad (4)$$

где  $q$  — контактное напряжение (давление);  $\Delta$  — зазор между поверхностями контактирующих тел до нагружения;  $W$  — сумма местных и общих деформаций поверхностей тел;  $\delta$  — сближение контактирующих тел, являющееся мерой их деформирования.

### Обзор существующих решений

Дискретный численный итерационный метод решения **прямой** (при заданной величине внешней сжимающей силы  $F$ ) контактной задачи был предложен К.И. За-

блонским [2]. Система интегральных уравнений (1) и (2) сводится к системе  $(n + 1)$  линейных алгебраических уравнений. Поскольку размеры площадок контакта и число  $n$  участков, передающих нагрузку, заранее неизвестны, распределение нагрузки находится **методом итераций** путем многократного решения системы линейных уравнений с последовательным исключением участков, на которых нагрузка принимает отрицательные значения, и уточнением границ площадок контакта в ходе итераций [2]. Недостатки этого метода: 1) необходимо **многократное решение** системы линейных уравнений высокого порядка (на **каждой** итерации внешнего цикла); 2) метод применим только при **линейной** зависимости деформаций от сил.

Дискретный численный метод решения **обратной** (при заданном сближении  $\delta$  контактирующих тел) контактной задачи предложен Г.И. Шевелевой [3]. Недостатки этого метода: 1) в проектном расчете (при заданной величине внешних сил) необходимо **неоднократно** (при нелинейной зависимости  $\delta(F_n)$  не менее 3-х раз) решать **обратную** контактную задачу, что требует дополнительных неэффективных затрат машинного времени ЭВМ; 2) при **аппроксимации** зависимости  $\delta(F_n)$  в расчёт вносятся **дополнительные** погрешности, уменьшить которые можно только за счёт дополнительных затрат машинного времени ЭВМ на дополнительные решения обратной контактной задачи в промежуточных точках для аппроксимации; 3) предложенный Г.И. Шевелевой вариант расчёта [3] учитывает **только контактные** деформации тел.

**Предлагаемое решение**

Для решения дискретным методом разобьём площадку контакта, лежащую в общей касательной плоскости контактирующих поверхностей тел, на прямоугольные участки, в пределах которых контактная нагрузка будет считаться равномерно распределенной и равной её значению в центре каждого участка. Условия совместности перемещений должны будут выполняться в расчётных точках, расположенных в центрах участков. При этом система уравнений (1) и (2) сводится к системе  $(n + 1)$  алгебраических уравнений [1]:

$$\sum_{k=1}^n q_k K_{ik} \Delta u \Delta v + \Delta_i = \delta, \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \Delta u \Delta v = F, \quad (5)$$

где  $i, n$  — номер и число контактирующих участков;  $q_i, q_k$  — контактные напряжения (давления) на участках;  $K_{ik}$  — коэффициент влияния единичной, равномерно распределённой по  $k$ -му участку нагрузки на сумму перемещений поверхностей зубьев (вследствие деформаций зубьев и их оснований) в расчётной точке  $i$ -го участ-

ка;  $\Delta u, \Delta v$  — длина и ширина прямоугольных участков;  $\Delta_i$  — существовавший до нагружения зазор (в направлении общей контактной нормали) между поверхностями тел в расчётной точке  $i$ -го участка;  $\delta$  — сближение контактирующих тел (вследствие всех видов деформаций);  $F$  — внешняя сжимающая сила.

Если при сближении деформируемые тела перемещаются друг относительно друга поступательно, то без учета сил трения систему уравнений (5) можно, следуя (3), представить в виде:

$$\Delta_i + W_i = \delta, \quad (i = 1, \dots, n);$$

$$\sum_{i=1}^n F_i = F, \quad (6)$$

где  $i, n$  — номер и число контактирующих участков;  $\Delta_i$  — зазор между поверхностями тел до нагружения;  $W_i$  — сумма местных и общих деформаций поверхностей тел;  $\delta$  — линейное сближение деформируемых тел;  $F_i$  — равнодействующая нагрузки, распределенной по  $i$ -му участку;  $F$  — внешняя сжимающая сила.

Для вывода основной итерационной формулы нового итерационного процесса второе уравнение системы разделим почленно на величину  $\delta$ :

$$\sum_{i=1}^n (F_i / \delta) = F / \delta, \quad (7)$$

Учитывая, что из первого уравнения непосредственно имеем  $\delta = \Delta_i + W_i$ , заменим этой суммой величину  $\delta$  в левой части выражения (7) и получим:

$$\sum_{i=1}^n (F_i / (\Delta_i + W_i)) = F / \delta, \quad (8)$$

Дробное выражение в левой части (8) обозначим как:

$$f_i = F_i / (\Delta_i + W_i), \quad (i = 1, \dots, n) \quad (9)$$

Эту величину  $f_i$  и будем использовать для уточнения значения величины  $F_i$  равнодействующей нагрузки, распределенной по  $i$ -му участку ( $i = 1, \dots, n$ ), на каждой последующей итерации внутреннего цикла.

Окончательно получаем следующий вид итерационного выражения: *предлагается для уточнения величины  $F_i$  в итерациях внутреннего цикла использовать итерационное выражение, удовлетворяющее условию равновесия сил, вида:*

$$F_{i,k+1} = f_i F / \sum_{i=1}^n f_i, \quad (10)$$

где  $F_{i,k+1}$  — уточнённое значение силы  $F_{i,k}$ ;  $k$  — порядковый номер итерации;  $F$  — внешняя сжимающая сила;

$f_i$  — величина, обеспечивающая выполнение условий совместности перемещений в ходе итерационного процесса, простейшее выражение для которой имеет вид:

$$f_i = F_{i,k} / (\Delta_i + W_i), (i = 1, \dots, n). \quad (11)$$

Докажем, что выражение (10) обеспечивает **обязательное** выполнение условия равновесия сил на **каждой** итерации внутреннего цикла. Действительно, при использовании выражения (10) имеем:

$$\sum_{i=1}^n F_{i,k+1} = \sum_{i=1}^n \left[ f_i \left( F / \sum_{j=1}^n f_j \right) \right] = \left( F / \sum_{j=1}^n f_j \right) \sum_{i=1}^n f_i = F,$$

следовательно  $\sum_{i=1}^n F_{i,k+1} = F,$  (12)

что и требовалось доказать.

Итерационная формула (10) используется для уточнения величины  $F_i$  в итерациях *внутреннего* цикла. Уточнение границ площадок контакта и числа  $n$  участков, передающих нагрузку, производится в итерациях *внешнего* цикла по условиям (3) и (4). При этом в качестве величины  $\delta$  линейного сближения деформируемых тел можно принимать или **максимальное** из величин  $\delta_i (i = 1, \dots, n)$ , полученных в конце каждого внутреннего цикла итераций, или их **среднее** значение.

### Сходимость алгоритма

Рассмотрим вопрос о сходимости такого итерационного алгоритма. Для этого выразим из (10) отношение

$$F_{i,k+1} / F_{i,k} = \left( F / \sum_{j=1}^n f_j \right) / (\Delta_i + W_i). \quad (13)$$

Предположим, что величина  $\delta = \text{const}$ . Тогда из (7) имеем, что

$$\left( F / \sum_{j=1}^n f_j \right) = \delta. \quad (14)$$

Если  $\Delta_i + W_i < \delta$ , то из (13) с учётом (14) имеем  $F_{i,k+1} > F_{i,k}$ .

Если  $\Delta_i + W_i = \delta$ , имеем  $F_{i,k+1} = F_{i,k}$ . Если  $\Delta_i + W_i > \delta$ , имеем  $F_{i,k+1} < F_{i,k}$ .

Это доказывает, что при  $\delta = \text{const}$  предлагаемый итерационный алгоритм всегда сходится, обеспечивая выполнение условий совместности перемещений с любой требуемой точностью.

Результаты выполненных расчётов на ЭВМ показывают, что описанный итерационный алгоритм сходится также и при **монотонно убывающем, монотонно возрастающем** или **асимптотическом** изменении величины  $\delta$  в ходе итераций внутреннего цикла.

### Тестирование алгоритма

Тестовая проверка работы нового алгоритма расчёта распределения нагрузки при контакте тел проводилась для классической задачи контакта сферы с упругой полуплоскостью. Начальное распределение нагрузки — равномерное (самый неблагоприятный случай). На рис. 1–6 приведены изменения эпюр напряжений в ходе итерационного процесса.

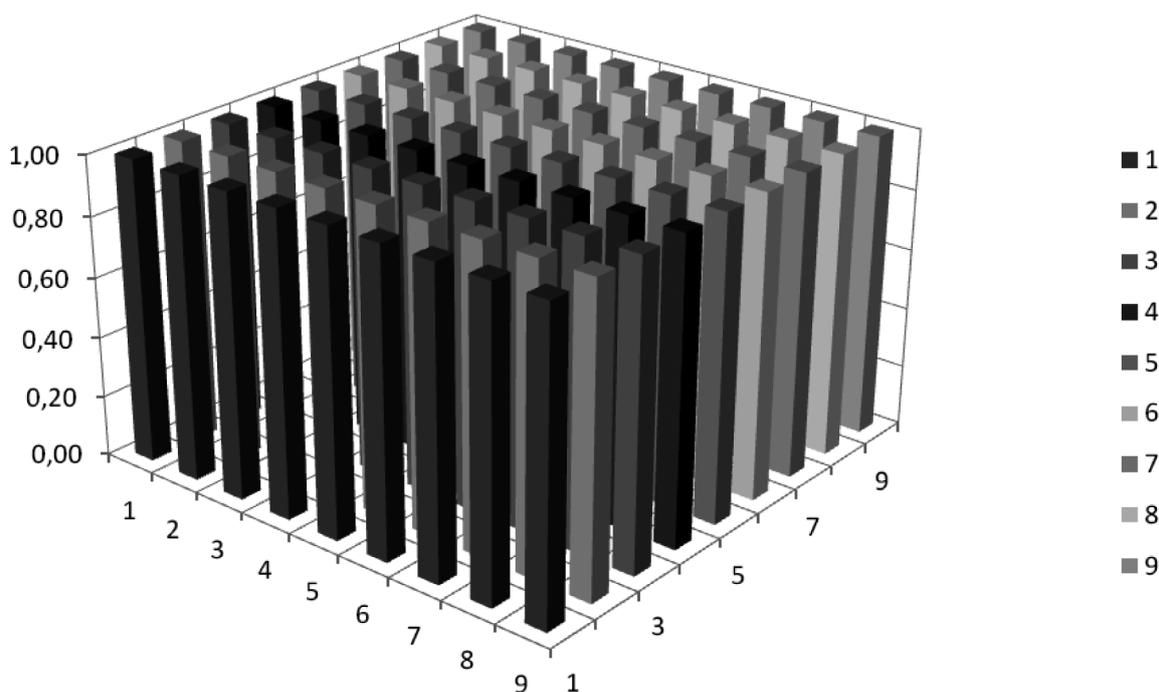


Рис. 1. Начальное приближение (равномерное распределение нагрузки)

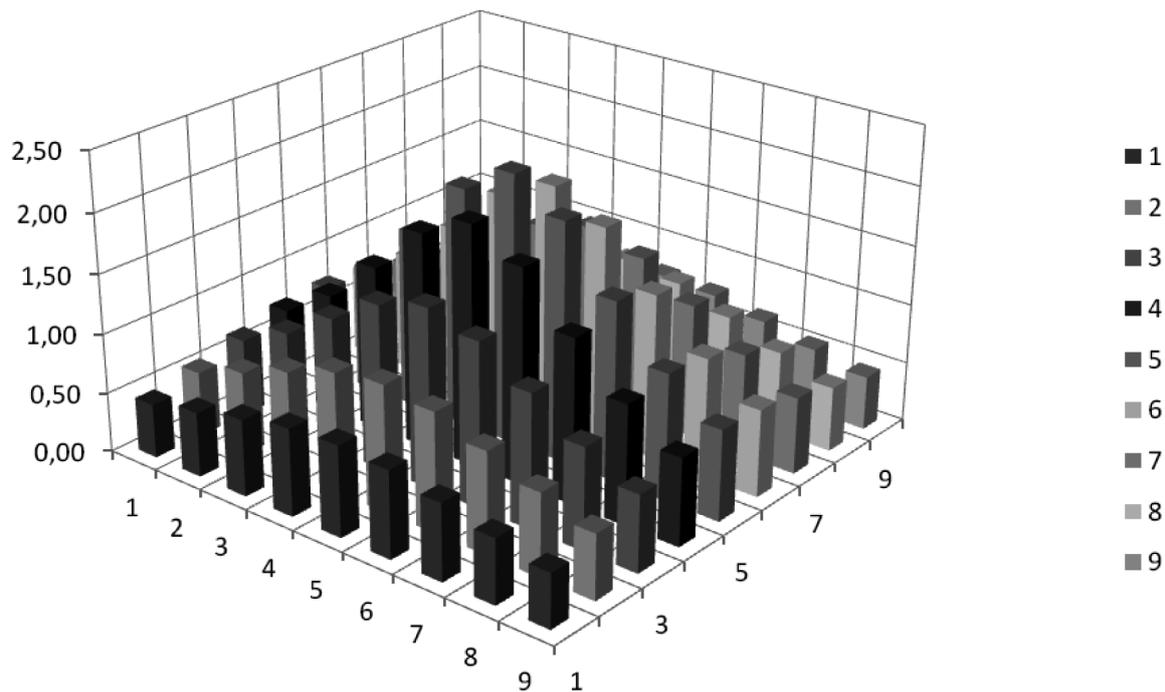


Рис. 2. Итерация 1

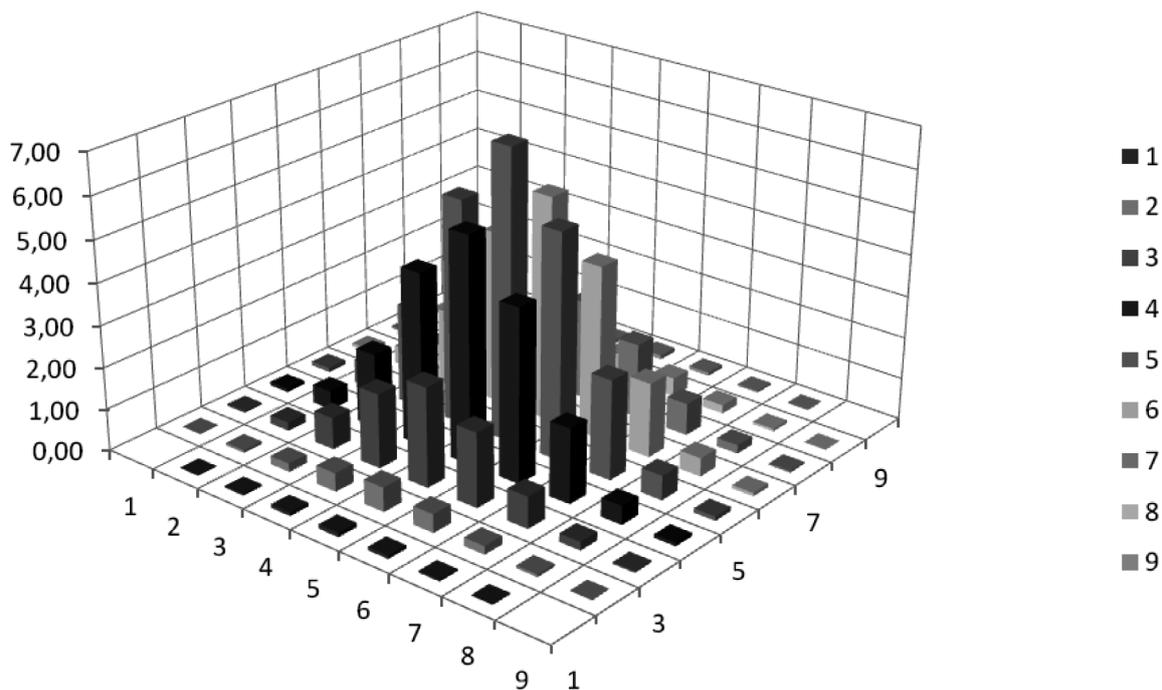


Рис. 3. Итерация 6

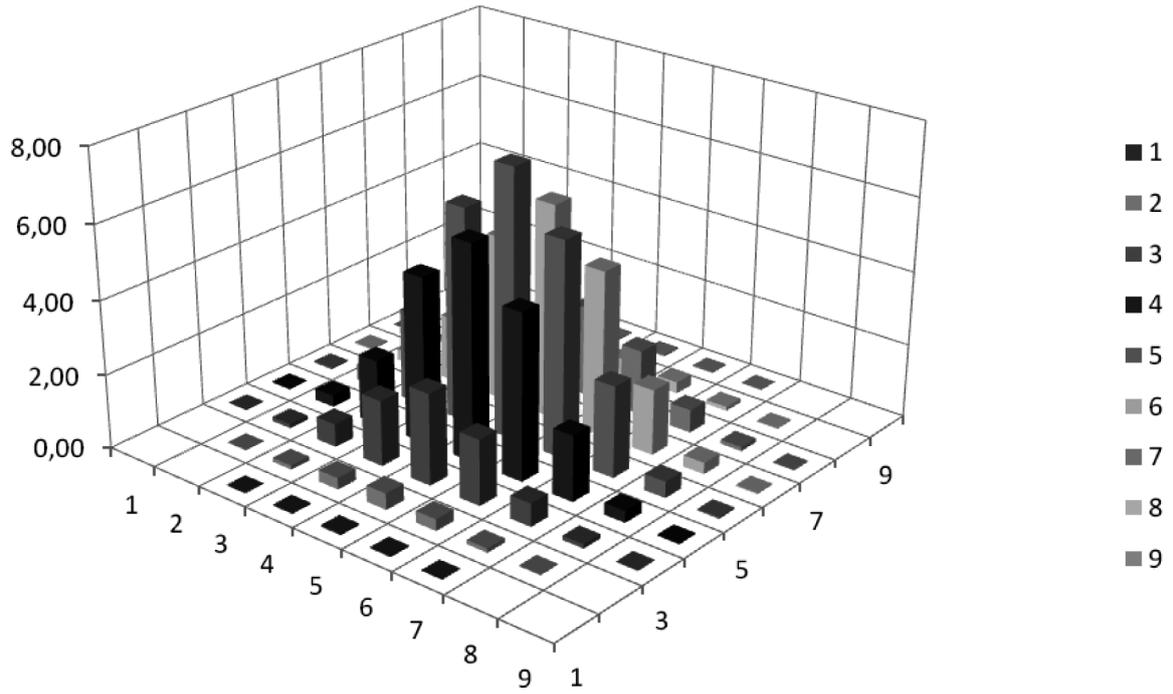


Рис. 4. Итерация 8

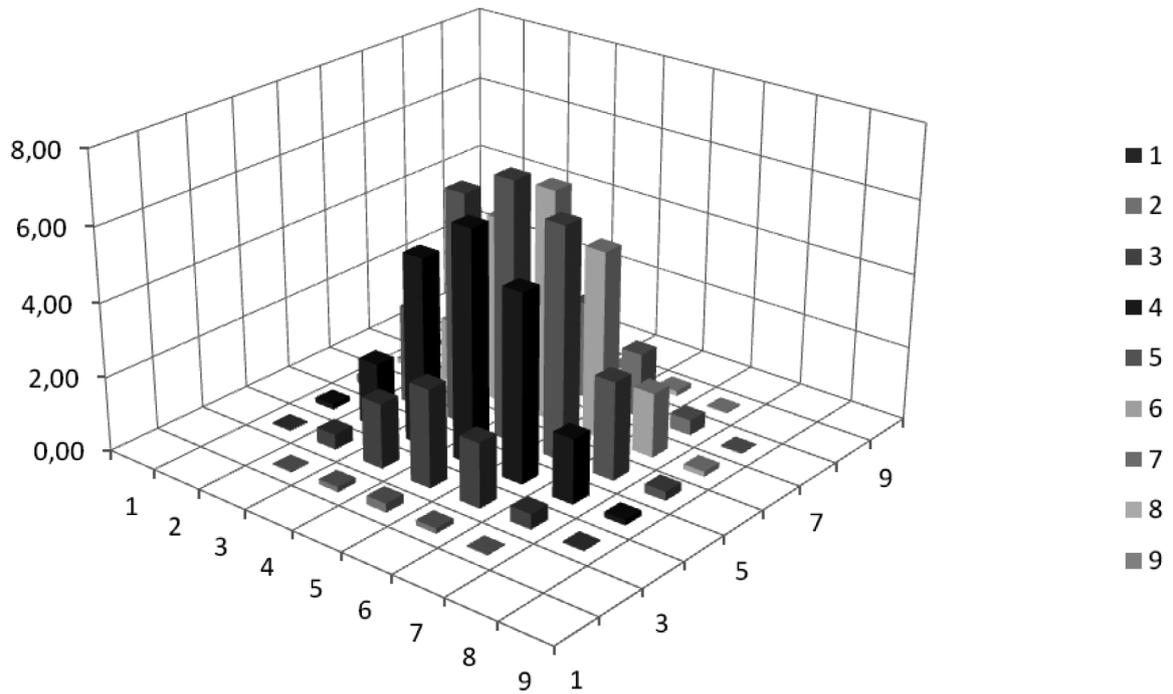


Рис. 5. Итерация 13

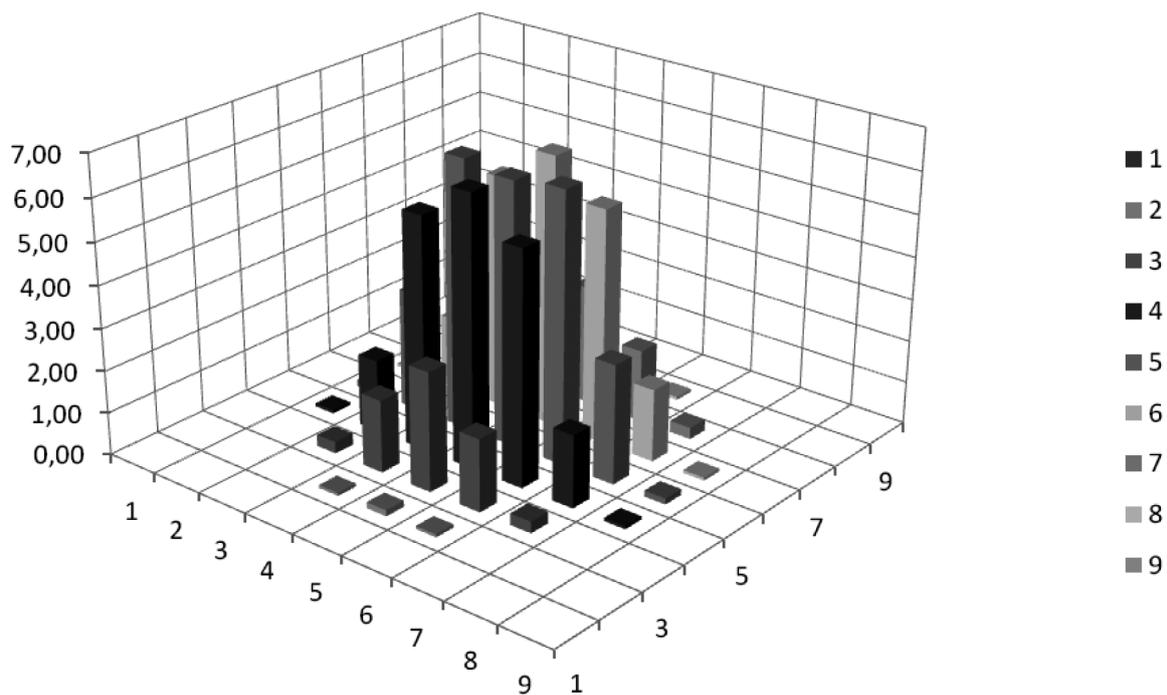


Рис. 6. Итерация 18 (последняя)

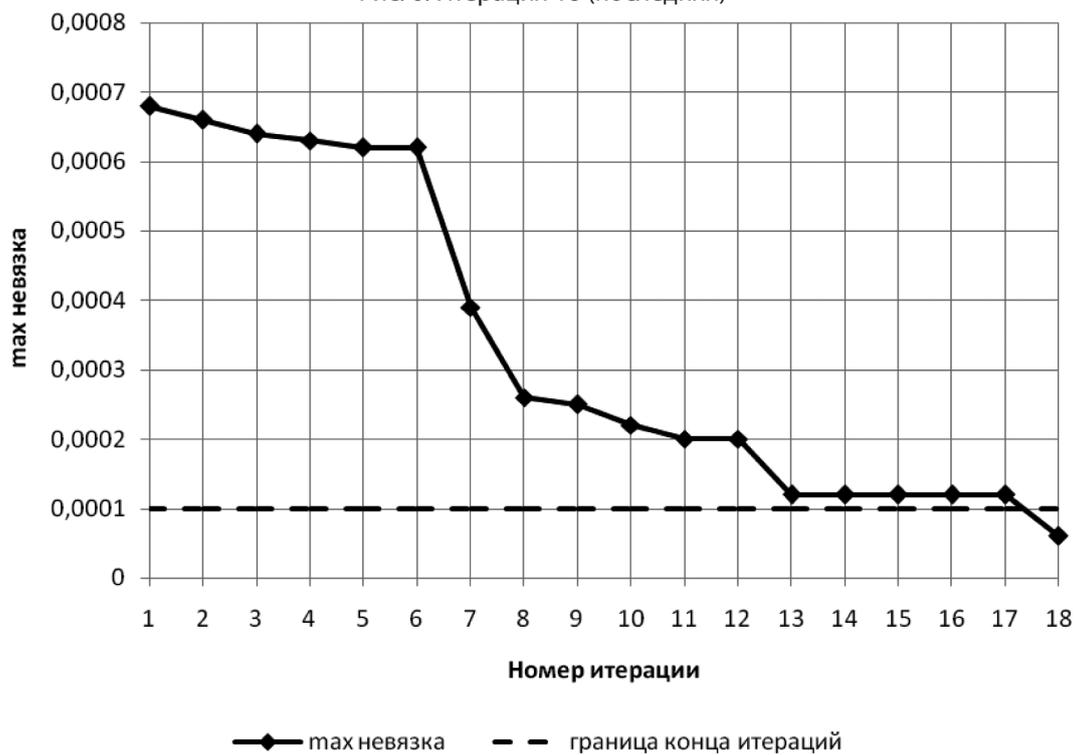


Рис. 7. График сходимости итерационного процесса

Таблица 1

Сравнение результатов моделирования и эксперимента [4]

Угол контакта, градусы	Расстояние вдоль зуба, мм																			
	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
Контактное давление (МПа) по экспериментальным данным [4] (знаком × отмечены точки, в которых не удалось экспериментально измерить величину контактного давления)																				
35								3,9	5,4	5,9	5,4	3,9								
30						1,5	4,9	6,6	8,5	9,8	10	9,6	8,0	5,9	1,5					
25					2,6	5,9	8,3	9,8	11	10	9,8	8,5	6,9	5,6	3,7					
20				4,1	6,6	8,0	8,8	9,3	9,8	9,8	9,8	9,8	9,3	8,5	7,6	5,9				
17			2,9	5,1	6,9	7,8	8,6	9,0	9,5	9,8	9,8	9,5	9,3	8,3	6,9	4,9	2,5			
14			3,9	5,4	6,1	6,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,5	7,3	6,9	5,9	5,4	3,9	2,5		
12		2,0	4,9	6,7	7,6	7,6	7,5	7,1	6,9	6,6	6,6	6,6	6,6	6,9	7,8	7,8	7,1	5,4		
9		3,7	6,4	6,4	6,9	6,9	5,9	5,4	4,9	4,9	×	×	×	×	×	×	×			
8		4,4	6,4	6,4	5,9	5,4	2,9	2,0	2,0	2,0	4,9	6,1	6,4	6,4	6,4	6,2	6,1	5,9	3,9	
6		4,9	5,9	5,9	5,4	2,5			2,0	4,4	5,9	×	×	×	×	×	×	×	×	
Контактное давление (МПа) по результатам моделирования																				
35								3,9	5,9	6,8	6,8	5,8	4,1							
30						2,6	5,5	6,9	7,6	7,9	8,0	7,6	6,8	5,5	2,5					
25					3,4	6,1	7,5	8,2	8,6	8,8	8,7	8,5	7,9	7,0	5,9	3,2				
20				4,4	6,4	7,5	8,1	8,5	8,7	8,7	8,6	8,5	8,3	7,9	7,2	5,8	3,5			
15			4,2	6,1	7,0	7,5	7,8	7,9	8,0	7,9	7,9	7,8	7,7	7,3	7,1	6,6	5,8	4,0		
10	2,6	5,3	6,3	6,8	7,0	6,9	6,7	6,4	6,0	5,7	5,6	5,6	5,6	6,1	6,4	7,2	7,8	8,1	6,6	4,1
5	2,0	6,4	8,6	6,6	4,8	3,1	1,8													

данные эксперимента [4]

моделирование

На рис. 7 приведён график сходимости итерационного процесса по изменению величины невязки перемещений  $E_j$ .

В результате этим дискретным итерационным методом было всего за 18 итераций получено решение с полуэллиптической эпюрой напряжений, аналогичное классическому решению Герца контактной задачи.

**Пример использования**

В таблице 1 и на рис. 8–9 приведены результаты математического моделирования (с использованием описанного выше алгоритма расчёта распределения нагрузки при контакте тел дискретным численным итерационным методом) контактных взаимодействий круговинтовых поверхностей зубьев в цилиндрической зубчатой пере-

даче с зацеплением Новикова и сопоставления их с экспериментальными данными А.С. Яковлева и В.И. Печеного [4]. При математическом моделировании исходные данные (параметры зубьев, материала и т.д.) соответствовали условиям проведения экспериментов [4].

**Заключение**

Разработанный итерационный алгоритм **не требует многократного решения системы линейных уравнений**, что позволяет уменьшить затраты машинного времени и памяти ЭВМ при решении сложных контактных задач, повысить точность решения за счет разбиения контактирующих поверхностей на большее число  $n$  дискретных участков. При использовании выражения (10) итерационный алгоритм можно применять при **нелинейной** зависимости деформаций от сил.

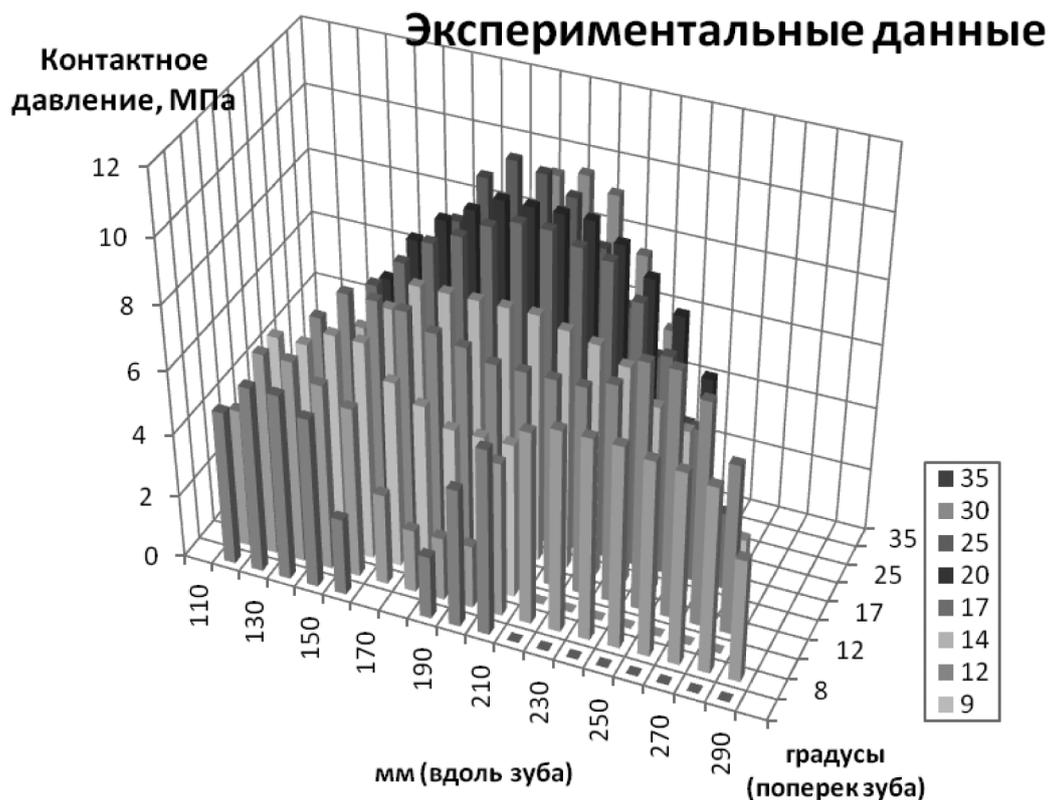


Рис. 8. Данные эксперимента [4]

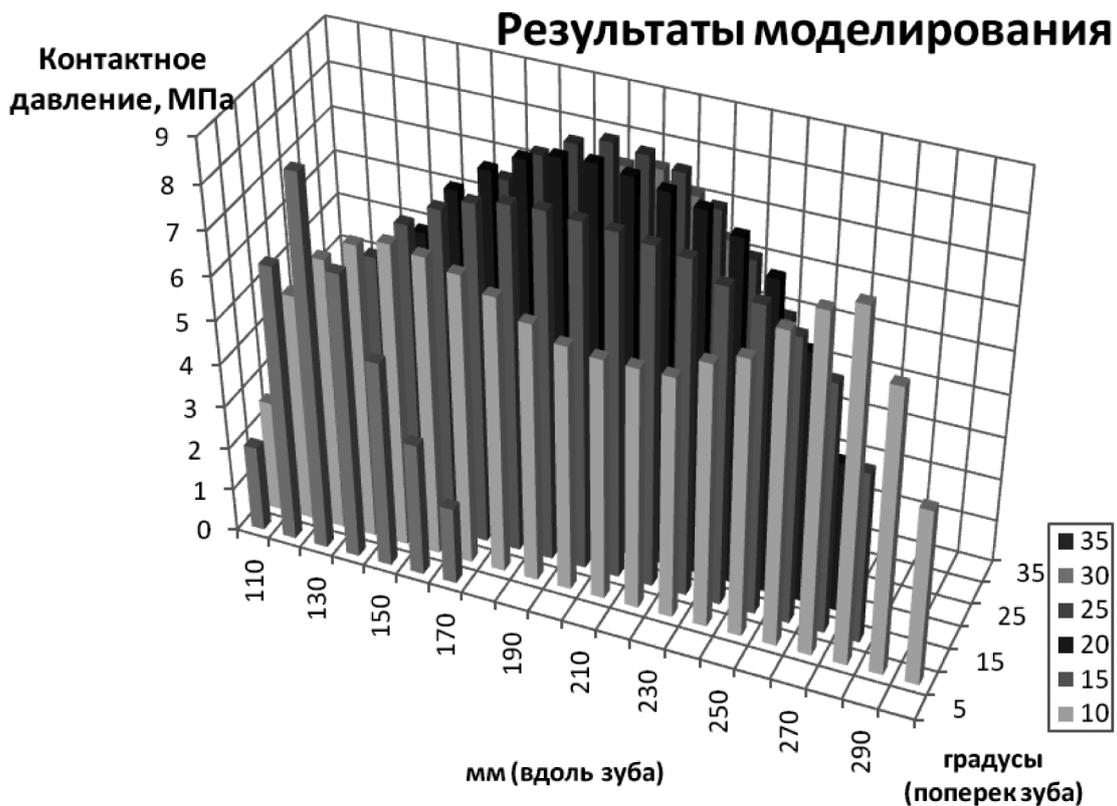


Рис. 9. Результаты моделирования

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Иосилевич, Г.Б. Концентрация напряжений и деформаций в деталях машин / Г.Б. Иосилевич. — Москва: Машиностроение, 1981. — 224 с.
2. Заблонский, К.И. Распределение нагрузки в зацеплении / К.И. Заблонский. — Киев: Техника, 1977. — 208 с.
3. Шевелева, Г.И. Численный метод решения контактной задачи при сжатии упругих тел / Г.И. Шевелева // Машиноведение. — 1981. — №5. — С.90–94.
4. Яковлев, А.С. Исследование контактных напряжений зубьев передач с зацеплением Новикова / А.С. Яковлев, В.И. Печеный // Темат. сб. науч. работ / Краматорск. науч.-иссл. и проект.-технол. ин-т машиностр. — Краматорск, 1971. — Вып.11.

---

© Кетов Антон Викторович (antonk500255@rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СИСТЕМЫ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПОЛИТИКЕ

## ALGORITHMIC DECISION-MAKING SYSTEMS IN POLITICS

*P. Kravets*

*Summary.* Algorithmic decision-making (ADM) has the potential to improve political decision-making by providing decision makers with access to information and data analysis that may be inaccessible or time-consuming for humans. Automated decision-making systems have the potential to replace and surpass people in making political decisions. However, the article will show that algorithms are not a qualitative solution to the problems of democratic systems, since the use of intelligent systems in the process of making political decisions risks underestimating or distorting the internal complexity and nature of democracy itself. As it will be revealed, the main problem is that the idea of making more effective decisions with the help of computer technology requires a clear standard of what, first of all, is a «good» solution.

*Keywords:* algorithmic decision-making, artificial intelligence, political decisions, ADM systems, intelligent systems.

Системы алгоритмического принятия решений (АПТ, algorithmic decision-making systems — ADM) и приложения искусственного интеллекта (ИИ) все чаще используются в различных сферах жизни общества. Они могут поддерживать или заменять человеческий процесс принятия решений, поскольку обладают способностью обрабатывать информацию и решать определенные когнитивные задачи способами, на которые люди неспособны. Например, ADM-системы используются в финансовых транзакциях, таргетированной рекламе и медицинских диагнозах [1].

В свете этих событий действительно кажется «маловероятным, что ИКТ (информационные и коммуникационные технологии) окажут глубокое влияние на общество, экономику, культуру и т.д., но не на политику» [2]. Что же тогда возможности ADM-систем означают для политики и демократических процессов принятия решений? Могут ли они принимать более эффективные политические решения или даже — хотя бы частично — заменить политических игроков в процессе принятия решений? Некоторые ученые считают, что ADM могут улучшить эффективность политических решений, но другие опасаются, что они могут привести к снижению прозрачности и подотчетности правительства.

Сегодня можно найти журналистские и научные исследования, которые серьезно рассматривают возможность использования алгоритмических систем при

**Кравец Полина Сергеевна**

Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана  
pkravets081@gmail.com

*Аннотация.* Алгоритмическое принятие решений (ADM) имеет потенциал улучшить процесс принятия политических решений, предоставляя лицам, принимающим решения, доступ к информации и анализу данных, которые могут быть недоступны или трудоемки для человека. Системы автоматизированного принятия решений имеют потенциал заменить и превзойти людей в принятии политических решений. Однако, в статье будет показано, что алгоритмы не являются качественным решением проблем демократических систем, поскольку использование интеллектуальных систем в процессе принятия политических решений рискует недооценить или исказить внутреннюю сложность и природу самой демократии. Как будет выявлено, главная проблема заключается в том, что идея принятия более эффективных решений с помощью компьютерных технологий требует наличия некоего четкого стандарта того, что, в первую очередь, представляет собой «хорошее» решение.

*Ключевые слова:* алгоритмическое принятие решений, искусственный интеллект, политические решения, ADM-системы, интеллектуальные системы.

принятии политических решений в демократических системах западных стран [3]. Когда системы искусственного интеллекта считаются непригодными для выполнения задач по оказанию помощи в принятии политических решений, это обычно происходит не из-за опасений, вытекающих из фундаментальных концепций политической науки, а, скорее, из-за недостаточной зрелости самих систем. Более того, опрос Центра Управления Изменениями Spanish IE University показал, что в некоторых европейских странах, таких как Германия или Нидерланды, около 30 процентов граждан видят возможной замену политиков интеллектуальными системами. Некоторые страны уже экспериментируют с этим: так, в Японии в 2018 году робот на основе искусственного интеллекта баллотировался на пост мэра японского города Тама недалеко от Токио [4].

Подобные признаки готовности поддержать искусственный интеллект в политической сфере жизни общества также хорошо согласуется с определенным уровнем недовольства существующей демократической системой. Например, по мнению некоторых исследователей, в технологическом секторе существует тенденция рассматривать либеральную демократию как несовершенную систему и технологии как средство ее изменения. Еще в 2014 году Евгением Морозовым была предложена концепция «солюционизма», подразумевающая, что для любой социальной или политической проблемы может

быть найдено технологическое решение [5]. В ситуации общественного недовольства работой некоторых демократических режимов, политиков или партий, подобные идеи вполне могут обрести особую привлекательность.

В любом случае, автономность и сложность ADM-систем означают, что большинство людей с трудом понимают работу этих приложений. Однако это, вероятно, неотъемлемое качество технологий, которые могут выполнять задачи, которые люди не могут решить похожим образом и с похожей производительностью. Существующие приложения уже помогают людям даже в довольно сложных задачах. Например, так называемые юридические ИИ-приложения могут использоваться для получения и систематизации информации способами, которые обычно делают помощники юристов; а качество принятия решений агентами ИИ, по-видимому, уже оценивается на высоком уровне бизнес-управления.

Различные ученые также предполагают, что аналитические возможности машинного обучения могут улучшить процесс принятия политических решений. Однако существующие материалы видят потенциал улучшения процесса принятия решений на совершенно разных уровнях. Они относятся к более широкому процессу разработки политики, к управлению процессами и ресурсами в так называемых «умных городах» и к принятию административных решений [6]. В целом, существует тенденция подчеркивать часть технологических приложений, связанную с обработкой информации и созданием знаний, и не уделять должное количество внимания подлинным особенностям демократической политики, которые могут сильно снизить актуальность информации и знаний. Чтобы оценить полезность ADM-систем и систем искусственного интеллекта в процессе принятия политических решений, необходимо сформулировать более дифференцированный подход: где лежат жесткие ограничения для внедрения систем алгоритмического принятия решений в процессе демократического принятия политических решений? В каких областях правительства могут эффективно применяться эти системы?

Системы ADM нацелены на решение конкретной проблемы, поэтому их качество оценивается с точки зрения принятия «хороших» решений в отношении некоторого показателя производительности. Это делает их в целом совместимыми со стандартом легитимности результатов в демократической политике. Однако существует по крайней мере три важных ограничения для целенаправленного использования ADM-систем для улучшения процесса принятия политических решений с точки зрения легитимности результатов: (1) отсутствие основной истины, необходимой для процесса оптимизации; (2) хрупкая связь между результатами и предшествующими политическими решениями, в том числе в воспри-

ятии граждан; и (3) гибкость контекста принятия решений и общественного восприятия.

*Отсутствие основополагающей истины:* следуя идее о том, что ИИ может служить для принятия решений таким образом, чтобы оптимизировать качество результатов, эти системы можно использовать для принятия решений, которые максимизируют благополучие и удовлетворенность граждан. Однако, хотя экономисты пытались количественно оценить и измерить совокупное благосостояние и качество жизни общества [7], не существует заранее определенного представления о том, что такое «хорошие результаты». В условиях плюралистической либеральной демократии, отмеченной конкурирующими легитимными взглядами, никто не может претендовать на то, что придерживается единственно правильного представления о том, что является лучшим курсом для государственного устройства. Таким образом, существуют конкурирующие концепции того, что является хорошим стандартом для оценки политических решений. Кроме того, многие политические решения затрагивают ценностные вопросы: это означает, что, хотя решение может отвечать интересам одних граждан, оно не отвечает интересам других. Возможности алгоритмических систем по выработке более эффективных решений бесполезны для решения морально сложных вопросов. Просто не существует ничего лучше «основной истины», на которой можно было бы обучать машинный интеллект.

*Хрупкая связь между результатами и предыдущими решениями:* конечно, можно возразить, что некоторые политические решения основаны на твердом консенсусе относительно того, что будет лучше для общества — например, снижение уровня преступности. Однако даже там, где политические решения связаны с измеримой полезностью, восприятие и оценки граждан не обязательно тесно связаны с самим решением. Иногда само по себе неясно, стало ли политическое решение причиной улучшения какого-либо результата или на него повлияли другие факторы. Этот элемент неопределенности особенно присутствует там, где политика может показать свой эффект только в долгосрочной перспективе, и изолировать этот эффект от других потенциальных влияний чрезвычайно сложно [8]. Более того, если, например, политическое решение приводит к желаемым в целом изменениям, таким как значительное сокращение грабежей, граждане, тем не менее, могут быть недовольны, потому что они не информированы или потому что их оценки искажаются идеологическими фильтрами. Эти фильтры подразумевают, что улучшение объективных условий, достигнутое правящей партией, может не восприниматься положительно гражданами, которые твердо идентифицируют себя с другой партией. Кроме того, даже если политическое решение оценивается гражданами положительно на момент принятия реше-

ния, ретроспективные оценки граждан могут измениться. Это может быть связано с негативными долгосрочными последствиями этой политики или просто с тем, что у общественности сложился иной взгляд на прежнее решение. То, что раньше считалось «хорошим», в ретроспективе может стать непопулярным.

*Податливость контекстов принятия решений:* дополнительное и связанное с этим ограничение на использование возможностей ADM-систем для принятия политических решений связано с отсутствием регулярности в принятии политических решений. Чтобы алгоритмическая система «обучила» модель, которую затем можно было бы использовать для принятия решений по новым случаям, алгоритмической системе для хорошей работы требуется достаточное количество данных, а также регулярность в ситуациях принятия решений. В политике принято принимать решения по вопросам, которые хотя бы в каком-то смысле являются актуальными. Даже если аналогичные решения принимались раньше, это могло произойти при совершенно других обстоятельствах, что, возможно, привело к тому, что избиратели оценили это решение совсем по-другому. Таким образом, лица, принимающие политические решения, часто сталкиваются с довольно уникальными контекстами принятия решений со значительной неопределенностью относительно последствий своих решений.

В целом, политика — это принятие решений в условиях, когда основная истина отсутствует и где цели обычно оспариваются, а сама ситуация характеризуется двусмысленностью и податливостью. Поэтому хорошие решения не являются вопросом превосходящих знаний. Из-за отсутствия четких стандартов принятия «хороших» решений с точки зрения результатов, процедурные стандарты легитимности являются важнейшим элементом демократической политики.

Равная свобода участия граждан в процессе волеизъявления предполагает, кроме того, наличие определенных гражданских и политических прав, таких как свобода слова и политическое равенство. Без них обратимость политических решений, основанная на равной возможности граждан участвовать в формировании общественной воли, вряд ли может быть достигнута [9]. Из этого следует, что демократическая политика должна уважать определенные ограничения в форме прав и защиты, а также верховенства закона.

В целом, решения считаются «хорошими» в соответствии с процедурными стандартами демократической легитимности, если они являются результатом общепринятых правил и процедур, регулирующих использование публичной власти. Такой процесс позволяет корректировать предыдущие решения и, таким образом,

учиться и адаптироваться. Хотя это может показаться похожим на работу ADM-систем, однако такое обучение фундаментально отличается от обучения и принятия решений машинами [10].

Процесс социального и политического обучения имеет некоторые особенности, которые не поддаются вычислениям и оптимизации. Во-первых, открытость демократического политического процесса особенно важна, поскольку политика всегда подвержена случайным событиям. Это неотъемлемая часть политического процесса: всегда есть возможность изменить ситуацию и увидеть вещи по-другому. Действительно, для политических теоретиков, таких как Арндт, демократическая политика — это способ справляться с непредсказуемостью и случайностью мира [11]. Соответственно, политические действия и принятие решений направлены на преодоление разрыва между прошлым и будущим, не имея возможности опереться на надежные основания.

Во-вторых, открытость демократической политики связана с тем, что формирование политической воли и суждение не является простым процессом обработки информации. Оно также включает в себя герменевтический элемент интерпретации и переосмысления идей, норм и ценностей [12]. Любое политическое суждение и принятие решений происходит в контексте уже существующей сети смыслов. Оно опирается на эту сеть, но также формирует её. Таким образом, общества могут изменить свой взгляд на определенные политические вопросы, например, как изменились гендерные роли за последнее столетие.

Исходя из подобных соображений, системам ADM не место в самом сердце демократической политики: формировании политической воли и установлении руководящих целей и ценностей для общества. Однако они могут способствовать принятию решений на уровне выбора и реализации политических мер для реализации ранее определенных целей, возникших в результате демократического процесса. Задача состоит в том, чтобы найти лучшее решение для решения данной проблемы или максимизации определенного блага. Знания и фактические данные играют важную роль в таких отношениях между средствами и целями, а также в повышении эффективности и результативности политических решений.

В некоторой степени существующие ADM-системы уже реализуют эти возможности. Например, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) опробовало алгоритмический инструмент, который обрабатывает огромное количество сообщений о негативных явлениях с целью обнаружения и устранения нежелательных эффектов

препарата после его выпуска на рынок. Агентство намерено затем использовать эти результаты для адаптивного обоснования своих нормотворческих и политических рекомендаций.

Системы автоматизированного принятия решений имеют потенциал заменить и превзойти людей в принятии политических решений. Поэтому неудивительно, что ADM-системы уже используются в различных областях государственного управления, таких как образование, социальное обеспечение и правосудие. Их рассматривают даже для использования на более высоком уровне принятия решений в демократических системах. Однако, как уже отмечалось, существует ряд фундаментальных вопросов, которые необходимо решить, прежде чем алгоритмические системы можно будет широко исполь-

зовать в демократической политике. Например, важно учитывать, как ADM могут повлиять на демократические ценности, такие как участие граждан и прозрачность принятия решений. Также важно убедиться, что ADM используются таким образом, чтобы они были справедливыми и непредвзятыми. В целом, ADM-системы имеют потенциал улучшить принятие решений в демократической политике. Различные дисциплины, среди которых политическая наука до сих пор хранила относительное молчание, уже интенсивно обсуждают социальные последствия ADM-систем. В скором времени это изменится, поскольку на карту поставлены основные политические принципы и ценности, а политология может многое сказать о роли, которую алгоритмические системы могут сыграть в будущем развитии общества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добринская Д.Е. Цифровая социология для изучения цифрового общества // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. — 2021. — №. 2. — С. 250–259.
2. Wohlers T.E., Bernier L.L. Setting Sail into the Age of Digital Local Government // Public Administration and Information Technology. — 2016.
3. Володенков С.В., Федорченко С.Н., Артамонова Ю.Д. Социотехническая реальность цифрового пространства современной политики: структура и особенности // Политическая экспертиза: ПОЛИТЭК. — 2022. — Т. 18. — №. 3. — С. 230–253.
4. Cole B. AI candidate promising „fair and balanced“ reign attracts thousands of votes in tokyo mayoral election. Newsweek. — 2018.
5. Mittelstadt B.D. et al. The ethics of algorithms: mapping the debate. Big Data Soc 3 (2): 1–21. — 2016.
6. Höchtel J., Parycek P., Schöllhammer R. Big data in the policy cycle: Policy decision making in the digital era // Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce. — 2016. — Т. 26. — №. 1–2. — С. 147–169.
7. Knill C. The study of morality policy: analytical implications from a public policy perspective // Journal of European Public Policy. — 2013. — Т. 20. — №. 3. — С. 309–317.
8. Кулакова Т.А. Government Relations в процессе принятия политических решений // Политическая экспертиза: ПОЛИТЭК. — 2005. — №. 2. — С. 226–237.
9. Егоров В.Г., Маммадов М.М. О. Современные теории демократии: возрастание роли процедурного подхода // Социально-гуманитарные знания. — 2016. — №. 3. — С. 177–195.
10. Hildebrandt M. Law as Information in the Era of Data-Driven Agency // The Modern Law Review. — 2016. — Т. 79. — №. 1. — С. 1–30.
11. Arendt H. The human condition. — University of Chicago press, 2013.
12. Харитоновна Ю.С., Савина В.С., Паныни Ф. Предвзятость алгоритмов искусственного интеллекта: вопросы этики и права // Вестник пермского университета. Юридические науки. — 2021. — №. 53. — С. 488–515.

© Кравец Полина Сергеевна (pkravets081@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АНАЛИЗ ЭТАПОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

### ANALYSIS OF THE STAGES OF DIGITALIZATION OF PROCESSES STATE AND MUNICIPAL ADMINISTRATION

*S. Martsynkovsky  
N. Martsynkovskaya*

*Summary.* Based on the historical and logical approach, the main stages of the introduction of information technologies into the processes of state and municipal administration in the territory of the Soviet Union, and later the Russian Federation, are presented. The changes in the system of state and municipal administration in connection with the gradual introduction of information technologies in all spheres of public life are analyzed. The regulatory and legal documentation of each period has been identified. Conclusions are drawn that the use of information technologies in the interaction of public authorities with the population is caused by an increase in the quality and speed of service provision, a reduction in the administrative burden on both state organizations and citizens themselves, manifested in a decrease in the number of face-to-face appeals, as well as in simplifying the procedure for obtaining the necessary information by the population. It is revealed that the regulations fix the provisions on the direct dependence of the quality of life of the population on the informatization of government bodies.

*Keywords:* digitalization, state and municipal management, digitalization of state and municipal management, information technology, information.

*Марцынковский Сергей Сергеевич*

*Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
(Первый казачий университет)  
martzynkovsky@yandex.ru*

*Марцынковская Наталья Алексеевна*

*Московский государственный университет технологий  
и управления имени К.Г. Разумовского  
(Первый казачий университет)  
nataliamartsynkovskaya@yandex.ru*

*Аннотация.* На основе историко-логического подхода представлены основные этапы внедрения информационных технологий в процессы государственного и муниципального управления на территории Советского Союза, а в дальнейшем и Российской Федерации. Проанализированы изменения в системе государственного и муниципального управления в связи с постепенным внедрением информационных технологий во все сферы общественной жизни. Выявлена нормативно-правовая документация каждого периода. Сделаны выводы о том, что использование информационных технологий при взаимодействии органов государственной власти с населением обуславливается повышением качества и скорости предоставления услуг, снижением административной нагрузки как на государственные организации, так и на самих граждан, проявляющейся в уменьшении количества очных обращений, а также в упрощении процедуры получения необходимой информации населением. Выявлено, что нормативные акты фиксируют положения о прямой зависимости качества жизни населения от информатизации органов управления.

*Ключевые слова:* цифровизация, государственное и муниципальное управление, цифровизация государственного и муниципального управления, информационные технологии, информация.

**В** результате формирования постиндустриального общества, которое ассоциируется с применением, внедрением, а также непрерывным и стремительным развитием цифровых технологий во всех сферах деятельности, все больше организаций стремится перенести управленческие, социальные и бизнес-процессы в цифровую среду.

Стоит отметить, что современные условия постоянного развития цифровизации формируют принципиально новые технологии, участвующие в государственном и муниципальном управлении, эффективность которого напрямую зависит от степени владения информацией, возможностей ее обработки, а также уровня развития информационных технологий.

Преимущества при использовании информационных технологий в государственном и муниципальном управлении проявляются в повышении скорости по-

иска, обработки и распространения больших объемов информации, наиболее эффективном процессе принятия управленческих решений, оперативном доведении вышестоящими органами необходимых данных до нижестоящих, ускоренном ведении электронного документооборота и делопроизводства, минимизировании коррупциогенных факторов [1], недопущении искажения статистических и иных отчетных данных, характеризующих деятельность государственных органов [2].

Исходя из вышесказанного, можно говорить о том, что информационно-коммуникационные технологии положительным образом влияют на деятельность органов государственной власти, а эффективность их применения определяет векторы развития государства.

Одним из методологических подходов к изучению процессов информатизации государственного и муниципального управления, выделенных М.С. Чвановой [3],

является историко-логический подход, позволяющий выявить их этапы и тенденции развития. Воспользуемся им и попытаемся выделить исторические этапы развития информатизации государственного и муниципального управления.

Это важно по нескольким причинам:

- факты, полученные в результате изучения научных источников, систематизируются и выстраиваются в логическую последовательность в соответствии с целью исследования;
- выявленные связи получают отражение через историко-логическое описание, что позволяет получить целостное представление об исследуемом объекте;
- такой подход позволяет перейти от описания фактов к объяснению изучаемых явлений и прогнозированию событий.

Рассмотрим основные этапы становления цифровизации государственного и муниципального управления.

### I этап (1950 — 1990 гг.)

Отправной точкой развития процессов информатизации государственного и муниципального управления послужила разработка, а также внедрение в государственных ведомствах и на предприятиях с 1950-х гг. автоматизированных систем управления (АСУ). Изначально АСУ внедрялся в военном секторе на государственном уровне. Исаев В.П.<sup>1</sup> акцентирует внимание на том, что:

«...были созданы многочисленные специализированные ЭВМ и вычислительные комплексы (ВК). Появились автоматизированные системы для ПРО, ПКО, АСУ Верховного командования, Генштаба, РВСН, управления силами ВМФ, авиации, актуальнейшая система раннего предупреждения о ракетном нападении (СПРН)...» [4].

В 1960-х гг. постепенно начал формироваться переход АСУ от оборонного сектора к сектору, направленному на постепенное развитие экономики государства. Несомненно, основополагающей программой, но так и не принятой к реализации руководством СССР, нацеленной на разработку системы автоматизированного управления экономикой СССР, стала общегосударственная автоматизированная система учета и обработки информации (ОГАС), инициатором которой стал Глушков В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Исаев Владимир Петрович (1930–2016 гг.) — ученый и военный деятель; полковник, кандидат технических наук (1968 г.), старший научный сотрудник (1971 г.); специалист по вычислительной технике и автоматизированным системам управления.

<sup>2</sup> Глушков Виктор Михайлович (1923–1982 гг.) — советский математик, кибернетик. Доктор физико-математических наук (1955 г.), профессор (1957 г.). Директор-основатель Института кибернетики НАН Украины (с 1962 г.). Вице-президент АН УССР (с 1962 г.; член с 1961 г., членкор с 1958 г.), академик АН СССР (1964 г.) и «Леопольдины» (1970 г.).

Основная задача ОГАС состояла в выстраивании вертикальных связей, которые обеспечивали бы интеграцию программ по всем уровням территориального управления, вплоть до общесоюзного. Также основным элементом ОГАС была Унифицированная система документации по социальному обеспечению (УСДСО), которая позволила бы упростить порядок документирования, повысить четкость и оперативность в деятельности органов социального обеспечения, а также эффективность использования вычислительной техники [5]. Свою актуальность проект ОГАС потерял в 1990-х гг. в следствии перехода государства от плановой к рыночной экономике.

### II этап (1990 — 2000 гг.)

После прекращения существования СССР в 1991 году перед новым образовавшимся государством<sup>3</sup> встала немаловажная задача, которая заключалась в создании нормативно-правового поля деятельности [6]. В Конституции [7], принятой всенародным голосованием в 1993 году, были прописаны права граждан на информацию. Также стали издаваться нормативно-правовые документы, основной задачей которых стало формирование информатизации на территории Российской Федерации. Так, в 1995 году была принята Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов, позволяющая качественно повысить уровень информационно-технического и информационно-аналитического обеспечения деятельности федеральных органов государственной власти, органов власти субъектов Федерации и органов местного самоуправления, а также формирующая основные направления информатизации российского общества [8]. Стоит отметить, что, согласно данной концепции, информационно-телекоммуникационные системы, функционирующие в большинстве случаев в интересах органов государственной власти, имели разобщенный характер, что приводило к дублированию работ, а также избыточности первичной информации. Такое положение дел свидетельствовало о необходимости формирования единого информационного пространства России.

Кроме того, в 1995 году Государственной Думой был принят Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации», регулирующий отношения, возникающие при:

- формировании и использовании информационных ресурсов на основе создания, сбора, обработки, накопления, хранения, поиска, распространения и предоставления потребителю документированной информации;

<sup>3</sup> После прекращения существования СССР 26 декабря 1991 Российская Федерация стала независимым государством и была признана международным сообществом как государство-правопреемник СССР.

- создании и использовании информационных технологий и средств их обеспечения;
- защите информации, прав субъектов, участвующих в информационных процессах и информатизации [9].

Следует подчеркнуть, что информатизация государственного и муниципального управления в 1990-е гг. тесно связана с интернет-технологиями, реализующимися в создании сайтов органов государственной власти, позволяющих в кратчайшие сроки проводить анализ и диагностику полученной информации, а также разрабатывать возможные варианты управленческих процессов, выявлять и на основе полученных данных разрабатывать оптимальные методы решения управленческих проблем, проводить качественный обзор реализованной управленческой деятельности, оперативно взаимодействовать с населением.

Так, концепция создания электронного правительства, подразумевающая использование информационно-коммуникационных технологий для получения более удобным способом организациями и гражданами государственных услуг и информации о результатах деятельности государственных органов, появилась в начале 1990-х гг., однако частичная реализация данной программы началась к концу указанного десятилетия.

### III этап (2000 — 2010 гг.)

В начале 2000-х гг. начинается фаза активного внедрения информационных технологий в процессы государственного и муниципального управления. Одним из первых шагов в этом направлении стало принятие Федеральной целевой программы «Электронная Россия (2002–2010 годы)» [10]. Основными целями реализации данной программы стали:

- повышение качества взаимоотношений государства и общества путем расширения возможности доступа граждан к информации о деятельности органов государственной власти, повышения оперативности предоставления государственных и муниципальных услуг, внедрения единых стандартов обслуживания населения;
- повышение эффективности межведомственного взаимодействия и внутренней организации деятельности органов государственной власти на основе организации межведомственного информационного обмена и обеспечения эффективного использования органами государственной власти информационных и телекоммуникационных технологий, повышения эффективности управления внедрением информационных и телекоммуникационных технологий в деятельность органов государственной власти;

- повышение эффективности государственного управления, обеспечение оперативности и полноты контроля за деятельностью органов государственной власти.

Задачами программы, которые тесным образом коррелируются с целями, являлись:

- переход на предоставление государственных услуг и исполнение государственных функций в электронном виде федеральными органами исполнительной власти;
- развитие инфраструктуры доступа к государственным и муниципальным услугам и к информации о деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления;
- обеспечение решения задач государственного управления с использованием элементов электронного правительства;
- развитие инфраструктуры электронного правительства.

Одним из главных результатов реализации ФЦП «Электронная Россия» стало открытие для организаций и граждан в тестовом режиме 15 декабря 2009 года «Единого портала государственных и муниципальных услуг (функций)», который смог не только обеспечить доступ физических и юридических лиц к сведениям о государственных и муниципальных услугах в Российской Федерации, но и предоставить их в электронной форме. Немаловажным фактом является запуск 1 января 2010 года ЕПГУ в штатном режиме, позволивший в полном объеме производить эффективный поиск информации по государственным или муниципальным услугам.

Стоит отметить, что реализация ФЦП «Электронная Россия» стала основополагающим фактором следующего этапа внедрения ИКТ в государственное и муниципальное управление.

### IV этап (2010 — 2020 гг.)

С 2010-х гг. основным документом, определяющим дальнейшие направления внедрения и развития ИКТ в государственное и муниципальное управление, стала государственная программа «Информационное общество (2011-2020 годы)». Главные задачи программы состояли в следующем:

- взаимодействие общества и государства с использованием информационных и телекоммуникационных технологий;
- перевод государственных и муниципальных услуг в электронный вид;
- развитие инфраструктуры доступа к сервисам электронного государства;
- повышение открытости деятельности органов государственной власти;

- создание и развитие специальных информационных и информационно-технологических систем обеспечения деятельности органов государственной власти, в том числе защищенного сегмента сети Интернет и системы межведомственного электронного документооборота.

Государственная программа включала в себя четыре подпрограммы:

- «Информационно-телекоммуникационная инфраструктура информационного общества и услуги, оказываемые на ее основе»;
- «Информационная среда»;
- «Безопасность в информационном обществе»;
- «Информационное государство».

Стоит более внимательно рассмотреть подпрограмму «Информационное государство», основной целью которой стали обеспечение исполнения полномочий органов государственной власти и органов местного самоуправления, осуществляемых в электронной форме, в том числе предоставление гражданам и организациям государственных, муниципальных и социально значимых услуг (реализации функций), а также — повышение эффективности государственного управления, взаимодействия органов государственной (муниципальной) власти, граждан и бизнеса на основе использования информационно-телекоммуникационных технологий [11].

Также к 2020 году всё большую популярность набирает ЕПГУ: согласно данным, приведенным Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, количество зарегистрированных пользователей превысило 78 миллионов граждан. Ежедневная аудитория, посещающая портал, превысила 4 миллиона пользователей в день, а общее количество обращений к порталу за год превысило 1,5 миллиарда.

#### V этап (2020 г. — наст. вр.)

На современном этапе Федеральный проект «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», который реализуется в рамках государственной программы «Информационное общество», является основополагающим в процессе совершенствования и внедрения информационных технологий в государственное и муниципальное управление.

Федеральный проект направлен на достижение национальной цели «Цифровая трансформация», которая

определена указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2021 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [12].

Главные мероприятия федерального проекта следующие:

- стимулирование граждан к получению государственных и муниципальных услуг в электронном виде с использованием ЕПГУ;
- повышение качества и удобства предоставляемых органами государственной власти госуслуг, а также расширение количества госуслуг, которые граждане и организации смогут получить в электронном виде;
- повышение скорости обслуживания граждан и создание комфортных условий, в том числе для бизнеса, при оказании государственных, муниципальных и иных услуг, а также цифровая трансформация услуг и взаимоотношений в обществе.

Стоит заметить, что к 2030 г. планируется увеличение доли массовых социально значимых услуг до 95 %.

Единый портал госуслуг стабильно развивается, о чем свидетельствует заявление 11 ноября 2022 г. министра цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации Шадяева Максута Игоревича о том, что количество подтвержденных учетных записей на портале превысило 100 миллионов.

Заявление Максута Игоревича на форуме Finopolis звучало так:

«Вот на этой неделе, кстати, мы перешагнули 100 млн подтвержденных учетных записей на Госуслугах. Цифра значимая. Из них, конечно, в последнее время особенно, большая (часть) подтверждалась банками в онлайн-банковских клиентах».

Таким образом, проведя историко-логический анализ этапов цифровизации государственного и муниципального управления, можно сделать вывод о том, что основной целью применения информационных технологий в государственном и муниципальном управлении является выработка принципиально новых векторов развития страны, а также предоставляет возможность совершенствования уже функционирующих способов достижения поставленных задач государственного управления, которые направлены на сбалансированное социально-экономическое развитие страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 17.07.2009 N 172-ФЗ (ред. от 05.12.2022) «Об антикоррупционной экспертизе нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов» // КонсультантПлюс URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_89553/3d0cac60971a511280cbb229d9b6329c07731f7/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89553/3d0cac60971a511280cbb229d9b6329c07731f7/) (дата обращения: 10.08.2023).
2. Яковлев-Чернышев В.А. — Цифровизация государственного управления в Российской Федерации: преимущества и риски // NB: Административное право и практика администрирования. — 2021. — № 2. DOI:10.7256/2306-9945.2021.2.36011 URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=36011](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36011)
3. Чванова М.С. Методология информатизации системы непрерывной подготовки специалистов: моногр. М.; Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 1999. 148 с.
4. Исаев Владимир Петрович: Пути создания и развития отечественных АСУ // Виперсон URL: <http://viperson.ru/articles/isaev-vladimir-petrovich-puti-sozdaniya-i-razvitiya-otechestvennyh-asu> (дата обращения: 14.08.2023).
5. Приказ от 1.08. 1985 г. N 94 О введении унифицированной системы документации по социальному обеспечению // Докипедия URL: <https://www.dokipedia.ru/document/1721980> (дата обращения: 14.08.2023).
6. Информационно-аналитические технологии государственного и муниципального управления: учеб. пособие / Н.Г. Поврозник; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь, 2017. — 164 с.
7. «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // КонсультантПлюс URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/) (дата обращения: 15.08.2023).
8. «Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов» (одобрена решением Президента РФ от 23.11.1995 N Пр-1694) // КонсультантПлюс URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=240699#ONIPPTNIfTs2e4J> (дата обращения: 15.08.2023).
9. Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации» от 20.02.1995 N 24-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5887/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5887/) (дата обращения: 16.08.2023).
10. ФЦП «Электронная Россия (2002–2010 годы)» // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5887/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5887/) (дата обращения: 18.08.2023).
11. Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2010 N 1815-р (ред. от 26.12.2013) «О государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011 — 2020 годы)» // КонсультантПлюс URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_106767/4b6b1ec3d9a61a8204d8fdc520469db8e0daa367/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_106767/4b6b1ec3d9a61a8204d8fdc520469db8e0daa367/) (дата обращения: 21.08.2023).
12. «Цифровое государственное управление» // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/> (дата обращения: 21.08.2023).

© Марцынковский Сергей Сергеевич (martzynkovsky@yandex.ru); Марцынковская Наталия Алексеевна (nataliamartzynkovskaya@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИГР В МАТЧЕВОЙ КОМАНДНОЙ ВСТРЕЧЕ ПО БАДМИНТОНУ

## DETERMINING THE SEQUENCE OF GAMES IN A MATCH TEAM BADMINTON MEETING

**T. Migalina  
E. Shishkova  
G. Schukina  
V. Brusovankin**

*Summary.* The article is devoted to solving the problem of optimizing the time of badminton competitions when organizing match team meetings. The criteria of the Rules for conducting badminton competitions and possible local restrictions are considered. A study was conducted using combinatorial analysis methods. As a result of the study, a final table is presented that allows one to find an operational solution to the problem in the conditions of the tournament.

*Keywords:* badminton, team match, time optimization, combinatorial analysis.

**Мигалина Тамара Михайловна**

кандидат педагогических наук, доцент,  
Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана  
(Национальный исследовательский университет)  
tamara-migalina@yandex.ru

**Шишкова Екатерина Викторовна**

старший преподаватель,  
Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана  
(Национальный исследовательский университет)

**Щукина Гульмира Халелбековна**

старший преподаватель,  
Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана  
(Национальный исследовательский университет),

**Брусованкин Владимир Сергеевич**

старший преподаватель,  
Российский университета спорта «ГЦОЛИФК»,  
brusovankin@gmail.com

*Аннотация.* Статья посвящена решению проблемы оптимизации времени проведения соревнований по бадминтону при организации матчевых командных встреч. Рассмотрены критерии Правил проведения соревнований по бадминтону и возможные ограничения локального характера. Проведено исследование с применением методов комбинаторного анализа. В качестве результата проведенного исследования представлена итоговая таблица, позволяющая найти оперативное решение поставленной задачи в условиях проведения турнира.

*Ключевые слова:* бадминтон, матчевая командная встреча, оптимизация времени, комбинаторный анализ.

### Введение

**Б**админтон по своей сути является индивидуаль-но-игровым видом спорта. Однако, с ростом популярности игры [1,3] в последние десятилетия проявилась устойчивая тенденция роста интереса к командному формату проведения соревнований. Командные турниры регулярно проводятся в различных возрастных, гендерных, социальных и профессиональных группах населения. Проводятся соревнования команд в рамках чемпионатов мира и Европы, Всемирных летних Универсиад.

История командных соревнований по бадминтону содержит значительное многообразие различных форматов, отличающихся численным составом команд, гендерной принадлежностью игроков, количеством игр в каждом игровом разряде и в командной матчевой встрече в целом.

В результате многолетнего развития командного бадминтона выработался общепризнанный формат матчевой командной встречи, своего рода мировой стандарт этих соревнований — матчевая встреча из пяти игр по одной игре в каждом разряде (ниже приведены и англоязычные названия разрядов, и общепринятые сокращения в латинице):

- мужской одиночный — Mens Singles (MS);
- женский одиночный — Womens Singles (WS);
- мужской парный — Mens Doubles (MD);
- женский парный — Womens Doubles (WD);
- смешанный парный — Mixed Doubles (XD).

При этом дополнительным ограничением является требование, чтобы каждый участник матчевой встречи в ее рамках принимал участие не более, чем в двух играх.

Проведение соревнований в больших спортивных залах со значительным количеством зрителей и осу-

ществование прямых телевизионных трансляций предъявляют дополнительные требования к динамичности и зрелищности состязаний, выдвигают на первый план критерии непрерывности спортивного действия и минимизации технических перерывов. Сложность возникает в том случае, если в двух следующих друг за другом играх участвует один спортсмен. В этом случае игроку в соответствии с правилами проведения соревнований по бадминтону должен быть предоставлен получасовой перерыв, который неизбежно снижает динамику соревнований, зрительский интерес и привлекательность состязаний с точки зрения организации телетрансляций.

Поиску решения проблемы противоречия между возникающей необходимостью дополнительного технического перерыва и зрелищной привлекательностью командных соревнований по бадминтону посвящено предлагаемое исследование.

#### Цель исследования

Целью исследования является поиск алгоритма определения последовательности игр в командной встрече по бадминтону, исключающей наличие дополнительных технических перерывов для отдыха бадминтонистов, с учетом правил проведения соревнований и регламента командных турниров.

#### Методика и организация исследования

Представленная цель математически является типичной комбинаторной задачей, решаемой методами комбинаторного анализа, посвященного решению задач выбора и расположения элементов конечного множества, состоящего в данном случае из пяти элементов (матчевой встречи по бадминтону из пяти игр в различных категориях) в соответствии с заданными правилами.

Классической задачей комбинаторики является [2] задача о числе перестановок без повторения — сколькими способами можно разместить  $n$  различных предметов на  $n$  различных местах.

Применительно к нашему случаю, количество перестановок (последовательность игр в матче) составляет:

$$P_n = n!,$$

что составляет (при  $n = 5$ ) 120 перестановок, т.е. существует 120 вариантов последовательности игр в матчевой командной встрече по бадминтону. Таким образом, при кажущейся изначально простоте задачи, приходится на практике оперативно решать актуальную турнирную задачу в условиях динамично проходящих соревнований на основе многофакторного анализа. При этом главной судейской коллегии приходится принимать реше-

ние об оптимальной последовательности игр в условиях жесткого лимита времени, поскольку время от момента подачи технических заявок команд на встречу (поставки задачи) до момента ее решения (вызова команд на встречу) составляет не более 30 минут, а в зале может проводиться одновременно несколько встреч.

В основе проводимого анализа лежит необходимость соблюдения следующих критериев:

1. Требования Правил проведения соревнований BWF (Всемирной Федерации Бадминтона):
  - недопущения последовательности игр, допускающей участие одного спортсмена в двух играх подряд;
  - при **обязательном соблюдении** первого требования **рекомендуется** проведение сначала одиночных, а затем парных игр применительно к команде и к бадминтонисту, участвующему в двух играх в матчевой встрече.
2. Регламентные ограничения BWF и НФБР (Национальной Федерации Бадминтона России) — не более двух игр каждого спортсмена в одной матчевой встрече и проведение встречи на одном корте.
3. Требования спортивно-соревновательной логики:
  - максимально возможное время для отдыха игрока, участвующего в двух играх в матчевой встрече;
  - соображения зрелищности с учетом условий места проведения соревнований и т.п.

Совокупность перечисленных ограничений определяет степень сложности решаемой задачи.

На практике главной судейской коллегии требуется оперативно принять решение по последовательности игр в конкретной матчевой встрече, исходя из возможности реализации вышеизложенных критериев применительно к представленными командами техническими заявками на данную встречу.

При этом достаточно очевидными представляются следующие соображения:

- нет никаких проблем с выбором последовательности игр в случае, если в технических заявках обеих команд задействовано по 8 спортсменов (4 мужчины и 4 женщины), так как в этом случае каждый бадминтонист задействован в одной игре и исключены случаи участия одного игрока в двух последовательно проходящих играх, в этом случае с учетом всех требований предпочтительны два варианта последовательности игр: MS-WS-MD-WD-XD или WS-MS-WD-MD-XD, выбор одного

из них осуществляется решением главного судьи с учетом заявленных командами в технических заявках последовательностей игр;

- если хотя бы в одной гендерной группе одной из команд участвует меньше 4 игроков, то появляются варианты с участием одного спортсмена в двух играх и использование одной из представленных выше последовательностей исключается при заявке бадминтониста в двух парных играх;
- если обе команды заявили минимально возможное количество спортсменов — по 4 (2 мужчины и 2 женщины), то в этом случае в каждой команде в соответствующей гендерной группе оба участника играют в парном разряде, вторую игру один из них играет в одиночном, а второй — в смешанном парном разряде; неизбежно совпадение участников в парном и смешанном парном разрядах, проблема решается началом встречи с микста и главному судье предстоит выбор из двух вариантов XD-MS-WS-MD-WD или XD-WS-MS-WD-MD;
- наиболее сложными для анализа с целью выбора рекомендуемой с учетом всех требований последовательности игр являются многочисленные вариации технических заявок команд с наличием 3-х игроков хотя бы в одной гендерной группе любой команды.

Проанализируем некоторые варианты технических заявок, возможные при этом совпадения имен участников в двух игровых категориях и соответствующие сложившейся ситуации последовательности игр.

*В техническую заявку одной из команд включены 3 мужчины и 2 женщины, состав второй команды минимизирован.* Весь спектр возможных вариантов заявок в соответствии с действующими ограничениями приведен в таблице.

Игровые категории	Варианты технических заявок	
	Команда А	Команда В
MS	M1	M1*
WS	W1	W1*
MD	M1-M2 или M1-M3 или M2-M3	M1*-M2*
WD	W1-W2	W1*-W2*
XD	M1-W2 или M2-W2 или M3-W2	M2*-W2*

Здесь M1, \*M2, M3 — мужские номера команды А; W1, W2 — женские номера команды А; со \* — аналогично из команды В.

Если командой А в качестве мужского парного сочетания выбрано M1-M2, то в миксте должен быть задействован третий мужской номер (пара M3-W2), наблюдается участие женщины одновременно в женской

и смешанной парях, и проблема решается следующей последовательностью игр XD-MS-WS-MD-WD.

В случае выбора мужской пары M1-M3 неизбежен микст M2-W2 и решением является порядок игр XD-MS-WS-MD-WD.

При заявленной мужской паре M2-M3 возможны три варианта микста: при M1-W2 имеются совпадения в мужской одиночке и миксте, а также в женской паре и миксте (решение WS-MS-WD-MD-XD); при M2-W2 или M3-W2 есть совпадение в женской и смешанной парях и оптимален порядок проведения игр XD-MS-WS-MD-WD.

*В техническую заявку одной из команд включены 3 женщины и 2 мужчины, состав второй команды минимален.* Все возможные в этом случае варианты нашли свое отражение в приведенной ниже таблице.

Игровые категории	Варианты технических заявок	
	Команда А	Команда В
MS	M1	M1*
WS	W1	W1*
MD	M1-M2	M1*-M2*
WD	W1-W2 или W1-W3 или W2-W3	W1*-W2*
XD	M2-W1 или M2-W2 или M2-W3	M2*-W2*

Если в качестве женской пары выбрано сочетание W1-W2, то единственно возможным микстом в рассматриваемом случае станет M2-W3. При этом наблюдается совпадение в женской паре и миксте, решением будет последовательность XD-MS-WS-MD-WD.

При заявленной женской паре W1-W3 возможны 2 варианта смешанной пары: M2-W2 и M2-W3 (в обоих вариантах есть совпадения в женской и смешанной парях и выбирается последовательность XD-MS-WS-MD-WD).

При выборе женской пары W2-W3 возможны 3 варианта микста: M2-W1 или M2-W2 или M2-W3, во всех случаях имеется совпадение в миксте и женской паре и выбирается порядок игр XD-MS-WS-MD-WD.

### Результаты исследования

Результаты всестороннего анализа возможных вариантов расстановки игроков в технических заявках команд и варианты рекомендуемых порядков проведения игр в матчевой встрече представлены в таблице ниже.

Алгоритм действий с таблицей следующий. В технических заявках команд на матчевую встречу отмечают совпадения по участию игроков в двух играх. Затем в левом столбце находим соответствующую имеющимся

совпадениям строку. В этой строке в правом столбце представлен рекомендуемый в сложившейся ситуации порядок игр.

Имеющиеся совпадения по техническим заявкам команд	Рекомендуемая последовательность игр				
	1	2	3	4	5
Нет совпадений	MS	WS	MD	WD	XD
	WS	MS	WD	MD	XD
WD-XD	WS	MS	WD	MD	XD
WD-XD MD-XD	XD	MS	WS	MD	WD
WD-XD XD-WS		MS	WD	WS	MD
WD-XD XD-MS	XD	WS	MS	WD	MD
WD-XD MD-XD XD-WS	XD	MS	WD	WS	MD
WD-XD MD-XD XD-MS	XD	WS	MD	MS	WD

## Выводы

Проблема оптимизации времени проведения командных соревнований по бадминтону может быть решена методами комбинаторного анализа с учетом соблюдения критериев правил проведения соревнований BWF и НФБР, соревновательных требований и ограничений мест проведения турниров.

Выработанная в настоящем исследовании методика позволяет оперативно решить поставленную задачу в условиях проведения матчевых командных встреч.

Предложенная методика может быть также использована при определении порядка игр финальной стадии личного турнира в случае участия спортсменов в нескольких играх, если другие соображения рекламно-организационного характера не превалируют над критерием оптимизации времени проведения турнира.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брусованкин В.С., Мигалина Т.М. Бадминтон. Учебное пособие / В.С. Брусованкин, Т.М. Мигалина. — М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015, 144 с.
2. Виленкин Н.Я., Виленкин А.Н., Виленкин П.А. Комбинаторика. М.: МЦНМО, 2006, 400 с.
3. Мигалина Т.М. Обучение технике перемещений бадминтонистов 7–10 лет с применением специализированного оборудования: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Мигалина Тамара Михайловна. — М. — 2022. — 166 с.

© Мигалина Тамара Михайловна (tamara-migalina@yandex.ru); Шишкова Екатерина Викторовна; Щукина Гульмира Халелбековна; Брусованкин Владимир Сергеевич (brusovankin@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

## THE MAIN DIRECTIONS OF INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS

**V. Muromtsev  
A. Muromtseva**

*Summary.* The work provides an overview of the main directions of development of information technologies that are and can be used in the field of organizational management. The authors suggest that the development of the presented information technologies will determine the further transformation of the enterprise management information industry.

*Keywords:* information technologies, CIS, integration of management systems, Big Data, digitalization, virtual space, artificial intelligence systems, information management.

**Муромцев Валерий Валентинович**

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»  
vvm44@inbox.ru

**Муромцева Анна Валерьевна**

Кандидат филологических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»  
anmur37@yandex.ru

*Аннотация.* В работе приведён обзор основных направлений развития информационных технологий, которые используются и могут использоваться в области управления организациями. Авторы предполагают, что развитие представленных информационных технологий, определит дальнейшее преобразование информационной индустрии управления предприятием.

*Ключевые слова:* информационные технологии, корпоративные информационные системы, интегрированные систем управления, Big Data, цифровизация, виртуальное пространство, системы искусственного интеллекта, информационное управление.

**21** век принёс кардинальные изменения в область информационного взаимодействия предприятий. Эти изменения коснулись как внутренней, так внешней коммуникации между контрагентами. Изменился и процесс управления организацией. Появились такие понятия как параллельный менеджмент, виртуальная организация и другие. В ответ на эти изменения государство принимает и реализует ряд программ информатизации [1] в результате чего сформирована информационная макроструктура, которая создала благоприятную обстановку для развития и внедрения новых информационных технологий.

Сегодня, информационные технологии используются во всех сферах жизнедеятельности человека, в профессиональной и личной жизни, в реальном и виртуальном пространстве, в которых они реализуются, в управлении и экономике, где они представляют собой основные инструменты функционирования предприятий

На основе анализа применения информационных технологий можно сделать некоторые выводы о направлениях их дальнейшего развития.

Первое направление, в основе которого лежит системный подход к проектированию и анализу систем управления и экономики и который вытекает из практики применения информационных технологий, — это интеграция информационных технологий. За счёт этого

появляются новые функциональные возможности, которыми отдельные технологии не обладают. Это, прежде всего, позволяет повысить скорость и качество принимаемых управленческих решений [1–5].

Примером такой интеграции являются корпоративные информационные системы (КИС), в основе которых лежат профильные информационные технологии, обеспечивающие в совокупности эффективность решения производственных задач.

Основной задачей КИС является отражение целостной и максимально объективной картины состояния дел на предприятии в реальном масштабе времени, постоянной поддержке организационно-технологической модели управления предприятием и организация оперативного взаимодействия [6].

В настоящее время на российском рынке корпоративных информационных систем (КИС) существует достаточно широкий выбор программного обеспечения, претендующего на роль автоматизированных систем управления предприятием. Это системы различного уровня отечественной и зарубежной разработки, такие как SAP R/3, BAAN, Oracle Applications, JD Edwards, MFG-Pro, Парус, Галактика, Ахарт, Platinum, Concorde XAL и пр. Кроме того, существует ряд так называемых локальных систем, которые интегрированными назвать нельзя, но тем не менее они способны обслуживать по-

требности предприятий в части бухгалтерского и управленческого учета [2–3]. Это такие программные продукты, как 1С, БЭСТ, ИНФИН, и т.д.

Ещё одним наглядным примером интеграции технологий являются пакеты прикладных программ компьютеров. Интегрированный пакет MS Office включает ряд программ, предназначенных для решения офисных задач и объединённых единой технологией разработки и взаимодействием. Кроме того, они включают средства мультимедиа (перевод на другие языки, звуковое воспроизведение текста и т.д.) и программирования.

Интеграция коснулась и систем управления. Появление информационного менеджмента тесно связано с новыми возможностями информационных технологий получать, хранить и анализировать интегрированную информацию о внешней и внутренней среде организации.

Разработаны и внедрены интегрированные системы менеджмента организации [7], в состав которых входят такие системы управления как: системы менеджмента качества, системы экологического менеджмента, системы управления охраной труда в организациях, системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения охраны труда, системы менеджмента информационной безопасности, системы энергетического менеджмента и ряд других.

Отметим, что интегрирование информационных технологий требует достаточного уровня инфокоммуникационных систем, которые определяют прогресс в разработке и использовании подобных информационных технологий [8].

Второе направление развития информационных технологий связано с расширением их возможностей за счёт использования во времени и пространстве, применения новых инструментов обработки данных и новой, ранее не используемой, информации.

Примером, подобных информационных технологий, являются технологии Big Data, которые появились за счёт использования новых и накопленных данных (структурированных и не структурированных) и, в большинстве своём, известных алгоритмов обработки информации, таких как нейронные сети, алгоритмам обучения и т.д. [5].

Технологии Big Data позволяют обнаружить в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

К категории Big Data относится большинство потоков данных свыше 100 Гб в день. Согласно прогнозам аналитиков компании IDC к 2025 году человечество сформирует 400–440 зеттабайтов информации.

Источниками Больших данных являются: банки (Сбербанк, ВТБ, и другие), телекоммуникационные компании, сайты сети Интернет, программы ТВ и радио, видео продукция и многое другое.

Тенденция, связанная с хранением и обработкой информации в распределённых системах, сегодня реализуется в виде «облачных технологий», использование которых стало нормой для многих предприятий.

Цифровизация, о которой сегодня так много говорят, определяет ещё одно направление развития информационных технологий. Возможность создания цифровых динамических моделей различных объектов от производственных систем до объектов размера территорий [2–3, 5] позволяет создавать информационные технологии, которые решают задачи, связанные с изменениями состояния сложных объектов под воздействием тех или иных возмущений. Примером являются технологии ситуационного анализа, сценарного анализа, цифрового двойника предприятия, цифрового государства, интернет вещей [2–3, 9] и т.д.

Сценарный анализ является одним из методов представления информации о возможных изменениях социально-экономических систем и выработки эффективных управленческих решений.

Принципиальной новизной сценарного подхода является возможность прогнозирования поведения моделируемых объектов путем формирования сценариев их развития в соответствии с заданным набором эндогенных и экзогенных критериев. Анализ сценариев развития позволяет оценивать эффективность и согласованность множества распределённых во времени и пространстве управленческих решений при выборе и реализации комплексных программ развития СЭС, т.е. в случаях, когда экспериментирование на реальных объектах практически невозможно, экономически нецелесообразно или опасно в социальном плане.

Ситуационный анализ представляет собой некоторую оценку совокупности характеристик элементов управляемой системы и связей между ними, их причинно-следственную взаимозависимость, определяемую характером произошедших событий и протекающих процессов, в рамках постоянно функционирующего мониторинга состояния сложной системы.

Для оценки развития ситуаций применяются также системы прогнозирования на базе нейронных сетей и ге-

нетических алгоритмов. Эффективность графического и текстового представления может достигаться за счет использования фрактальной и когнитивной графики.

Следующее направление, которое следует отметить это информационные технологии, связанные с виртуальным пространством и их взаимодействием с информационными технологиями в реальном пространстве [10–11]. Сегодня пребывание в виртуальном пространстве и действия в нём тесно взаимосвязаны с пространством реальным, а системы отображения (лазерная голография, например) создают образ, отличить который от реальности практически невозможно.

Решение многих задач, например, создание различных тренажёров (для пилотов, водителей и т.д.), непосредственно основано на информационных технологиях виртуального пространства. Системы отображения позволяют в реальном масштабе времени воспроизвести трёхмерное изображение объекта, состоящее, возможно, из информации, поступающей из различных источников, как реальных, так и виртуальных.

Необходимо отметить ещё одно направление развития информационных технологий — это технологии влияния или информационного управления [2, 9, 12–14]. Возможность воздействия на подсознание человека весьма опасная технология. К сожалению, в настоящее время в РФ отсутствуют прямые законы, регламентирующие применение этих технологий.

В Доктрине информационной безопасности РФ в разделе Стратегические цели и основные направления обеспечения информационной безопасности отмечено, что одним из основных направлений обеспечения информационной безопасности в области государственной и общественной безопасности являются: «обеспечение защищенности граждан от информационных угроз, в том числе за счет формирования культуры личной информационной безопасности» [15].

Активное использование систем искусственного интеллекта представляет собой важнейшее, если не основное, направление развития информационных технологий. Сегодня системы искусственного интеллекта нашли применение в управлении производственными и не производственными системами, робототехнике, сервисных предприятиях, торговле, индустрии развлечений и т.д. Большинство существующих решений представляют собой реализации узко специализированных информационных технологий, которые в процессе функционирования требуют настройки и контроля со стороны человека. Дальнейшее развитие технологий искусственного интеллекта связано с расширением функциональных возможностей решения комплексных задач.

Технологии искусственного интеллекта очень быстро развиваются и начинают активно использоваться не только в производственной сфере, но и в обучении и повседневной жизни. Так, например, появились сообщения о использовании нейросети ChatGPT при написании текстов диплома, научных статей, текстов официальных выступлений и т.д. [16, 17]. В настоящее время системы искусственного интеллекта включаются в состав информационных систем. Это позволяет расширить возможности информационной системы и повысить эффективность её применения.

Кроме того, набирает обороты направление использования нейросетей для взаимодействия с клиентами (чаты, опросы), использование их для создания подписей к изображениям, набросков презентаций, корректировки и переводу деловых писем и другому. Т.е. данные инструменты позволяют улучшить корпоративное взаимодействие между клиентами, партнёрами и коллегами.

Сегодня редкий студент не использует нейросети при написании курсовых и дипломных работ. Политические деятели открыто признаются, что при подготовке выступлений они использовали нейросети. Создание научных статей с помощью нейросетей в настоящее время активно практикуется.

Нейросети активно используются в ДО, платформа Omdena опубликовала исследование «Лидеры по внедрению искусственного интеллекта». В нем рассказывается о 50 EdTech-стартапах, которые используют ИИ-технологии.

Основным направлением развития искусственного интеллекта является создание сильного искусственного интеллекта, способного решать широкий круг задач [17].

Системы искусственного интеллекта сегодня главное направление развития информационных технологий.

Развитие информационных технологий приводит к возникновению информационных угроз достоверности, доступности и конфиденциальности информации, которые необходимо парировать, используя информационные технологии обеспечения информационной безопасности. В этом направлении разработаны стандарты менеджмента информационной безопасности [18], реализация рекомендаций которых должна обеспечивать заданный уровень информационной безопасности. Тем не менее с развитием информационных технологий многократно возрастают угрозы информационной безопасности, как для организационных систем, так и для людей в целом.

Особо следует отметить угрозы со стороны технологий искусственного интеллекта, возможности которых

могут принести вред не только отдельным социально экономическим структурам, но и всему человечеству [15–17, 19].

Таким образом развитие информационных технологий направлено на интеграцию технологий, создание новых информационных технологий на основе применение известных информационных технологий в новом качестве и использовании новых не традиционных источников информации, развитие информационных технологий в виртуальном пространстве и взаимодействие

с реальным пространством, цифровизацию и создание на этой основе методов анализа СЭС, анализ и противодействие технологиям неконструктивного информационного управления и, наконец, создание сильного искусственного интеллекта.

Развитие информационных технологий сопровождается возникновением множества информационных угроз, которые необходимо знать и, по возможности, парировать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Информационное общество» — новая редакция, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2020 г. № 386-20
2. Системный анализ и принятие решений: словарь-справ.: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. бакалавров и магистров «Систем. анализ и упр.» / под общ. ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. — Москва: Высш. шк., 2004 (ГУП Смол. обл. тип. им. В.И. Смирнова). — 613, [1] с.: ил., табл.; 25 см.; ISBN 5-06-004875-6 (в пер.)
3. Информационный менеджмент: учебное пособие для вузов // Н.И. Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, А.Б. Шелков РГГУ. — Москва: Экономика, 2013. — 749 с.
4. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. Часть 1. Методические основы организационного управления / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2011. — 464 с.
5. Уорнер Малкольм, Виртуальные организации. Новая форма ведения бизнеса в XXI веке — URL: <https://coollib.com/b/151570-malkolm-uorner-virtualnyie-organizatsii-novaya-forma-vedeniya-biznesa-v-xxi-veke/read> (дата обращения: 03.08.2022)
6. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учебник и практикум / В.В. Муромцев, А.В. Муромцева — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 384 с.: ил., табл.
7. ГОСТ Р 55269-2012 Системы менеджмента организаций. Национальный стандарт российской федерации. Системы менеджмента организаций Рекомендации по построению интегрированных систем менеджмента.
8. Муромцев В.В., Муромцева А.В. Коммуникации в современных организационных системах // Вестник РГГУ. Серия «Управление». — 2011. — № 4. — С. 217–225
9. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Стратегические приоритеты цифровой экономики // Стратегические приоритеты, 3(15), 2017 — С. 54–95
10. Гуриева М.Т. Интернет вещей: анализ перспектив развития и проблем безопасности. // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XXV Международной научной конференции. Москва, декабрь 2017 г. / Под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. М.: РГГУ, 2017. — С. 231–237
11. Михайлюк М.В. Видеотренажеры для космических роботов и манипуляторов // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XVIII международной конференции. Москва, декабрь 2011 г. / Под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. — М.: РГГУ, 2011. — С. 437–440
12. Фейзов В.Р. Трансформация угроз обществу // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Международной конференции, 14 декабря 2022 г., Москва / под общей редакцией А.О. Калашникова, В.В. Кульбы; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН Минобрнауки РФ [и др.]. — Электрон. текстовые дан. (10,0 Мб). — Москва: ИПУ РАН. — 2022 — С. 118–121
13. Муромцев В.В., Немцова С.Р. Проблемы психоинформационной безопасности в современном информационном пространстве // Информационные войны. Москва, №2, 2014 — С. 73–80
14. Муромцев В.В., Муромцева А.В., Цифровизация — угрозы и риски /Материалы XXIX Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (15 декабря 2021 г. Москва). — Локальное электронное издание — Электрон. текстовые дан. (6,1 Мб). — Москва: ИПУ РАН, 2021. — С. 232–239
15. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646)
16. Российский студент защитил диплом с помощью ChatGPT — URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/61746-rossiyskiy-student-zaschitil-diplom-s-pomoschyu-chatgpt/> (дата доступа 12.02.2023)
17. Сильный искусственный интеллект: На подступах к сверхразуму / Александр Ведяхин [и др.]. — М: Интеллектуальная Литература, 2021. — 232с.
18. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2021 — Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология.
19. Концепция стратегии кибербезопасности Российской Федерации. Проект — URL: <http://council.gov.ru/media/files/41d4b3dfbdb25cea8a73.pdf> (дата обращения 23.06.2022)

© Муромцев Валерий Валентинович (vvm44@inbox.ru); Муромцева Анна Валерьевна (anmur37@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОЦЕНКА СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ ДОХОДА ОДНОРОДНОЙ МАРКОВСКОЙ ЦЕПИ

**Орлова Ксения Петровна**

К.т.н., доцент, Российский государственный  
университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет)  
имени И.М. Губкина (Москва)  
sherkusu@mail.ru

## CONVERGENCE RATE ESTIMATION INCOME OF A HOMOGENEOUS MARKOV CHAIN

**K. Orlova**

*Summary.* The article provides an analytical expression for the income vector of a homogeneous Markov chain for a finite number of «steps». In this case, the type and magnitude of the deviation of the income in question from its assessment based on the stationary characteristics of the chain is indicated. This formula for the magnitude of the deviation allows us to obtain an analytical expression for the rate of convergence of income to its estimate as the number of «steps» increases.

*Keywords:* homogeneous Markov chain with income, step of the Markov chain, stationary characteristics of the Markov chain with income, income estimate for a finite number of steps, convergence rate of the sequence.

### Введение

Прежде всего, отметим, что в настоящее время однородная Марковская цепь с доходом часто представляется однородным Марковским процессом с доходом (ОМПД) и с дискретным временем. Именно такое представление будет использоваться в рамках данной статьи.

Теперь обозначим через  $\zeta(t_k) = \bar{\zeta}(t_k, [p(0), P, \sigma])$  ОМПД с дискретным временем и конечным множеством состояний  $n$ , заданный следующей совокупностью исходных данных [1,4]:

$$(p(0), P, \sigma), \quad (1)$$

где  $t_k$  — дискретное время,  $k$  — номер шага процесса,  $k = 1, 2, \dots, \tau = t_k - t_{k-1}$  — интервал времени, соответствующий одному шагу,  $t_0 = 0, p(0) = (p_1(0), \dots, p_n(0))$  — начальное распределение,  $P = \{p_{i,j}\} \in \Omega_n, \Omega_n$  — множество всех стохастических матриц порядка  $n$  за исключением единичной матрицы  $E, n \in \{2, 3, \dots\}, p_{i,j}, p_{ij}$  — вероятность перехода процесса  $\zeta(t_k)$  из состояния  $i$  в состояние  $j$  за интервал времени  $\tau, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n, \sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_n)^T$  — вектор среднего дохода, приносимого процессом  $\zeta(t_k)$  на одном интервале времени  $\tau$ . Координата  $\sigma_i$  вектора  $\sigma$  удовлетворяет соотношениям:

$$\sigma_i = \sum_{j=1}^n p_{i,j} l_{i,j}, |\sigma_i| \leq \beta_0, i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

*Аннотация.* В статье приводится аналитическое выражение для вектора дохода однородной Марковской цепи за конечное число «шагов». При этом указывается вид и величина отклонения рассматриваемого дохода от его оценки, основанной на стационарных характеристиках цепи. Эта формула для величины отклонения позволяет получить аналитическое выражение для скорости сходимости дохода к его оценке при увеличении числа «шагов».

*Ключевые слова:* однородная Марковская цепь с доходом, «шаг» Марковской цепи, стационарные характеристики Марковской цепи с доходом, оценка дохода за конечное число шагов, скорость сходимости последовательности.

где  $l_{i,j}$  — доход при переходе процесса из состояния  $i$  в состояние  $j, \beta_0$  — положительное число.

В дальнейшем будут рассматриваться характеристики ОМПД  $\zeta(t_k)$  из следующего множества ОМПД:

$$Z = \{ \zeta(t_k) = \bar{\zeta}(k, [J, p(0), P, \sigma]) | P \in \Omega_n \}, \quad (3)$$

где компоненты вектора  $\sigma$  удовлетворяют выражению (2).

Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  определим следующие матрицы и вектора, являющиеся основными характеристиками этого процесса:

1.  $\pi$  — матрица финальных вероятностей, которая имеет вид [2]:

$$\pi = \lim_{k \rightarrow \infty} (k+1)^{-1} (E + P^1 + \dots + P^k), \quad (4)$$

где  $E$  — единичная матрица.

2.  $B$  — фундаментальная матрица вида [3]:

$$B = (E - P + \pi)^{-1}. \quad (5)$$

Отметим, что  $B \neq 0$ , если  $(P - \pi) \neq E$ . (6)

3. Вектора  $r = \pi \sigma$  и  $w = (B - \pi) \sigma$  именуется в работе [1] стационарными характеристиками процесса  $\zeta(t_k)$ . При этом выполняется равенство:

$$B\sigma = w + \pi\sigma \quad (7)$$

Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  справедливы следующие утверждения, доказанные в работах [2,3]:

1. Предел, определяемый выражением (4), существует, т.е. матрица  $\pi$  существует и единственна.

2. Выполняется соотношение:

$$P\pi = \pi P = \pi\pi = \pi. \quad (8)$$

3. Матрица  $B$  является невырожденной матрицей для любого  $P \in \Omega_n$ . Таким образом, существует матрица  $A = B^{-1}$ , для которой выполняется следующее соотношение:

$$BA = E. \quad (9)$$

**Соотношение характеристик ОМПД с дискретным временем**

Аналитические зависимости между выше определёнными основными характеристиками ОМПД  $\zeta(t_k)$  устанавливаются следующими леммами.

**Лемма 1.** Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  справедливы следующие соотношения:

$$A\pi = \pi = \pi A, \quad (10)$$

$$\pi B = \pi = B\pi, \quad (11)$$

$$(E - \pi)A = E - P = A(E - \pi), \quad (12)$$

$$(E - P)B = E - \pi = B(E - P). \quad (13)$$

Доказательство.

1.  $A\pi = [E - P + \pi]\pi = \pi - P\pi + \pi\pi. \quad (14)$

Из соотношения (14), с учётом выражения (8), следует справедливость левого равенства в соотношении (10). Аналогично доказывается справедливость правого равенства в (10).

2. Правое равенство (10) умножим справа на матрицу  $B$ . При этом, с учётом выражения (9), получаем выполнение левого равенства в соотношении (11). Аналогично доказывается выполнение правого равенства в (11).

3. Т.к.  $(E - \pi)A = A - \pi A = A - \pi = [E - P + \pi] - \pi = E - P$ , то справедливо левое равенство в соотношении (12). Аналогично доказывается выполнение правого равенства в (12).

4. Умножим левое равенство в выражении (12) справа на матрицу  $B$ . При этом получим следующее соотношение:

$$(E - \pi)AB = E - \pi = (E - P)B. \quad (15)$$

Из соотношения (15) следует справедливость левого равенства в выражении (13). Аналогично доказывается выполнение правого равенства в (13).

Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  справедливо уравнение:

$$w + r = \sigma + Pw, \quad (16)$$

где  $r = \pi\sigma$ .

Доказательство. Из определения матрицы  $A$ , вектора  $w$  и выражения (11) следует, что

$$Aw = (E - P + \pi)(B - \pi)\sigma = (E - P)B\sigma = (E - \pi)\sigma = \sigma - \pi\sigma. \quad (17)$$

Из выражений (11) и (7) следует, что

$$\pi w_1 = \pi(B - \pi)\sigma = 0$$

и, таким образом, выполняется следующее соотношение:

$$Aw = (E - P + \pi)w = w - Pw, \quad (18)$$

Из равенств выражений (17) и (18) непосредственно следует, что  $\sigma - \pi\sigma = w - Pw$ , т.е. выполняется уравнение (16). Лемма 2 доказана.

*Замечание 1.* Уравнение (16) приводится в работе [4], где служит для определения векторов  $r = \pi\sigma$  и  $w$ , введённых Р. Ховардом при рассмотрении свойств ОМПД  $\zeta(t_k)$ ; в работе [4], на странице 80 координаты вектора  $w$  именуются «весами».

**Лемма 3.** Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  и каждого  $\mu = 1, 2, \dots$  выполняются равенства:

$$(E - A)^\mu \pi = \pi(E - A)^\mu = 0, \quad (19)$$

$$(P - \pi)^\mu \pi = \pi(P - \pi)^\mu = 0. \quad (20)$$

Доказательство. Из выражений (8) следует, что

$$\pi^\mu = \pi. \quad (21)$$

Равенство (21), с учётом выражения (10), влечёт справедливость следующих соотношений:

$$(E - A)^\mu \pi = (E - A)^\mu \pi^\mu = ((E - A)^\mu \pi)^\mu = \pi - \pi = 0, \quad (22)$$

$$\pi(E - A)^\mu = \pi^\mu(E - A)^\mu = (\pi(E - A))^\mu = \pi - \pi = 0, \quad (23)$$

т.е. выполняется соотношение (19).

Аналогично, с учётом выражений (21) и (10), доказывается выполнение равенств (20). Лемма 3 доказана.

**Лемма 4.** Для каждого процесса  $\zeta(t_k) \in Z$  и каждого  $\mu \in \{1, 2, \dots\}$  выполняется равенство:

$$P^\mu = (E - A)^\mu + \pi, \quad (24)$$

Доказательство леммы проведем методом индукции.

1. Пусть  $\mu = 1$ , тогда  $(E - A)^1 + \pi = (E - E + P - \pi)^1 + \pi = P^1$ , т.е. выполняется равенство (24).

2. Пусть равенство (24) выполняется для  $\mu = n$ , т.е.  $P^n = (E - A)^n + \pi$ .

3. Пусть  $\mu = n + 1$ , тогда докажем, что при этом выполняется равенство (24). С учётом пунктов 1 и 2, выражений (8) и (19), где  $\mu = 1$ , выполняется следующее соотношение:

$$P^{n+1} = P \cdot P^n = (E - A + \pi)((E - A)^n + \pi) = (E - A)^{n+1} + (E - A)\pi + \pi(E - A)^n + \pi = (E - A)^{n+1} + \pi,$$

что доказывает лемму 4.

### Аналитический вид дохода от ОМПД на конечном интервале дискретного времени

Вектор дохода  $D(k) = [d_1(k), \dots, d_n(k)]^T$ , приносимого каждым процессом  $\zeta(t_k) \in Z$  за  $k$  шагов, т.е. на интервале дискретного времени  $[0, t_k]$ , имеет вид [2]:

$$D(k) = \sigma + P^1\sigma + \dots + P^{k-1}\sigma = \sum_{i=0}^{k-1} P^i\sigma, \quad (25)$$

где  $P^0 = E$ ,  $k \in \{1, 2, \dots\}$ . При этом координата  $d_i(k)$  вектора  $D(k)$  является доходом, приносимый Марковским процессом  $\zeta(t_k)$  при условии, что  $i$ -ая координата вектора начального распределения  $p(0)$  равна 1, а остальные нулю,

Используя лемму 4, вектор  $D(k)$  можно представить в виде:

$$D(k) = \left( E + \sum_{i=1}^{k-1} (E - A)^i \right) \sigma + (k - 1)\pi\sigma = (k - 1)\pi\sigma + \sum_{i=0}^{k-1} (P - \pi)^i \sigma, \quad (26)$$

где  $(P - \pi)^0 = E$ .

**Лемма 5.** Для каждого процесса  $\zeta(t_k) = \bar{\zeta}(k, [p(0), P, \sigma]) \in Z$  справедливо утверждение: для того, чтобы  $\sum_{i=0}^{\infty} (P - \pi)^i = B$  необходимо и достаточно, чтобы  $(P - \pi)^m \rightarrow 0$  при  $m \rightarrow \infty$ , (27)

где  $B = (E - P + \pi)^{-1}$  — фундаментальная матрица процесса  $\zeta(t_k)$ .

Доказательство.

1. Необходимость. Если  $(P - \pi)^m \rightarrow 0$  при  $m \rightarrow \infty$ , то по теореме 13.5 работы [4] выполняется соотношение —  $\sum_{i=0}^{\infty} (P - \pi)^i = [(E - (P - \pi))]^{-1} = B$ .

Необходимость доказана.

Достаточность. Пусть  $\sum_{i=0}^{\infty} (P - \pi)^i = B$ . (28)

Тогда для любого  $m \in \{1, 2, \dots\}$  справедливо следующее соотношение:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^m (P - \pi)^i [E - (P - \pi)] &= \\ &= \sum_{i=0}^m (P - \pi)^i A = E - (P - \pi)^{m+1} \end{aligned} \quad (29)$$

Если правое равенство в соотношении (29) умножить справа на матрицу  $B$ , то, с учётом равенства  $A \cdot B = E$ , справедливо следующее выражение:

$$\sum_{i=0}^m (P - \pi)^i = B - (P - \pi)^{m+1}B. \quad (30)$$

Теперь, если исключить тривиальный случай, когда  $B = 0$  (см. выражение (6)), то из равенства (30) при  $m \rightarrow \infty$  получаем, с учётом равенства (28), что  $\lim_{m \rightarrow \infty} (P - \pi)^{m+1} = 0$ , т.е. лемма 5 доказана.

**Теорема 1.** Для любого числа шагов  $k \in \{1, 2, \dots\}$ , т.е. для любого конечного интервала дискретного времени  $[0, t_k]$ , вектор дохода  $D(k)$  каждого ОМПД  $\zeta(t_k) \in Z$  имеет следующий вид:

$$D(k) = rk + w - (P - \pi)^k w, \quad (31)$$

где  $r = \pi\sigma$ .

Доказательство.

Из леммы 5 следует, что выражение (26) можно представить в виде:

$$\begin{aligned} D(k) &= r \cdot (k - 1) + \sum_{i=0}^{\infty} (P - \pi)^i \sigma - \sum_{i=k}^{\infty} (P - \pi)^i \sigma = \\ &= r \cdot (k - 1) + B\sigma - \sum_{i=k}^{\infty} (P - \pi)^i \sigma = \\ &= r \cdot (k - 1) + B\sigma - (P - \pi)^k B\sigma \end{aligned} \quad (32)$$

где

$$\sum_{i=k}^{\infty} (P - \pi)^i \sigma = (P - \pi)^k \sum_{i=0}^{\infty} (P - \pi)^i \sigma = (P - \pi)^k B\sigma. \quad (33)$$

Если учесть выражение (7), т.е.  $B\sigma = w + \pi\sigma = w + r$ , и соотношение

$$(P - \pi)^k \pi \sigma = (P - \pi)^k \pi^k \sigma = ((P - \pi)\pi)^k \sigma = (\pi - \pi)^k \sigma = 0,$$

то выражение (32) примет следующий вид:

$$D(k) = \pi \sigma k + w - (P - \pi)^k w = r \cdot k + w - (P - \pi)^k w,$$

т.е. теорема 1 доказана.

Из теоремы 1 следует, что для случая простых собственных значений матрицы  $(P - \pi)$  сходимости  $D(k)$  к вектору  $\bar{D}(k) = r \cdot k + w$  оценивается вектором  $\Delta(k) = (P - \pi)^k w$ . При этом сферическая норма [5] вектора  $\Delta(k)$  удовлетворяет следующему выражению:

$$\|\Delta(k)\| = \|D(k) - r \cdot k - w\| \leq \|(P - \pi)\|^k \|w\| = \lambda_0^k \cdot \|w\|, \quad (34)$$

где  $\|(P - \pi)\| = \lambda_0$  — спектральная норма вещественной матрицы  $(P - \pi)^T(P - \pi)$  и  $0 < \lambda_0 < 1$ ,  $\|w\| = |w \circ w|^{0.5}$  — сферическая норма вектора  $w$ ,  $\circ$  — символ скалярного произведения векторов.

При этом, справедливо выражение  $\Delta(k) \rightarrow 0$  при  $k \rightarrow \infty$ . (35)

**Замечание 2.**

1. Условие наличия простых собственных значений матрицы  $(P - \pi)$  не является критическим по отношению к применению формулы (34). Поскольку на стр. 67 работы [5] указывается, что «в вычислительной математике ... резкая грань между случаями простых и кратных

собственных значений стирается, т.к. при малых деформациях элементов матрицы всегда можно перейти от матрицы с кратными собственными значениями к матрице с простыми собственными значениями». При этом в работе [5] приводится аналитический вид таких «малых деформаций».

2. Для каждого ОМПД с дискретным временем  $\zeta(t_k) \in Z$  при  $k \rightarrow \infty$  из выражения (34), с учётом (35), получаем асимптотическую оценку  $\bar{D}(k)$  для вектора  $D(k)$ , приведённую в работе [4], —  $\bar{D}(k) = r \cdot k + w$ .

**Скорость сходимости  $D(k)$  к  $\bar{D}(k)$**

Вектор  $[D(k) - \bar{D}(k)]$  удовлетворяет выражению (31), поэтому скорость сходимости вектора  $D(k)$  к  $\bar{D}(k)$  оценивается вектором  $-\Delta(k)$ , где  $\Delta(k) = (P - \pi)^k w$ . При этом оценка скорости сходимости удовлетворяет соотношению (34).

**Заключение**

Для любого числа шагов  $k \in \{1, 2, \dots\}$ , т.е. для любого конечного интервала дискретного времени  $[0, t_k]$ , вектор дохода  $D(t_k) = D(k)$  каждого ОМПД  $\zeta(t_k) \in Z$  сходится к вектору  $\bar{D}(k) = rk + w$  со скоростью, определяемой выражением  $\Delta(k) = (P - \pi)^k w$ . При этом сферическая норма вектора  $\Delta(k)$ , удовлетворяет, с учётом замечания 2, следующему неравенству:  $\|\Delta(k)\| \leq \lambda_0^k \cdot \|w\|$ , где  $\lambda_0$  — спектральная норма матрицы  $(P - \pi)$  и  $0 < \lambda_0 < 1$ .

Таким образом, в данной работе получено аналитическое выражение для оценки скорости сходимости дохода ОМПД с дискретным временем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманов А.В. Исследование управляемых конечных марковских цепей с неполной информацией (минимаксный подход). — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 2002. — 176 с.
2. Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. — М.: Наука. — 1977. — 175с.
3. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. — М.: Наука. — 1970, — 271с.
4. Ховард Р. Динамическое программирование и Марковские процессы. — М.: Советское Радио. — 1964. — 189с.
5. Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. Издание 3-е, стереотипное. — СПб.: Издательство «Лань». — 2002. — 736 с.
6. Программный модуль для оптимизации линейной формы с интервально заданными исходными данными. Авторы: Орлова К.П., Карманов А.В., Серкин В.Е., Токарев М.А. Правообладатель: Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина, регистрация 30 марта 2022 года, №2022615055.
7. Программный модуль выделения классов возвратных сообщающихся состояний и класса невозвратных состояний Марковской цепи. Авторы: Орлова К.П., Карманов А.В., Серкин В.Е., Токарев М.А. Правообладатель: Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина, регистрация 04 августа 2022 г., № 2022664251.
8. Программный модуль расчёта стационарных характеристик Марковских процессов с доходом. Авторы: Карманов А.В., Орлова К.П., Серкин В.Е., Токарев М.А. Правообладатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», регистрация 06 марта 2023 г., № 2023613406.
9. Ширяев А.Н. Вероятность. — М.: Наука, 1980.
10. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов / Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2009. — 480 с.

© Орлова Ксения Петровна (sherksu@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

## FEATURES OF METROLOGICAL SUPPORT OF EXPERIMENTAL WORK IN THE PERFORMANCE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT WORK

**P. Pomortsev  
D. Kireev  
R. Lesnichenko  
M. Lesnichenko**

*Summary.* The tasks of creating rocket and space technology that meet modern requirements are largely assigned to rocket and space science, its theoretical, methodological and experimental potential. By rocket and space technology we will understand the constructive or functional combination of rocket and space technology, consisting of launch vehicles, spacecraft, space complexes (systems), as well as equipment designed to prepare for launch, launch and maintain in readiness for launch, technological equipment, technologies, materials, coatings, complex layouts et al.

The creation of new samples of rocket and space technology is based on theory, experiment and design practice and requires a large amount of theoretical, computational and experimental research. The considerable power and speed of modern computing systems make it possible to successfully use numerical modeling as a full-fledged tool for designing rocket and space technology. The use of numerical modeling makes it possible to significantly reduce the volume of expensive experimental studies, but does not reduce the relevance of experimental work. The experiment is still the main argument in the verification and confirmation of design models of samples of rocket and space technology, design solutions, technologies, materials, etc.

The development of the experimental base of the rocket and space industry organizations is continuously associated with an increase in the reliability and accuracy of test results and is largely due to the complication of tactical and technical requirements for the created samples of rocket and space technology. This development is accompanied by improvement, including metrological support of experimental work in terms of the organizational component.

Experimental work is understood as a system of operations, impacts and (or) observations aimed at obtaining information about an object of rocket and space technology during research tests. Research tests in accordance with [1] are tests conducted to study certain characteristics of the properties of an object.

*Keywords:* rocket and space technology, metrological support, experimental work, metrological service of the organization, research and development work.

**Поморцев Павел Михайлович**

канд. тех. наук, доцент, Акционерное общество  
«Институт подготовки кадров машиностроения  
и приборостроения», г. Королев

**Киреев Дмитрий Геннадьевич**

канд. тех. наук, Акционерное общество  
«Институт подготовки кадров машиностроения  
и приборостроения», г. Королев

**Лесниченко Роман Иванович**

канд. тех. наук, Акционерное общество  
«Институт подготовки кадров машиностроения  
и приборостроения», г. Королев  
kaf34@yandex.ru

**Лесниченко Максим Романович**

Московский государственный технический  
университет имени Н. Э. Баумана, г. Москва

*Аннотация.* Задачи создания ракетно-космической техники, удовлетворяющих современным требованиям, во многом возлагается на ракетно-космическую науку, на ее теоретический, методологический и экспериментальный потенциал. Под ракетно-космической техникой будем понимать конструктивное или функциональное объединение ракетной и космической техники, состоящей из ракет-носителей, космических аппаратов, космических комплексов (систем), а также оборудования, предназначенного для подготовки к пуску, пуска и поддержания в готовности к пуску, технологического оборудования, технологий, материалов, покрытий, сложных компоновок и др. Создание новых образцов ракетно-космической техники опирается на теорию, эксперимент и практику проектирования и требует проведения большого объема теоретических, расчетных и экспериментальных исследований. Значительные мощности и быстродействие современных вычислительных систем позволяют с успехом использовать численное моделирование как полноценный инструмент для проектирования ракетно-космической техники. Применение численного моделирования позволяет заметно сократить объемы дорогостоящих экспериментальных исследований, однако не снижает актуальности экспериментальных работ. Эксперимент по-прежнему является главным аргументом в проверке и подтверждении расчетных моделей образцов ракетно-космической техники, конструктивных решений, технологий, материалов и др. Развитие экспериментальной базы организаций ракетно-космической промышленности непрерывно связано с повышением достоверности и точности результатов испытаний и во многом обусловлено усложнением тактико-технических требований к создаваемым образцам ракетно-космической техники. Данное развитие сопровождается совершенствованием в том числе и метрологического обеспечения экспериментальных работ в части организационной составляющей.

Под экспериментальными работами понимается система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте ракетно-космической техники при исследовательских испытаниях. Исследовательскими испытаниями в соответствии с [1] называются испытания, проводимые для изучения определенных характеристик свойств объекта.

*Ключевые слова:* ракетно-космическая техника, метрологическое обеспечение, экспериментальная работа, метрологическая служба организации, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа.

## Введение

Известно, что различного рода экспериментальные работы проводятся преимущественно в рамках выполнения работ научно-исследовательского характера, равно как на этапе технического проектирования, формирования эскизов и при выполнении необходимых опытно-конструкторских работ. Все данные работы проводятся для достижения следующих целей:

Во-первых, с целью выявления и оценки показателей, отражающих качество функционирования объекта, в отношении которого проводятся те или иные испытания, в том числе, в различных условиях функционирования такового. Во-вторых, для целей выбора наиболее благоприятных режимов применения объекта, а также наиболее оптимальных характеристик всех его свойств. В-третьих, в целях сравнения различного рода вариантов практики реализации объекта, причем как при его аттестации, так и на этапе его проектирования. В-четвертых, в целях формирования математической модели, на основании которой объект функционирует, что также можно рассматривать через призму оценки основных параметров математической модели объекта. В-пятых, для отбора наиболее значимых факторов, которые оказывают влияние на ключевые показатели качества деятельности объекта. Кроме того, данные работы являются объективной необходимостью для того, чтобы выбрать разновидность математической модели объекта среди всех возможных вариантов. Стоит отметить, что данный перечень не является исчерпывающим и данные работы могут быть проведены и для достижения иных целей.

Метрологическое обеспечение экспериментальных работ представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, технических средств, правил и норм, направленных на получение при проведении экспериментальных работ информации о количественных значениях измеряемых величин с заданными показателями точности. В качестве ключевой тенденции, которую сегодня можно наблюдать в развитии всего метрологического обеспечения, выступает планомерный переход от ранее существовавшей задачи по обеспечению точности и единства измерений, к задаче, которая во многом направлена на обеспечение качества измерений в рамках проведения работ экспериментальной направленности. В указанном аспекте нельзя не согласиться с тем, что качество измерений является более широким понятием, по сравнению с понятием точности таковых. Во многом это обусловлено тем, что оно в полной мере описывает совокупность свойств всех средств измерений, которые на практике обеспечивают получение в установленный срок результатов всех измерений, в том числе, с точностью, сходимостью, правильностью, достоверностью и возможностями для их воспроизведения.

## Цели и задачи метрологического обеспечения экспериментальных работ

В качестве цели метрологического обеспечения работ, которые имеют экспериментальную направленность, в том числе, в рамках проведения работ, относящихся к опытно-конструкторским или научно-исследовательским и во многом необходимы в целях формирования образцов ракетно-космической техники, выступает обеспечение точности и единства измерений, которые контролируются в рамках проведения экспериментальных работ. В основу данной деятельности закладываются характеристики образцов и их параметры до и после эксперимента.

В свою очередь, задач метрологического обеспечения указанных работ выделяют несколько. Рассмотрим их более детально:

- формирование номенклатуры основных характеристик и параметров объектов ракетно-космической техники, а также испытательных режимов и всех факторов, которые могут оказать на них воздействие, если параметры и характеристики подлежат измерению. Кроме того, определяются возможные диапазоны изменения и возможные, а также допустимые погрешности всех измерений.
- выбор методов и методик измерений, равно как средств измерений и унифицированных образцов, технических устройств и систем, обладающих измерительными функциями, выбор испытательного оборудования, а также вспомогательного оборудования и устройств, наличие которых выступает в качестве объективной необходимости для выполнения экспериментальных работ в рамках проведения опытно-конструкторских и исследовательских работ.
- разработка методов и методик для измерений, а также самих средств измерений, технических устройств и систем, обладающих измерительными функциями, стандартных образцов, испытательного оборудования, равно как установление необходимых точных характеристик этих методов и методик измерений. Кроме того, это разработка измерительных средств, технических устройств и систем, стандартных образцов, испытательного оборудования.
- согласование с метрологической службой предприятия документации экспериментальных работ;
- обучение персонала, участвующего в экспериментальных работах, порядку проведения указанных выше работ.

Под точностными характеристиками будем понимать:

а) для средств измерений, устройств и технических систем, которые обладают измерительными функциями, равно как для испытательного оборудования — такими характеристиками выступает спектр различного рода метрологических характеристик, которые оказывают влияние на точность измерения;

б) для методов и методик измерения такими характеристиками будут выступать основные показатели точности измерений;

в) для стандартных образцов в качестве таких характеристик выступают различные метрологические характеристики;

г) для испытательного оборудования — совокупность данных характеристик, которые воспроизводят условия испытаний с помощью специального оборудования.

#### Особенности метрологического обеспечения экспериментальных работ

Работы по метрологическому обеспечению экспериментальных работ начинаются с планирования. Планирование развития системы метрологического обеспечения ракетно-космической техники носит программно-целевой характер, осуществляется в целях достижения ее сбалансированного развития с образцами ракетно-космической техники и предназначено для формирования перспективных планов развития системы, обеспечивающих требуемый уровень метрологического обеспечения ракетно-космической техники на всех этапах ее создания [2]. При планировании экспериментальных работ должен быть разработан перечень (номенклатура) параметров и характеристик объекта ракетно-космической техники, воздействующих факторов и испытательных режимов, подлежащих измерениям (измерительному контролю) (далее — перечень контролируемых параметров).

На основании перечня контролируемых параметров выбираются методики (методы) измерений, средства измерений, стандартные образцы, технические системы и устройства с измерительными функциями, испытательное оборудование, необходимые для их измерений (воспроизведения). Результаты работы по выбору методик (методов) измерений, средств измерений, стандартных образцов, технических систем и устройств с измерительными функциями, испытательного оборудования оформляются в виде перечня необходимых для измерений (воспроизведения) контролируемых параметров.

При необходимости организуются работы по разработке методик (методов) измерений, стандартных образцов, средств измерений, технических устройств, а также систем с измерительными функциями, испытательного

оборудования, равно как методик оценки и характеристик таких.

Документация по экспериментальным работам должна быть согласована с метрологической службой организации с целью проверки правильности и полноты установленных в ней норм точности, возможности их реализации и достаточности для контроля характеристик образцов ракетно-космической техники.

В перечень документации по экспериментальным работам, подлежащим согласованию с метрологической службой организации, входят:

- технические задания на выполнения экспериментальных работ, конструкторская и технологическая документация на разработку и изготовление объектов ракетно-космической техники;
- программы и методики экспериментальных работ;
- сетевой график проведения экспериментальных работ, содержащий этапы экспериментальных работ — разработку документации, изготовление оборудования и сроки проведения экспериментальных работ;
- техническое задание и необходимая документация на разработку;
- инструкции по эксплуатации и технические описания;
- формуляры (паспорта);
- методики (методы) измерений;
- отчеты о проведении экспериментальных работ по этапам и законченным испытаниям.

В прямой зависимости от ключевых особенностей проведения экспериментальных работ данный перечень документации может быть расширен.

До начала проведения экспериментальных работ:

- необходимо надлежащим образом организовать все необходимое обучение персонала предприятия, направленное на то, чтобы обучить их техническому обслуживанию и выполнению измерений;
- необходимо провести работы, направленные на установление всех точностных характеристик и на оценку того, готово ли метрологическое обеспечение к проведению экспериментальных работ.

Согласно требованиям, которые отражены в техническом задании, установление точностных характеристик для:

1. методик (методов) измерений может осуществляться путем ее аттестации в соответствии с порядком [3] или экспериментальных и (или) теоретических исследований (расчетов) ее точностных

характеристик в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки (расчета) точностных характеристик методик (методов) измерений;

2. средств измерений и стандартных образцов может осуществляться посредством проведения испытаний для утверждения типа согласно всем данным о проверке измерительных средств, а также в соответствии со всеми утвержденными методиками осуществления проверки или в соответствии с данными о проведении калибровки измерительных средств согласно методом калибровки, который применяется в организации [4];
3. технических систем и устройств с измерительными функциями может осуществляться в соответствии с [5] или путем экспериментальных исследований в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки точностных характеристик технических систем и устройств с измерительными функциями;
4. испытательного оборудования может осуществляться путем его аттестации в соответствии с [6] или экспериментальных исследований в соответствии с согласованной метрологической службой организации методикой оценки точностных характеристик испытательного оборудования, или подтверждения при помощи методик (методов) измерений, средств измерений, стандартных образцов непосредственно в процессе проведения экспериментальных работ, а используемые методики (методы) измерений, средства измерений, стандартные образцы для подтверждения точностных характеристик испытательного оборудования непосредственно в процессе проведения экспериментальных работ должны удовлетворять требованиям первого и второго перечислений.

Отчетные документы по результатам установления точностных характеристик в обязательном порядке должны содержать информацию о том, какая методика или какие методы измерений были использованы и какие точностные характеристики при этом были полу-

чены. Результаты оценки готовности метрологического обеспечения экспериментальных работ оформляются актом оценки готовности метрологического обеспечения экспериментальных работ.

Отчетные материалы экспериментальных работ в обязательном порядке должны содержать исчерпывающий перечень информации в сфере использованных методов и методик измерений, стандартных образцов, средствах измерений, технических устройств и систем, в том числе, с функциями измерения. В частности, указываются такие данные, как номера, позволяющие идентифицировать оборудование, его наименование, иные признаки, также можно ссылаться на иную отчетную документацию.

Отчеты о проведении экспериментальных работ по этапам и законченным испытаниям должны быть согласованы с метрологической службой предприятия

### Заключение

В настоящей статье представлены особенности метрологического обеспечения экспериментальных работ при выполнении опытно-конструкторских, а также научно-исследовательских работ в области создания ракетно-космической техники, что вполне можно отнести к организационной составляющей метрологического обеспечения.

Кроме работ, представленных в статье, могут выполняться другие работы, предусмотренные документами по стандартизации ракетно-космической промышленности, а также положениями о метрологической службе организации.

Таким образом, в целом комплекс мер по совершенствованию метрологического обеспечения позволяет гарантировать качество и повышает достоверность и точность экспериментальных работ, расширяет возможности экспериментальных исследований создаваемых образцов ракетно-космической техники.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
2. Поморцев П.М., Киреев Д.Г., Лесниченко Р.И. Программно-целевое планирование развития системы метрологического обеспечения перспективных изделий ракетно-космической техники // К.Э. Циолковский. История и современность. Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научно-го наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 2. — 2022. — С. 95–96.
3. Порядок аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения (утвержден Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 15 декабря 2015 г. № 4091, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации от 20 февраля 2016 г. № 41181).
4. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам

утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения (утвержден Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 28.08.2020 № 2905, зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации 20.11.2020 № 61034).

5. ГОСТ Р 8.678–2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Формы оценки соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями установленным требованиям.
6. ГОСТ Р 8.568–2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

---

© Поморцев Павел Михайлович; Киреев Дмитрий Геннадьевич; Лесниченко Роман Иванович (kaf34@yandex.ru);

Лесниченко Максим Романович

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ТЕХНОЛОГИЧНЫЕ МЕТОДЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КЛИЕНТСКОГО СЕРВИСА В КОМПАНИИ

## TECHNOLOGICAL METHODS OF TRACKING THE EFFICIENCY OF THE WORKFLOW AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF CUSTOMER SERVICE IN THE COMPANY

*S. Potekhin*

*Summary.* The purpose of the study: to study various methods of evaluating the effectiveness of employees in the customer service and to form a universal system of recommendations for tracking the workflow. The key KPIs of the client service employees are identified, and methods for monitoring the effectiveness of the workflow are highlighted. A study was conducted on the relationship of performance indicators, a list of metrics was formed that should be used when preparing an employee development program, as well as their adaptation in the company.

*Keywords:* employee performance tracking methods, customer service, feedback, technological solutions, 360 degree survey, employee KPIs

**Потехин Сергей Александрович**

аспирант, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации», г. Москва  
fpoint@gmail.com

*Аннотация.* Цель исследования: изучить различные методы оценки эффективности работы сотрудников в клиентском сервисе и сформировать универсальную систему рекомендаций по отслеживанию рабочего процесса. Определены ключевые KPI сотрудников клиентского сервиса, а также выделены методы по отслеживанию эффективности рабочего процесса. Проведено исследование о взаимосвязи показателей результативности, сформирован список метрик, на которые стоит ориентироваться при подготовке программы развития сотрудников, а также их адаптации в компании.

*Ключевые слова:* методы отслеживания эффективности сотрудников, клиентский сервис, обратная связь, технологические решения, опрос 360 градусов, KPI сотрудников.

Качественный клиентский сервис — ключевой элемент успешного развития любой компании. При помощи современных технологий компаниям удастся повысить уровень клиентского сервиса. При этом, персональная роль каждого сотрудника по-прежнему играет большую значимость, в том числе, в формировании лояльной аудитории бренда.

В рамках данной статьи мы хотели бы уделить внимание технологическим методам отслеживания эффективности рабочего процесса, которые позволят обратить внимание на проблемные зоны и усовершенствовать работу отдела клиентского сервиса.

Оценка эффективности сотрудников позволяет определить текущий уровень компетенций специалиста, а также составить список целей, которые необходимо реализовать в процессе работы. Благодаря качественной оценке эффективности сотрудника возможно продумать прозрачную систему повышения и усовершенствование навыков специалиста, а также разработать индивидуальные планы развития на основе персональных особенностей каждого работника, а также профессиональных компетенций.

Цель исследования: изучить различные методы оценки эффективности работы сотрудников в клиентском

сервисе и сформировать универсальную систему рекомендаций по отслеживанию рабочего процесса.

Перейдем к рассмотрению основных методов отслеживания эффективности сотрудников клиентского сервиса.

### Определение ключевых KPI

Зачастую KPI сотрудников клиентского сервиса зависит от следующих показателей:

- финансовые (обороты по клиентам за определенный период, маржинальность)
- качественные (уровень клиентского сервиса)

К качественным характеристикам относятся выполнение плана по целевым показателям: взаимодействие с клиентом, встречи, подробные консультации и др.

Технологическая оценка KPI подразумевает использование детализированной статистики по работе каждого сотрудника, в которой учитываются такие показатели, как количество обработанных запросов за единицу рабочего времени, количество повторных обращений, оценка сотрудника клиентом и другими коллегами, количество новых клиентов, которых удалось привлечь и т.д.

Ограничение данного метода заключается в том, что сотрудник часто видит только свои KPI, при этом показатели эффективности для коллег из его команды и других смежных отделов остаются закрытыми, соответственно, может возникнуть ситуация, при которой один сотрудник будет действовать исключительно в рамках своих KPI. При этом, технологическая карта взаимосвязей KPI позволит построить схему, в рамках которой все цели разных отделов и команд в компании объединяются в одну карту, на которой выстроены взаимосвязи, где наглядно продемонстрировано, что от чего зависит. Карта упрощает работу в отделах, так как по ней можно сразу определить области, на которые в настоящий момент стоит сместить фокус, чтобы принести реальную пользу бизнесу.

#### Обработка обратной связи от клиентов и коллег

При помощи различных технологических решений можно упростить анализ данных по эффективности сотрудников, а также выявить определенные тренды в рамках рабочих процессов.

Для получения обратной связи во многих компаниях используется анонимный опрос 360. Это метод оценки сотрудников, в рамках которого он получает обратную связь от коллег, руководителей и самого себя. Этот метод позволяет проанализировать, насколько эффективно сотруднику удастся коммуницировать с другими людьми в компании, а также выявить, какого стиля работы придерживается сотрудник, какие навыки необходимо усовершенствовать, а какие уже развиты на высоком уровне.

Перейдем к рассмотрению особенностей проведения данного опроса. За счет анонимности все участники опроса будут давать честную, максимально объективную обратную связь. Разнообразие участников опроса позволяет составить комплексное представление о работе сотрудника, так как его будут оценивать и подчиненные, и руководители. Иногда подобные опросы предусматривают и клиентскую оценку работы сотрудников.

Опрос строится на структурированных критериях оценки, которые отражают ключевые компетенции и навыки для продуктивной работы.

После проведения опроса сотруднику дается развернутая обратная связь о навыках, которые в будущем необходимо развивать, а также даются комментарии по сильным сторонам. На основе результатов опроса, каждый сотрудник при поддержке руководителя должен разработать план развития на текущей должности.

Усредненные результаты проведения данного опроса могут быть использованы при решении различных

управленческих задач. Например, при составлении плана по обучению и развитию сотрудников конкретного отдела.

Таким образом, опрос 360 градусов — один из мощных инструментов развития сотрудников, который повышает эффективность работы в компании. Ограничивающим фактором служит тот факт, что для успешной реализации данного метода необходимо обеспечить полную анонимность, разнообразие участников, сформировать строгие критерии оценки, продумать конструктивную обратную связь, которая будет основываться, как на позитивных, так и на негативных характеристиках, а также использовать результаты опроса в принятии управленческих решений.

#### Комплексный анализ данных

Использование алгоритмов Machine learning, благодаря которым можно отследить динамику на основе исторических данных.

Данная система позволит в режиме реального времени собирать информацию о том, как развивается тот или иной специалист, рассматривать предпосылки для потенциального повышения или сокращения.

Также, необходимо внедрять тесты на определение типа личности, проверять эмоциональный фон сотрудника в течение дня, чтобы оперативно принимать определенные решения по отношению к тому или иному работнику.

Технологические решения при оценке эффективности отслеживания рабочего процесса упрощают анализ данных, а также позволяют выявить определенные тренды в рамках рабочих процессов того или иного отдела.

При наличии социальных сетей компании, а также технической поддержки на сайте, можно всегда запрашивать обратную связь от клиента по коммуникации со специалистом, чтобы оценить уровень клиентской удовлетворенности. Детальный анализ позволит подсветить проблему, которая препятствует развитию и выстраиванию лояльной аудитории.

Большинство компаний прибегает к использованию CRM-систем, которые позволяют не только упорядочить работу с клиентами, но и повысить уровень клиентского сервиса за счет оценки взаимодействия с пользователем. Анализ происходит за счет оценки времени ответа и качества обслуживания, а также определение нагрузки каждого сотрудника.

Также, для автоматизации процессов по работе клиентского сервиса можно воспользоваться различными

task-менеджерами, которые позволят упорядочить задачи сотрудников, а также выявить потенциальные зоны роста, определив, на какие задачи тратится больше всего времени, оценить нагрузку каждого сотрудника.

На основе статистического анализа, машинного обучения и последующей визуализации можно выделить ключевые факторы, которые влияют на эффективность сотрудников.

В рамках написания данной работы мы провели исследование, посвященное оценке эффективности рабочего процесса за счет комплекса технологических решений.

Для сбора данных были использованы различные методы оценки:

- анкетирование сотрудников, с целью выявить уровень профессиональных компетенций
- анализ данных из CRM (скорость обработки ответов, количество задач, разделение задач на смысловые группы: общение с клиентами, составление медиапланов, работа с технической поддержкой и т.д.)
- опрос клиентов о представлениях по работе клиентского сервиса
- опрос сотрудников по поводу морального состояния в разные периоды дня
- опрос 360 градусов

После сбора информации каждому из методов оценки было присвоен коэффициент в виде числового значения, определяющий значимость того или иного фактора.

Собранные данные были представлены в обезличенном виде и обработаны с использованием статистических методов для получения результатов исследования.

В результате комплексного исследования были сделаны выводы о том, что результаты тестирования на уровень профессиональных компетенций напрямую зависят от уровня морального состояния сотрудника. 60 % людей, принявших участие в исследовании, показали высокий уровень компетенций и морального духа.

Данный тренд может быть использован следующим образом: работодателю необходимо следить за «моральным духом» своих сотрудников, с целью предотвратить их сокращение и выгорание на рабочем месте.

На старте взаимодействия с сотрудниками компании необходимо удостовериться в уровне профессиональных компетенция работников, а также регулярно проверять обучаемость сотрудников, при необходимости регулярно корректируя план развития.

Также, мы обратили внимание, что 40 % сотрудников высказывают недоверие к использованию инструмента «опрос 360», что может быть связано с тем, что сотрудники не уверены в анонимности даваемых ответов. Соответственно, важно проводить среди сотрудников обучающие тренинги по развитию коммуникационных навыков, в особенности навыки по обработке обратной связи.

Важно, чтобы сотрудник попадал в среду, где уже выстроены процессы и каждый понимает свою роль, а также роли коллег, которые помогут решить тот или иной вопрос.

Автоматизированные отчеты на основе разных показателей, описанных выше позволяют руководителю определить ряд тенденций, чтобы максимально оперативно реагировать на различные события.

На основе выгрузок из CRM удалось выявить задачи, на которые сотрудники клиентского отдела тратят больше всего времени и продумать методы по оптимизации данных процессов в будущем:

1. 50 % сотрудников более 40 % рабочей недели тратят на медиапланирование, хотя данная задача является вспомогательной. Было рекомендовано выделить время на тренинг по оптимизации отчетов для сокращения времени на сбор первичной информации для медиапланированию.
2. Сотрудник, чье эмоциональное состояние было на низком уровне, отвечал на обращения клиентов со скоростью в 3,2 раза меньшей, чем средне-статистическая скорость ответа других сотрудников. Соответственно, в рамках данного сотрудника был скорректирован план KPI на следующий квартал и предложено перемещение в смежный отдел, так как выявлена причина выгорания именно с точки зрения общения с клиентами.

Оперативное реагирование, как на тренды отдела, так и на тенденции отдельных сотрудников позволит улучшить качество работы, а также повысить эффективность взаимодействия между сотрудниками.

По итогам исследования нами был сформирован список данных, на основе которых можно обучить модель.

Метрики, доступные для анализа эффективности рабочего процесса сотрудников:

Категория 1: Аудио/видео звонки:

- общее количество аудио/видео звонков;
- среднее число участников;
- количество звонков в первую половину дня;
- количество звонков во вторую половину дня;
- количество звонков с членами команды/компаниями;

- количество звонков с участием внешних гостей;
- количество звонков вне рабочего времени

Категория 2: События в календаре (запланированные встречи):

- общее количество событий в календаре;
- среднее число участников;
- количество встреч в первую половину дня;
- количество встреч во вторую половину дня;
- количество встреч с членами команды/компании;
- количество встреч с участием внешних гостей;
- количество звонков вне рабочего времени

Категория 3: CRM

- количество клиентов
- количество закрытых клиентов
- оборот клиента в деньгах
- маржинальность клиентов в деньгах

Методология анализа данных:

1. Определяем метрики для отслеживания показателей эффективности.
2. Собираем числовые данные по выбранным показателям, тренируем модель Machine Learning на основе этих данных. Для статически значимых результатов исследования рекомендуем ориентироваться на среднемесячное количество: тысяча человек и минимальный период исследования: полгода.
3. На основе метрик категоризируем сотрудников.
4. Формируем получившиеся сегменты, определяя на основе значений метрик эффективность каждого сотрудника, а также эффективность работы команды.

В перспективе данные можно будет использовать для классификации новых сотрудников через определен-

ный период работы, что позволит усовершенствовать программу адаптации новых сотрудников при выявлении трендов для отделов компании.

В заключение, хочется отметить, что технологии оказывают огромное влияние на улучшение рабочего процесса. Они облегчают процесс коммуникации и комплексной обратной связи, что помогает подсветить для каждого сотрудника «зоны роста». Также, технологические методы оценки эффективности рабочего процесса способны определить, когда тот или иной сотрудник «выгорает» или начинает снижать производительность и эффективность работы. Быстрая реакция на такие события позволяет оперативно разобраться в причинах и улучшить показатели вовлеченности в процесс в будущем, а также избежать увольнения сотрудника.

Технологические решения играют важную роль в отслеживании рабочего процесса, что помогает каждой компании более эффективно управлять своими сотрудниками и принимать грамотные управленческие решения.

Важность повышения эффективности методов оценки сотрудников в клиентском сервисе обусловлена тем, что качество обслуживания напрямую влияет на репутационную составляющую бизнеса, а также позволяет сформировать лояльно настроенную аудиторию, которая в будущем будет являться амбассадорами брендов. Эффективная система оценки сотрудников позволит определить производительность каждого специалиста, а также выявить зоны для развития.

Подготовленный список рекомендаций может быть полезен для различных индустрий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Milner J., Myers S., O'Byrne P. Assessment in social work. — Bloomsbury Publishing, 2020.
2. Vonderlin R. et al. Mindfulness-based programs in the workplace: a meta-analysis of randomized controlled trials //Mindfulness. — 2020. — Т. 11. — С. 1579–1598.
3. Samoliuk N. et al. Employer brand: key values influencing the intention to join a company //Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society. — 2022. — Т. 17. — №. 1. — С. 61–72.
4. AlAbri I. et al. Assessing the employees' efficiency and adaptive performance for sustainable human resource management practices and transactional leadership: HR-centric policies for post COVID-19 era //Frontiers in Energy Research. — 2022. — Т. 10. — С. 959035.
5. Ravichandra K. Employee Efficiency Predictor: дис. — 2022. Фролова А.Д. и др. KPI в современной системе управления человеческими ресурсами //Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. — 2019. — №. 6 (40). — С. 128–134.
6. Курочкина А.А., Бикезина Т.В., Лукина О.В. Разработка KPI для удаленных сотрудников // Глобальный научный потенциал. — 2021. — №. 4. — С. 274–277.

© Потехин Сергей Александрович (fpspoint@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## РАЗВИТИЕ МЕТОДИК АГРЕГИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ИНДИКАТОРОВ

**Сапогов Александр Александрович**

Аспирант, Российский Государственный  
Социальный Университет (Москва)  
sapogovmail@gmail.com

### DEVELOPMENT OF FINANCIAL DATA AGGREGATION METHODOLOGY

**A. Sapogov**

*Summary.* Financial indicators are an important source of information for assessing a company's financial condition, making investment decisions and understanding market trends. Aggregating such indicators is becoming increasingly important and at the same time challenging as the volume of information increases and more precise analysis is required. This article examines innovative methods for aggregating financial data presented in modern scientific literature. There has been a surge of interest in methods that can be used not only to analyze the financial condition of one selected corporate structure, but also to analyze entire industries, sub-sectors, as well as to assess the financial condition of companies in regions, territories and states. In addition, it is concluded that the main approach for aggregating financial information is neural networks.

*Keywords:* financial analysis, financial data, aggregation, aggregate, data analysis, neural network.

*Аннотация.* Важным источником информации для оценки финансового состояния компании, принятия инвестиционных решений и понимания рыночных тенденций являются финансовые индикаторы. Агрегирование таких индикаторов становится все более важной и в то же время сложной задачей, поскольку объем информации увеличивается и требуется более точный анализ. В данной статье рассматривается развитие инновационных методов агрегирования финансовых данных, представленных в современной научной литературе. Отмечается новаторство методик, которые могут быть использованы не только для анализа финансового состояния одной выбранной корпоративной структуры, но и для анализа целых отраслей, подотраслей, а также для оценки финансового состояния компаний в регионах, территориях и государствах. Кроме того, делается вывод, что основным развивающимся подходом для агрегирования финансовой информации являются нейронные сети.

*Ключевые слова:* финансовый анализ, финансовые данные, агрегирование, агрегат, дата-анализ, нейросеть.

**В** современном мире финансовая отчетность имеет первостепенное значение. Опираясь на собранные и анализируемые данные, можно спрогнозировать текущую финансовую ситуацию в субъекте финансового анализа. На сегодняшний день финансовый анализ является одним из самых востребованных направлений в бизнесе. Предприниматели, основываясь на объективных и оперативных данных, могут принимать взвешенные решения.

В период докомпьютерной эпохи, когда не было информации о конкурентах и партнерах, анализ финансового состояния компании был практически невозможной задачей. Практика показывает, что достоверность полученных результатов в большинстве случаев недостаточна из-за недостоверности используемой статистической модели, одной из первопричин чего А.Н. Морозевич указывает «недостаточную адекватность» используемых статических моделей диагностики финансового состояния предприятий и сложности сбора и анализа индикаторов и факторов [13, с. 138].

Важным этапом в работе с финансовыми данными является их систематизация, классификация и анализ или, другими словами, агрегирование. О.С. Видмант в своей работе вводит понятие «агрегирование» следующим об-

разом: процесс объединения ряда разрозненных, гетерогенных элементов в единое целое с целью получения «целостного систематизированного массива» данных — агрегата [1, с. 775]. Несомненной важностью обладают исследования, показывающие само происхождение данных, которые были получены в результате исследований. В частности, в работе С.В. Пивневой обоснована классификация по масштабам представления данных, основанная на методе нейронапряженных графов. Рассмотрены основные подходы в описании и анализе потоков данных с помощью метода нейросетевых агрегатов (нейросети) [16, с. 149–143].

Агрегация — это процесс объединения большого объема данных в компактную структуру, которая позволяет выявить общие закономерности или тренды. В современной научной литературе термин «сбор и обработка информации» используется для того, чтобы получить более полное представление об изучаемом предмете. Если речь идет о горизонтальном анализе (хронологическом, временном или динамике), то его суть заключается в количественном и качественном сопоставлении с предшествующим периодом. В основе вертикального анализа лежит структурный анализ, который направлен на выявление взаимосвязи между отдельными позициями отчетности.

Агрегация финансовых данных может быть осуществлена путем: (1) объединения и сжатия информации по определенным правилам, например, при помощи вычислений средних, среднестатистических, медианных и прочих показателей; это совокупность методов для того, чтобы объединить данные по определенным параметрам, таким как средние, суммы, медианы и прочие статистические показатели; (2) выявление общих тенденций, паттернов и закономерностей. Агрегация дает возможность исследователям обнаружить общие тенденции в большом количестве данных, а также позволяет сделать более обоснованный вывод на основе статистической достоверности результатов; (3) агрегация данных может использоваться для снижения уровня шумов и детализации данных, чтобы уменьшить уровень шума в данных и устранить случайные колебания и детерминанты; (4) разделение уровней детализации данных на различные уровни, что дает возможность анализировать явление как с точки зрения обобщенной и более крупной перспективы, а также с точки зрения более мелкомасштабного подхода.

Изначально финансовый анализ производился без использования ЭВМ, это была ручная работа, основанная на расчетах и формулах. Управленцы, экономисты и аналитики начали использовать компьютерные технологии для анализа финансового состояния позднее, а автоматизированный сбор и анализ финансовых индикаторов появился в конце 1990-х годов. Интересна методика, предложенная А.Н. Морозевичем (публикация «Методика многоуровневой агрегированной оценки и прогнозирования финансового состояния предприятий» [13]). Развитие вычислительных мощностей приводит к появлению методов интеллектуально-аналитического анализа большого объема данных в системе управления, который включает различные показатели потенциала организации. Наилучшими подходами для мониторинга деятельности по мнению ряда авторов являются технологии системного анализа, в том числе, использование теории «нечетких» множеств, нейросетевого подхода и мультиэкспертного подхода к анализу данных [15, с. 93–101].

В настоящее время речь идет уже не только об компьютерных программах, но также и об автономных — относительно самостоятельно генерирующих финансовые отчеты. В то же время, несмотря на большое количество исследований и разработок в области финансового анализа, не существует универсального программного обеспечения для оценки финансовых состояний.

Недостаточность формализованных моделей приводит к тому, что разные эксперты по-разному оценивают одну и ту же ситуацию. Специалисты-теоретики, разработчики и руководители в области информационных технологий еще долгое время будут задаваться вопро-

сами о том, как интегрировать информацию из разных источников. А.В. Панков и Я.В. Дашкевич пишут, что основаниями несоответствия практики от теории является явная недоформализованность применяемых моделей: «зачастую отдельные эксперты по-разному оценивают ситуацию, сформированную на основе одинаковых исходных данных» [14, с. 23].

Изучив новейшую зарубежную и отечественную литературу, автор пришел к следующим выводам. Очевидно, одним из наиболее актуальных направлений прикладных исследований становится развитие машинного обучения и искусственного интеллекта. К таким методам относятся: машинное обучение и искусственный интеллект, а также использование компьютерных технологий. Системные алгоритмы, основанные на нейронных сетях и глубоком обучении, позволяют обрабатывать большие объемы данных.

С помощью нейросетей можно анализировать финансовое состояние компании, а также ее активы и пассивы. Они позволяют моделировать финансовые результаты, основываясь на данных прошлых отчетных периодов. Сети обрабатывают данные о спросе, продажах и потребительских предпочтениях. На основе собранных данных компании смогут понять, какой продукт пользуется спросом и какие тенденции формируются на рынке. При помощи нейросетей можно анализировать риски, связанные с кибербезопасностью и финансовыми рисками. Агрегация данных с помощью нейросети позволяет выявлять аномалии, а также другие потенциальные угрозы.

Нейросеть способна анализировать текстовую информацию, в том числе новости и комментарии пользователей социальных сетей. Кроме того, такая информация может быть полезна компаниям для понимания общественного мнения и репутации. На самом деле эффективность нейросети зависит не только от качества полученных данных, но и от того, как они были получены. Не стоит забывать и об этических аспектах работы с данными.

С.А. Горбатков с соавт. пишет о том, что в текущих реалиях агрегирование финансовых индикаторов по факту не может быть реализовано без применения нейросетей. В рассматриваемой авторами методологии («Гибридный метод структурного синтеза и регуляризации нейросетевой динамической модели банкротств корпораций», 2020 г. [3]) анализируется эмерджентный эффект, обусловленный «комплексированием нейросетевых технологий и агрегированием экзогенных переменных на базе обобщенных функций желательности Харрингтона» [3, с. 1–2]. В дальнейшем авторы усовершенствуют методику, ориентируя ее на работу с финансовыми отчетами, которые требуют более точной и качественной интерпретации [4].

Нейросетевые методики развивают также А.Е. Краснов, С.А. Красников, С.В. Николаева, Е.А. Чернов, Ю.Л. Сагинов («Агрегированное параметрическое описание состояний сложных систем на разных уровнях иерархии», 2013 г. [8], «Алгебраические основы нейросетевой декомпозиции и агрегирования динамических систем», 2015 [10], «Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности», 2017 г. [12]; [9]; [11] и др.).

В последнее время все большую популярность набирают графические базы данных. Графические базы данных позволяют систематизировать информацию о финансовых инструментах и событиях. Выявление системных рисков, связанных с финансовыми рынками и их влияние на развитие финансового рынка [5].

Исследования все чаще отсылают к компьютерным программам для обработки естественного языка. Новейшие технологии основаны на естественном языке, который используется в новостных статьях, отчетах и комментариях. Методология позволяет быстро реагировать на события, влияющие на финансовое состояние компании и ее финансовую структуру [17].

В современных цифровых технологиях реализованы новые подходы к прогнозированию, моделированию и даже симуляциям. В настоящее время синтетические данные и симуляции являются одним из самых перспективных методов анализа финансовых результатов. Используемые инструменты применяются для прогнозирования поведения на основе данных, полученных в открытом доступе.

О.С. Видмант («Прогнозирование волатильности финансовых временных рядов ансамблями деревьев», 2018 г. [2], «Применение агрегирования финансовых временных рядов для улучшения прогностических характеристик моделей», 2017 г. [1] и др.) указывает, что на первый взгляд может показаться, что проблем с анализом и прогнозированием не существует, но на самом деле все гораздо сложнее. Например, в строительной отрасли, как и в других отраслях, на достоверность показателей финансового состояния влияет множество

различных факторов [2]. Автор предлагает использовать интуитивную модель, способную быстро подстраиваться к изменяющимся условиям.

Особое развитие получили комбинированные методики, сочетающие в себе черты двух или более методов. В качестве примера можно привести методику оценки финансового состояния предприятия, основанную на анализе и прогнозировании финансово-хозяйственной деятельности. Кроме того, подобные системы, называют В. Мургул и В. Пухал, могут стать основой для реинжиниринга бизнес-процессов [18], а также при запуске проектов (для анализа чувствительности проектных решений) [13]. Исследователи развивают, помимо прочего, такие методы агрегирования данных, как деревья решений, ансамблевые методы.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к аналитическим методам, позволяющим оценить финансовую состоятельность компании в целом. Если говорить о макроэкономическом анализе, то он важен не только для коммерческих организаций, но и для органов государственной власти. В настоящее время существует достаточное количество программных и инструментальных продуктов, позволяющих проводить финансовый анализ на микроуровне, но практически не представлено цифровых инструментов для анализа финансовой информации в конкретной отрасли экономики [7]. Некоторые авторы считают, что отсутствие эффективного инструментария для анализа макроэкономических и секторальных данных является следствием того, что представленные данные не могут быть автоматизированно собраны и структурированы [6, с. 40].

Таким образом, выработка новых эффективных методик агрегирования это одна из важнейших задач, которая стоит перед современными компаниями и инвесторами. Машинное обучение, нейросетевой анализ и другие передовые технологии позволяют более эффективно управлять рисками при принятии решений. Агрегирование финансовых данных является одним из наиболее перспективных направлений, которое будет способствовать развитию инновационного подхода к анализу финансовой информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Видмант, О.С. Применение агрегирования финансовых временных рядов для улучшения прогностических характеристик моделей / О.С. Видмант // Экономика и предпринимательство. — 2017. — № 8. — Ч.4. — С.775–779.
2. Видмант, О.С. Прогнозирование волатильности финансовых временных рядов ансамблями деревьев / О.С. Видмант // Мир новой экономики. — 2018. — №12. — Вып. 3. — С. 82–89.
3. Горбатков, С.А. Гибридный метод структурного синтеза и регуляризации нейросетевой динамической модели банкротств корпораций / С.А. Горбатков, С.А. Фархиева // Вестник евразийской науки. — 2020. — №3. — С. 90–99.
4. Горбатков, С.А. Метод агрегирования переменных нейросетевой модели в обратных задачах восстановления зависимости в условиях высокой размерности пространства признаков и зашумленности данных / С.А. Горбатков, С.А. Фархиева, Е.Ю. Горбаткова // Вестник евразийской науки. — 2018. — №1. — 12 с.

5. Колышкин, А.В. Прогнозирование финансовой несостоятельности предприятий / А.В. Колышкин, Е.В. Гиленко, С.Е. Довженко, С.А. Жилкин, С.Е. Чов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. — 2014. — №2. — С. 122–142.
6. Крамаров, С.О. Автоматизированный сбор данных ключевых финансовых показателей предприятий it-отрасли региона / С.О. Крамаров, В.А. Овсянников, Л.В. Сахарова, Р.С. Усатый, Г.В. Лукьянова // ВК. — 2022. — №3 (47). — С. 39–45.
7. Крамаров, С.О. Методика оценки финансово-экономического состояния отрасли региона на основе алгоритма нечетко-множественного агрегирования финансово-экономических показателей / С.О. Крамаров, Е.А. Арапова // Вестник СурГУ. — 2022. — №3 (37). — С. 23–34.
8. Краснов, А.Е. Агрегированное параметрическое описание состояний сложных систем на разных уровнях иерархии / А.Е. Краснов, С.А. Красников, С.В. Николаева, Е.А. Чернов // Инновационные информационные технологии. — Материалы международной научно-практической конференции (Прага, 22–26 апреля 2013 г.). — Том 2. — М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. — С. 278–285.
9. Краснов, А.Е. Агрегированное описание состояний сложных систем на основе парных взаимодействий их элементарных подсистем / А.Е. Краснов, Ю.Л. Сагинов, Н.А. Феоктистова, Е.А. Чернов // Технологии XXI века в лёгкой промышленности (электронное научное издание). — № 7. Часть II. — 2013. — №5.
10. Краснов, А.Е. Алгебраические основы нейросетевой декомпозиции и агрегирования динамических систем. / А.Е. Краснов, Ю.Л. Сагинов, Н.А. Феоктистова // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. — Труды V Международной конференции III Международного конкурса научных и научно-методических работ (Москва, МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 13–14 мая 2015 г.). — М.: Издательство «Спутник+», 2015. — С. 23–27.
11. Краснов, А.Е. Количественное оценивание качества многопараметрических объектов и процессов на основе нейросетевой технологии / А.Е. Краснов, Ю.Л. Сагинов, Н.А. Феоктистова // Сборник научных трудов Всероссийской конференции «Информационные технологии, менеджмент качества, информационная безопасность» (IT&MQ&IS-2015) — (20 - 25 мая 2015 г.). Учебно-научная база КБГУ в Приэльбрусье (п. Эльбрус) / Приложение к журналу «Качество. Инновации. Образование». — №5, том 2. — 2015. — С. 97–108.
12. Краснов, А.Е. Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности / А.Е. Краснов, Е.Н. Надеждин, Д.Н. Никольский, А.А. Калачев // Информатизация образования и науки. — 2017. — № 1 (33). — С. 141–154.
13. Морозевич, А.Н. Методика многоуровневой агрегированной оценки и прогнозирования финансового состояния предприятий / А.Н. Морозевич и [др.] // Бухгалтерский учет и анализ. — 2001. — № 11. — С. 25–30.
14. Панков, А.В. Интеллектуальный анализ данных для задач идентификации состояний объектов контроля в условиях неопределенности / А.В. Панков, Я.В. Дашкевич // Интеллектуальные технологии на транспорте. — 2019. — №4 (20). — С. 22–27.
15. Пивнева, С.В. Интеллектуальный анализ больших данных в информационной системе управления вузом / С.В. Пивнева // Информатизация образования и науки. — 2021. — № 2 (50). — С. 93–101
16. Пивнева, С.В. Анализ эволюции данных в социологических исследованиях и образовании / С.В. Пивнева, Н.А. Феоктистова, В.Н. Шабанова // Информатизация образования и науки. — 2022. — № 3(55). — С. 129–143
17. Тубольцев, М.Ф. Системная методика агрегирования показателей доходности в финансовых операциях / М.Ф. Тубольцев // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2005. — №8. — С. 94–98.
18. Murgul, V. Hierarchical quasi-neural network data aggregation to build a university research and innovation management system / V. Murgul, V. Pukhkal // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT. — 2019. — EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. — Vol 1259. — Springer, Cham.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛОЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ

**Тюрнев Александр Сергеевич**

к.т.н., доцент, Иркутский национальный  
исследовательский технический университет  
tyurnevas@bk.ru

## USING NEURAL NETWORKS TECHNOLOGIES TO DETECT FALSE INFORMATION

**A. Tyurnev**

*Summary.* The article discusses various methods for identifying false information. One of the new directions in this area is the use of neural network technologies to detect false information.

In the research presented in the article such methods like analysis and synthesis were applied, as well as a systematic approach were used to design the structure of a neural network and the system as a whole.

Based on the results of the research, the structure of the future system was proposed. The system will allow identifying false information with high accuracy. To develop such a system, it will also be necessary to prepare a large dataset for training the proposed models. These datasets can be selected both on real crimes and by questioning students at a university to identify illegal actions.

The results of the research may be of practical interest both for law enforcement agencies and for large organizations, including the administration of educational organizations.

*Keywords:* false information detection, handwriting expertise, neural networks.

*Аннотация.* В статье рассматриваются различные методы выявления ложной информации. Одно из новых направлений в этой сфере — использование нейросетевых технологий для выявления ложной информации.

В исследовании преобладают такие методы, как анализ и синтез, а также системный подход к построению структуры нейронной сети и системы в целом.

По результатам исследования была предложена структура будущей системы, которая позволит выявлять ложную информацию с высокой точностью. Для разработки такой системы потребуется также подготовить большой набор данных для обучения предлагаемых моделей. Этот набор данных можно подобрать как на реальных преступлениях, так и при анкетировании обучающихся в вузе для выявления правонарушений.

Результаты исследования могут представлять практический интерес как для правоохранительных органов, так и для крупных организаций, в том числе и для администрации отечественных образовательных организаций.

*Ключевые слова:* детекция лжи, почерковедческая экспертиза, нейронные сети.

## Введение

В последнее время происходит бурный рост систем искусственного интеллекта и нейросетевых технологий в различных сферах. Не исключением является и исследования по выявлению ложной информации. Существуют традиционные методы детектирования лжи. Например, в правоохранительных органах для этой цели используют детекторы лжи (полиграфы). Они дают достаточно точные результаты, однако, и они могут ошибаться. Связано это, скорее всего, с неточностью получения биометрических параметров устройством либо неполным набором инструкций, заложенных в полиграф.

Нейросетевые технологии могут позволить повысить качество и точность детектирования, так как могут выявлять закономерности (например, связанность множества показателей), которые не может «увидеть» человек [1].

Более того, нейронные сети способны к обучению и самообучению. То есть даже если нейросеть «ошиблась» один раз, и мы указали сети на эту ошибку, то в следующий раз при схожей ситуации нейросеть с высокой долей вероятности уже выполнит верное детектирование.

Немаловажным аспектом исследования является выявление заинтересованных лиц. Такими заинтересованными лицами могут выступать работники правоохранительных органов, ведущие расследования преступлений или выполняющие функции дознания. Однако, кроме правоохранительных органов в подобном исследовании могут быть заинтересованы предприятия и организации, причем как государственные, так и частные. В последнее время многие организации прибегают к проверке своих сотрудников на полиграфе [2].

Выявление ложной информации может найти свое применение и в образовательной среде для выявления фактов злоупотреблений сотрудников обучающей организации по отношению к обучаемым, а также правонарушений внутри коллектива обучающихся.

В первую очередь необходимо изучить принципы, на которых строятся различные подходы к детектированию лжи.

Одним из самых важных достижений в области детектирования лжи стало появление полиграфа, который анализирует физиологические процессы.

До появления самого полиграфа предпринималось множество попыток измерять изменения в человеческом теле в момент, когда человек говорит неправду [3].

Например, плетизмограф — прибор для измерения кровенаполнения сосудов и изменений пульса, который позволял фиксировать изменения частоты сердцебиения при предъявлении исследуемому образов, внушающих страх.

Позднее аналогичные исследования привели к созданию гидросфигмографа — устройства, с помощью которого фиксировались изменения кровяного давления допрашиваемого.

В дальнейшем сходные исследования были направлены и на другие физиологические процессы — частота дыхания, изменения систолического давления крови, электрические токи сердца, проводимость кожи и другие.

Все эти исследования привели в итоге к созданию устройства, получившего название детектор лжи или полиграф [4].

Современные полиграфы фиксируют сразу множество параметров, снимаемых с человеческого тела (хотя основные методики остались прежними — анализ ритмов сердца, давления, дыхания, сопротивления кожи).

Однако, и они до сих пор не дают 100 % результатов и могут «ошибаться» [5]. Причем ошибки могут быть разного рода. Прибор может некорректно реагировать на истинные высказывания, относя их к ложным. И наоборот, ложные высказывания прибор может «пропустить». Также существуют различные методики «обмана» полиграфа, так как его можно «сбить с толку».

Полиграф не учитывает психоэмоциональное состояние испытуемого, из-за чего результаты могут искажаться [6]. Тем не менее, постоянно предпринимаются попытки совершенствования технологий детектирования лжи. Так, в последние годы все активнее стали появляться попытки применения нейросетевых технологий и других методов машинного анализа для детектирования лжи.

#### Анализ существующих разработок по применению систем искусственного интеллекта для выявления ложной информации

В работе [7] были проанализированы существующие системы детектирования лжи и алгоритмы нейросетевого детектирования лжи, выявлены их недостатки. В работе предложены и реализованы алгоритмы нейросетевого полиграфного аппарата.

В работе [8] рассмотрена система детекции ложной информации на основе обработки изображений методом видеоусиления Эйлера для измерения пульса человека.

В работах [9, 10, 11] приводится обзор исследований психофизиологических маркеров, позволяющих идентифицировать правдивую и ложную информацию. Дополнительно рассмотрена технология Eye-tracking как альтернативный или дополнительный метод тестирования. Также отмечены тенденции перспективности использования технологии Eye-tracking совместно с параметрическими системами. Представлены преимущества использования технологий регистрации движений глаз (Eye-tracking) и ритмов сердца. Кроме отечественных публикаций по этой тематике также была рассмотрена статья [12, 13], где в качестве альтернативы предлагается исследование реакции зрачков (расширение зрачков значительно больше, когда участники «выдумывают» ответы, чем когда они говорят правду). Размер зрачка увеличивается с увеличением когнитивной нагрузки. Исследование показало, что ложное воспоминание связано с увеличением размера зрачка и требует большей когнитивной обработки, чем правдивое воспоминание.

#### Концепция будущей системы

По результату анализа источников был сделан очень важный вывод. Большинство предлагаемых в рассмотренных источниках разработок реализуют только одну методику детектирования, в отдельных случаях — сочетание одного-двух аспектов разных методик. Поэтому качество таких работ сопоставимо с полиграфом (а зачастую — гораздо ниже).

В перспективе хотелось бы разработать комплексную систему, реализующую сразу несколько аспектов. На текущий момент выбор остановлен на анкетном методе, параметрическом подходе и анализе почерка. Дополнительно предполагается рассмотреть возможность анализа голоса или анализа поведенческих характеристик по видео (как, например, в [14, 15, 16]). В дальнейшем можно попытаться использовать eye-трекеры, предложить использование тепловизоров, так как это может позволить анализировать изменения температуры тела (или, например, только лица), наполнения кровеносных сосудов на лице (когда человек лжет — у него «щеки горят») и т.п.

Первым методом, выбранным для реализации, стал анализ почерка. В работе [17] описана концепция диагностики ложной информации при анализе почерка.

При детектировании ложной информации участвует два человека: задающий вопрос и дающий ответ на поставленный вопрос [18]. Выявление ложных высказыва-

ний строится с помощью опросника. Вопросы в нем разделены на три группы (таблица 1).

Первая группа — нейтральная — содержит вопросы общего характера (ФИО, пол, возраст и т.п.). При ответе на вопросы данной группы реципиент находится в расслабленном состоянии. Текст из нейтральной зоны может использоваться как некий эталон.

Вторая группа — контрольная. Испытуемый отвечает на вопросы, которые относятся к делу непосредственно. При этом у виновного человека чаще всего меняется почерк вследствие психомоторной реакции на неудобные

вопросы. В качестве маркеров, на которые надо обращать внимание, могут выступать изменение ширины и высоты букв, угла их наклона и прочее. У невиновного человека почерк обычно почти не меняется. При этом значения указанных маркеров отклоняются в допустимых пределах.

Третья группа — проверочная — необходима для подтверждения гипотезы о виновности испытуемого. Вопросы в этой группе также являются нейтральными. Испытуемый обычно выходит из состояния психологической нагрузки, а его почерк принимает прежний вид. В случае причастности подозреваемого к преступле-

Таблица 1.

Пример опросника для анализа почерка

Название	Тема	Вопросы (текст)
Ориентировочная зона	Незначима	Начальнику УМВД...
Нейтральная		Ф.И.О., дата рождения, место рождения, место жительства, место работы, семейное положение, образование, с кем проживает ...
Социальная оценка	Тревожность	— Я считаю себя законопослушным(ой) гражданином(ой)? В данных обстоятельствах обязуюсь говорить правду. — Считаю, что на данный момент по сделанному мною заявлению о преступлении ... (Дает оценку работе сотрудников полиции, которые расследуют данное преступление)
Знание	Значимая (для всех)	ПИШУТ САМИ-БЕЗ ДИКТОВКИ На данный момент о преступлении... (могу сказать, мне известно, могу написать следующее), данную информацию я узнал(а) от... с чьих слов, время (когда стало известно)
Алиби		— В момент совершения данного преступления, я находился(ась) ... — Занималась ... — Мое присутствие может подтвердить....
	Значимая (для преступника)	3 блока ДИКТУЕМ БЫСТРО
Контрольная 1		<b>1. Основание подозревать:</b> — У меня нет веских оснований подозревать свою дочь в оговоре ... — Я уверена в том, что моя дочь рассказала мне правду ...
Проверочная 1		<b>2. Знание преступника:</b> — Я достоверно точно не знаю, где еще, кроме указанного в заявлении события, моя дочь могла ... — Я никогда ... в присутствии своей дочери.
Проверочная 2		<b>3. Личное участие:</b> — Я официально заявляю, что в своем заявлении все изложила честно и правдиво, без преувеличений. — У меня не было умысла оговорить ... — Я не заставляла свою дочь обманывать работников правоохранительных органов.
Контрольная 2		Пишут про себя — У меня никогда не возникало желание и мысли обманывать своих родственников. — Я никогда не совершала никаких противоправных деяний — Я никогда не обманывал работников правоохранительных органов
Жертвенно-релевантная		— Я все написала честно и правдиво, в здравом уме, твердой памяти и хорошем самочувствии, без какого-то ни было давления со стороны специалиста, проводившего опрос. Данное мною объяснение готова подтвердить, пройдя тестирование с использованием полиграфа (детектора лжи)
Нейтральная		— Данное объяснение написано собственноручно, в помещении _____. Время. Дата (месяц прописываем словом). Подпись.

нию значения маркеров почерка обычно равны в нейтральной и проверочной зонах, но сильно отличаются в контрольной. Если в трех группах почерк практически не меняется, то испытуемый скорее всего невиновен. В случае, когда значения маркеров почерка близки по значениям в контрольной и проверочной группах вопросов, это может означать, что необходимо провести дополнительные проверки подозреваемого, так как причастность или непричастность не доказана.

В работе [17] в качестве маркера почерка был рассмотрен только средний угол наклона символов в слове.

В нашем исследовании мы попытаемся расширить набор маркеров анализа текста. На текущий момент предлагается рассмотреть 2 варианта реализации.

Первый подход заключается в проведении аналогии с самой методикой, описанной выше. Текст разделяется на три группы. Заранее известно, какая из групп является нейтральной, контрольной и проверочной. Далее анализируется каждая группа по очереди.

Для начала рассматривается текст первой группы. Текст разбивается на слова, слова — на буквы. Начертания каждой буквы необходимо проанализировать нейронной сетью и получить набор параметров, характеризующих каждую букву. Получим некоторое усредненное значение для каждой буквы. Эти значения будут являться эталонными. Использовать в качестве эталона начертания букв из известных наборов данных не представляется перспективным, так как у каждого человека даже в спокойном состоянии почерк может сильно отличаться от некоторого общепринятого.

Имея полученный таким образом эталонный шаблон каждой буквы, можно переходить к анализу контрольной и проверочной группы. Для каждой из них будут получены некоторые отклонения. В дальнейшем и будут анализироваться эти отклонения.

Второй подход заключается в применении нейронных сетей для непосредственного анализа. Текст все также разбивается на три группы. А далее нейронная сеть сама сравнивает каждую из пар «нейтральная» — «контрольная», «контрольная» — «проверочная», «нейтральная» — «проверочная». Затем анализируются результаты этих сравнений. Выдвигается гипотеза, что нейронная сеть сама сможет выявить отклонения в характеристиках текста в разных группах.

Немаловажным фактором применения данной методики является определение психотипа испытуемого [19]. Психотип определяется анкетным способом, поэтому данная методика также будет реализована посредством нейросети. Разные люди разных психотипов будут по-разному реагировать на задаваемые вопросы. Поэтому в дальнейшем планируется в качестве дополнительного параметра на входе нейронной сети по анализу текстов подавать и определенный заранее психотип испытуемого. Более того необходимо учитывать и категории испытуемых (беременные женщины, лица, находящиеся под воздействием алкоголя или наркотиков, имеющие некоторые заболевания (как психические или психологические, так и физические, физиологические), беременные женщины и другие) [20].

### Заключение

Дальнейшим развитием системы станет анализ результатов проверок на полиграфе с помощью еще одной нейронной сети.

Таким образом, предлагается реализовать три нейронные сети:

1. нейронная сеть для анализа анкет испытуемых для выявления психотипа личности;
2. нейронная сеть для анализа почерка при проведении опроса;
3. нейронная сеть для анализа параметрических результатов исследования на полиграфе.

В идеальном варианте хотелось бы получить набор данных одних и тех же испытуемых по всем трем направлениям исследования, чтобы иметь возможность сравнить результаты применения разных методик. В дальнейшем все три нейронные сети планируется свести в единую систему, которая на входе будет получать необходимые данные исследований, а на выходе отвечать на главный вопрос — говорит человек правду или лжет.

В качестве одного из вариантов подготовки наборов данных рассматривается возможность проведения добровольного анонимного анкетирования обучающихся на предмет выявления признаков коррупционной составляющей в университете, нарушений морально-этических норм поведения внутри студенческого коллектива (агрессивное поведение, травля, моральное, психологическое и физическое воздействие), фактов распространения запрещенных веществ среди обучающихся и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. Учебное пособие. Москва: Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»; 2016. 221 с. EDN: WCGNOR
2. Оглоблин С.И., Молчанов А.Ю. Инструментальная детекция лжи (проверка на полиграфе). акад. курс. Ярославль: Нуанс; 2004. 464 с. EDN: QWFBAF
3. Кузнецова А.А., Рогожина В.В. Полиграф — из истории до наших дней. Вестник современных исследований. 2018;11.8(26):55–57. EDN: GCVXRA
4. Смольникова И.В. История появления полиграфа и его применения в практике раскрытия и расследования преступлений. Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. 2023;1(25):197–208. EDN: CDWHOQ. DOI: 10.55001/2587-9820.2023.74.72.018
5. Шиллер А.В. Искажения и ошибки моделирования эмоций в искусственном интеллекте. Ценности и смыслы. 2020;5(69):93–107. EDN: UQPGOE. DOI: 10.24411/2071-6427-2020-10047
6. Гусева Н.В. Учет основных особенностей психотипов личности обследуемых при проведении психофизиологических исследований с использованием полиграфа. Научно-методический электронный журнал «КОНЦЕПТ». 2017;31:1456–1460. EDN: YPIWKF
7. Ясницкий Л.Н., Петров А.М., Сичинава З.И. Сравнительный анализ алгоритмов нейросетевого детектирования лжи. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2010;1(13):64–72. EDN: MNLIFZ
8. Захаров А.С., Кирличников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Система детектирования лжи на основе обработки изображений. Вестник технологического университета. 2016;18:132–134. EDN: WYBSIB
9. Селезнева Е.И., Воронова А.А. Eye-tracking как альтернативная или дополнительная к полиграфу технологий детектирования лжи. Перспективы: сборник научных статей магистрантов и аспирантов. 2021;10:154–160. EDN: UICUIO
10. Селезнева Е.И., Тихомирова Е.А. Динамика диаметра зрачка и ритма сердца при сообщении заведомо ложной информации на фоне индуцированной когнитивной нагрузки. Нейроинформатика-2021. Сборник научных трудов XVIII Международной научно-технической конференции. 2021:57–67. EDN: UOOUNS
11. Бровкин Д.Н. Особенности движений глаз и ритма сердца при калибровочном тексте полиграфа. Надежды: сборник научных статей студентов. 2021;15:73–76. EDN: DBPUWF
12. Dionisio D.P., Granholm E., Hillix W.A., Perrine W.F. Differentiation of deception using pupillary responses as an index of cognitive processing. Psychophysiology. 2001;38(2):205–211. DOI: 10.1111/1469-8986.3820205
13. Cook A.E., Hacker D.J., Webb A.K., Osher D., Kristjansson S.D., Woltz D.J., Kircher J.C. Lyin' Eyes: Ocular-motor Measures of Reading Reveal Deception. Journal of Experimental Psychology: Applied. 2012;18(3):301–313. DOI: 10.1037/a0028307
14. Медведев А.А., Лаптев А.А. Алгоритм выделения невербальных маркеров поведения человека на видео. Научный результат. Информационные технологии. 2022;7(2):58–64. EDN: HWUGOB. DOI: 10.18413/2518-1092-2022-7-2-0-8
15. Корсун О.Н., Юрко В.Н. Методы контроля психофизиологического состояния оператора по эмоциональному выражению лица и анализу характеристик морганий на основе глубоких сверточных сетей. Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия приборостроение. 2021;1(134):120–134. EDN: QPUUSZ. DOI: 10.18698/0236-3933-2021-1-120-134
16. Gowri S.M., Rafeeq A., Devipriya S. Detection of real-time facial emotions via deep convolution neural network. Proceedings — 5th International Conference On Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021. 2021:1033–1037. EDN: RUWQQR. DOI: 10.1109/ICICCS51141.2021.9432242
17. Михайлов А.В. Распознавание ложной информации в рукописном тексте с помощью нейронных сетей. Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине (IT UBIQUITOUS): материалы VII Международной научной конференции, 17-21 октября 2022 года, г. Томск, 24–25 октября 2022 года, г. Иркутск. 2023:206–212. Режим доступа: <https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1001066> (дата доступа 25.08.2023)
18. Рывкин С.Ю., Евтушенко О.В. Криминалистически значимые изменения почерка и подписи. Аллея науки. 2019;12(39):743–748. EDN: EDZXJO
19. Евсеева О.Е., Николаев А.Ю. Допустимость проведения психофизиологического исследования с применением полиграфа лицам с различными особенностями личности. Вопросы экспертной практики. 2019;51:189–194. EDN: QFWITP
20. Сезонова Т.В., Лунина О.Н. Психофизическая экспертиза с применением полиграфа как метод инструментальной детекции лжи при раскрытии преступлений. Научный вестник орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. 2022;2(91):202–209. EDN: BQQZIL

© Тюрнев Александр Сергеевич (tyurnevas@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОДА В СЕМАНТИЧЕСКУЮ СЕТЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

## AN IMPROVED ALGORITHM FOR CONVERTING PROGRAM CODE INTO A SEMANTIC NETWORK FOR ASSESSING STUDENTS' KNOWLEDGE IN THE PROCESS OF LEARNING PROGRAMMING

**A. Fedorov  
E. Avksentieva**

*Summary.* The article presents an improved algorithm for converting a program year into a semantic network for its further machine analysis and automation of the process of assessing students' knowledge in the process of learning programming. Variants of the representation of the resulting semantic network are considered.

*Keywords:* semantic network, e-learning, automation, matrix representation.

**Федоров Александр Сергеевич**

Аспирант, Университет ИТМО  
comrade\_1997@mail.ru

**Авксентьева Елена Юрьевна**

к.п.н., доцент, Университет ИТМО  
avksentievaelena@rambler.ru

*Аннотация.* В статье представлен улучшенный алгоритм преобразования программного кода в семантическую сеть для его дальнейшего машинного анализа и автоматизации процесса оценки знаний школьников в процессе обучения программированию. Рассмотрены варианты представления получаемой семантической сети.

*Ключевые слова:* семантическая сеть, электронное обучение, автоматизация, матричное представление.

### Введение

И нновационные процессы в современной общеобразовательной школе актуализируют проблему эффективного личностного развития не только в рамках совершенствования методики обучения отдельным дисциплинам учебного плана, но и развития общеобразовательных учреждений в целом. В результате возникли объективные предпосылки для выбора обучающимися индивидуально-образовательных траекторий, которые бы наиболее полно отвечали их личностным потребностям и устремлениям. Однако обучающиеся испытывают существенные трудности в выборе образовательной траектории и далеко не всегда ощущают себя ответственными за сделанный выбор, за свой личностный рост. В качестве одного из путей решения поставленных задач, можно рассматривать автоматизированное проектирование индивидуальной-образовательной траектории на основе знаний обучающихся [1, 2].

В контексте обучения программированию данная проблема усложняется тем, что ученику необходимо оценить качество своих программ. Данные программы могут выводить верные значения на тестовых данных, но при этом содержать критические структурные изъяны. Таким образом возникает задача автоматического

оценивания знаний обучающихся и на этой основе построения их индивидуальных образовательных траекторий [1, 2]. Данная тема рассматривалась в работе «Метод преобразования семантической сети для автоматизации оценивания решения задач по программированию в процессе электронного обучения» [3]. Статья рассматривает возможность представления программного кода в виде семантической сети для последующего машинного анализа. Предлагаемый алгоритм построения семантической сети можно условно поделить на две составляющие, а именно само построение сети и преобразование сети в массив чисел для последующей обработки.

Во время работы алгоритма исследуемая программа разбивается на логические блоки и далее на слова из заранее заданного тезауруса языка программирования. Полученные слова становятся вершинами семантической сети, а отношения, в которые они вступают друг с другом становятся рёбрами создаваемого графа. В качестве множества допустимых отношений используются как традиционные понятия из области семантических сетей (ISA, AKO, has\_part и др.), так и чисто языковые отношения (return, has\_type, assignment и т.п.).

Далее полученный граф преобразуется в множество точек N-мерного пространства. Для этого каждой вер-

шине ставится в соответствие массив пар <отношение (ребро)>-<ближайшее понятие (вершина)>.

Поставим в соответствие всем узлам графа некоторое численное значение, характеризующее их близость к другим понятиям тезауруса. Например, все действия с переменными имеют координаты в окрестности числа 100, а все вызовы функций — координаты в окрестности числа 1 000. Тогда полученный массив пар можно представить как словарь, где индексом будет являться тип отношения, а значением ячейки — численная характеристика ближайшей вершины, до которой можно добраться, используя данное отношение. Если при этом каждый раз получать указанные массивы для всех допустимых отношений в графе, то можно говорить о множестве точек N-мерного пространства т.к. все вершины будут иметь одинаковое количество координат. Однако, отметим недостатки предложенного способа построения семантической сети и её представления:

- Семантическая сеть использует как понятия из области языка программирования, так и понятия из области естественных языков: используемые понятия не являются четко определенными, а также обоснованными.
- В статье не формализован сам алгоритм построения семантической сети.
- Численные значения ставятся в соответствие узлам графа без должного обоснования.
- Получаемое представление графа может терять в своей точности, например, при наличии нескольких равноудаленных от текущей вершины узлов с одинаковыми рёбрами

Учитывая указанные проблемы, настоящая работа ставит своей целью усовершенствование алгоритма преобразования программного кода в семантическую сеть и методов её представления для последующей машинной обработки, реализованной на языке C++.

Представление программного кода в виде семантической сети

На основе работ [4–5] можно выделить три этапа построения семантической сети:

1. Определить абстрактные объекты и понятия предметной области, необходимые для решения поставленной задачи. Оформить их в виде вершин.
2. Задать свойства для выделенных вершин, оформив их в виде вершин, связанных с исходными вершинами атрибутивными отношениями.
3. Задать связи между вершинами, используя функциональные, пространственные, количественные, логические, временные, атрибутивные отношения.

Выделим основные принципы построения семантической сети на основе программного кода:

1. Предварительно производится унификация программного кода: циклы и условия приводятся к единой форме записи, исключаются такие незначащие символы как пробелы, табуляции и переходы на новую строку, а также комментарии.
2. Порядок выполнения операторов не имеет значения. Это вызвано тем, что обычно для части команд в программе допустима вариативность в последовательности их выполнения, то есть их перестановка не повлияет на результат программы. Например, если программа выполняет вычисления над координатами точки двумерного Евклидова пространства, то нет разницы в том, какую координату точки изменить первой, x или y. При этом из-за невозможности внедрения какой-либо иерархии на основе последовательности операторов, вводится иерархия вложенности: операторы могут связываться друг с другом отношением вложенности, например, выражение находится в цикле, цикл находится в функции.
3. Все циклы преобразуются к циклу while, действия же, выполняемые в его блоках (объявление/определение переменной, проверка условия, изменение счетчика), становятся операциями внутри цикла. Это вызвано тем, что в итоговой сети не должно существовать разницы между действиями внутри блоков задания цикла и действиями в теле цикла. Например, вечный цикл с условием выхода внутри его тела и просто цикл с условием выхода равнозначны. Также как равнозначен инкремент счётчика внутри тела цикла или внутри блока задания цикла.

```
while (true) if (n > 10) break; <-> while(n > 10)
    for(;; ++i) <-> for(;;) ++i;
```

4. Условия не различаются по своему типу (if, else if, else). При этом условия могут связываться друг с другом в последовательную цепь. Это вызвано тем, что блок else if концептуально использует предыдущий блок if при определении истинности выражения: если условие в блоке if истинно, то условие в else/else\_if будет всегда ложно. Несколько вложенных условий заменяются одним условием. В самом деле нет разницы между несколькими условиями и одним условием, записанным через логические операторы. Естественно, данная замена происходит при условии, что внутри тела условия имеется только операторы условия.

```
if (a > b) if (a > c) <-> if (a > b && a > c)
```

5. В выражениях учитывается только использование переменных/функций, численные значения не учитываются. Также не учитываются математические отношения связывающие переменные

в выражения. Это вызвано потенциально бесконечным количеством возможных записей для любой формулы. Иными словами выражения только отражают отношение некоторой абстрактной зависимости между переменными.

$$a \neq 15 * b * c \leftrightarrow a = a / (3 * b * c * 5) \leftrightarrow a = a, b, c$$

Основываясь на приведённых выше принципах, опишем общий вид получаемой в результате семантической сети. Итоговая сеть формируется из узлов, представляющих собой операторы языка, либо его концепции и рёбер, которые соединяют данные узлы отношениями, в которые вступают операторы языка. В написанной реализации алгоритма использовались следующие узлы:

- концепты (типы данных, а также функция, цикл и условие как некоторое абстракции);
- имена функций;
- имена переменных;
- реализации условия (по блокам, блок представляет собой один оператор if, else if, else);
- реализации цикла;
- конкретные выражения.

Имена функций и переменных не используются в дальнейшем и требуются только на этапе построения семантической сети для связывания участников выражения с конкретными переменными и команд с функциями, в которых они расположены. Рёбра являются направленными, однако для упрощения обхода сети алгоритмами поиска, узлы связываются одновременно двунаправленными рёбрами. Каждая такая пара рёбер отражает отношение как его прямую и обратную часть, например, «ребёнок» и «родитель», или «включает» и «входит в состав». Всего используется восемь отношений (приводятся отношение и обратное ему отношение):

- input/get\_from — для отображения ввода;
- output/put\_to — для отображения вывода;
- use/participate — для отображения участия переменных в выражении или условии;
- sets/assigned — для отображения задания значения переменных в выражении;
- is/child — для отнесения узла к какому-либо языковому концепту;
- contain/located — для отображения вложенности одних операторов в другие;
- return/associated — для отображения типа, возвращаемого функцией;
- next/previous — для отображения связанности древовидных условий (else и else if).

Таким образом, на этапе задания допустимых узлов и рёбер можно определить, насколько точно семантическая сеть будет передавать текст программы, либо насколько сильно она будет его обобщать. Например, можно объединить отношения contain и use, или input

и sets. При этом данный выбор влияет только на чувствительность сети, асимптотика алгоритма же остаётся неизменной.

Тогда алгоритм преобразования программного кода в семантическую сеть выглядит следующим образом:

1. Препроцессинг программного кода (унификация синтаксиса).
2. Выделение в программе отдельных операторов.
3. Последовательно для каждого оператора производится установление ему в соответствие некоторого узла в семантической сети и отношений этого узла с другими вершинами. Обработку команд программы необходимо выполнять последовательно для того, чтобы узлы, соответствующие используемым в выражениях переменным, уже существовали. То есть объявление переменной создаёт для неё вершину, а использование переменной лишь порождает новое отношение.
4. После определения типа узла, которое соответствует текущему оператору проверяется наличие начала вложенного блока, например, тела цикла, условия, функции. Если это имеет место быть, то алгоритм вызывает себя рекурсивно с места начала вложенного блока. Полученные в результате работы рекурсии имена всех узлов внутри блока связываются с текущим узлом отношением вложенности.
5. Имя текущего узла добавляется в список узлов, созданных алгоритмом при данном вызове
6. На данном этапе, если алгоритм не встречает символ завершения вложенного блока (например окончания тела цикла) и, при этом операторы программы не иссякли, то алгоритм возвращается на шаг 3.
7. Алгоритм возвращает список имён, созданных им узлов вызывающему окружению.

### Способы представления семантической сети

Была написана программа, которая по описанному выше алгоритму строит семантическую сеть программного кода. Данная программа доступна по адресу <https://github.com/rcomrad/KusOntology>.

Построим семантическую сеть на основе программы, реализующей поиск всех чётных чисел на заданном отрезке, написанную на языке C++ и имеющую следующий вид:

```
main()
{
int min, max;
cin >> min >> max;

for (int i = min; i < max + 1; i++)
{
```

```
if (i % 2 == 0) cout << i << " ";
}

return 0;
}
```

Первым возможным способом представления семантической сети может являться перечисление узлов и его соседей [6], полученный результат представлен в Таблице 1.

Представление имеет вид таблицы исключительно с целью экономии места. В нём каждый узел отображается пронумерованным пунктом вместе со своим именем. Далее следует словарь из отношения и массива имён узлов-соседей, с которыми стартовый узел связан текущим отношением. Данное представление является наиболее удобочитаемым для человека форматом и детально демонстрирует работу алгоритма. Естественным минусом является же то, что список соседей занимает достаточ-

ный объем как при печати, так и в оперативной памяти компьютера.

Следующим логичным шагом может являться присвоение числовых характеристик вместо строчных значений для рёбер и вершин, что позволяет представить и хранить семантическую сеть в более компактном виде. Данное представление не приводится вследствие его тривиальности (слова в Таблице 1 заменяются уникальными числами). Однако данное изменение позволяет создать весьма компактное представление семантической сети. Для этого перемножим числовые характеристики соседних рёбер и связанных с ними вершин. После такой операции вершина будет характеризоваться некоторым одномерным числовым массивом. При этом упорядочим произведения в порядке номеров вершин, характеристики которых входят в произведения. Если до какой-либо вершины ребро отсутствует (она не является соседом), будем считать её произведение равным нулю.

Таблица 1.

Представление семантической сети списком соседей

1) cicle child cicle_0	6) i is int assigned expr_block_002 expr_block_004 participate expr_block_003 expr_block_005 located cicle_0 put_to expr_block_006	9) cond_block_0 is condition use expr_block_003 located cicle_0	13) expr_block_001 input max located main
2) condition child cond_block_0 cond_block_1	7) max is int get_from expr_block_001 participate expr_block_003 located main	10) cond_block_1 is condition use expr_block_005 contain expr_block_006 located cicle_0	14) expr_block_002 sets i use min located cicle_0
3) function is main	8) min is int get_from expr_block_000 participate expr_block_002 located main	11) cicle_0 is cicle contain cond_block_0 cond_block_1 expr_block_002 expr_block_004 i located main	15) expr_block_003 use i max participate cond_block_0
4) main child function return int contain cicle_0 expr_block_000 expr_block_001 max min	12) expr_block_000 input min located main	16) expr_block_004 sets i located cicle_0	17) expr_block_005 use i participate cond_block_1
5) int associated main child i max min		18) expr_block_006 output i located cond_block_1	

	2	41	37	37	2	43	43	43	43	43	43	43	2	31	5	3	31	31
2	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	89	0	101	101	0	0	0	101	0	101	0	0	0	101	0	103	0	0
37	0	103	0	0	89	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	103	0	0	89	0	0	0	0	0	71	101	0	0	0	0	0	0
2	0	0	97	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	53
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	53	0
43	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0	0	71
43	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	71	0
43	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0	0	0
43	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0
43	0	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	0	0
31	0	103	0	0	0	0	0	83	73	83	73	67	0	0	89	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	109	97	97
3	0	101	0	0	0	101	101	0	0	0	0	0	97	0	107	0	101	101
31	0	0	0	0	0	0	59	0	73	0	0	0	0	0	89	103	0	0
31	0	0	0	0	0	0	59	0	73	0	0	0	0	0	89	103	0	0

Рис. 1. Матрица семантической сети

Тогда семантическую сеть можно представить в виде следующей матрицы, представленной на рисунке 1

Стоит отметить, что в данном представлении каждому ребру/вершине ставилось в соответствие характеристика в виде простого числа с целью получения уникальных произведений характеристик в каждом конкретном случае. Также матричная форма позволяет обрабатывать семантическую сеть существующими алгоритмами определения изоморфности графов. Например, при оценке качества программного кода путём сравнения его с эталонным решением [3] становится возможным использовать такие алгоритмы изоморфности графов как ISD [7].

Можно заметить, что данная матрица является частично симметричной относительно главной диагонали. Под этим будем подразумевать то, что все нулевые значения симметричны относительно главной диагонали. Однако ненулевые числа при отражении относительно главной диагонали заменяются на некоторое другое значение. При этом симметрично «отражённое» значе-

ние является постоянным для «отражаемого» числа и не меняется в зависимости от положения ячейки в матрице. Это вызвано тем, что каждое отношение имеет для себя противоположное отношение. Что и проявляется в домножении значений ячеек на некоторое отношение N/M относительно главной диагонали, где N — числовая характеристика отношения, а M — числовая характеристика обратного отношения.

### Заключение

В статье был представлен улучшенный алгоритм построения семантической сети из программного кода, написанного обучающимися средней школы в процессе обучения программированию. Полученная семантическая сеть может применяться для оценки знаний обучающихся по программированию и на её основе построения индивидуальных образовательных траекторий и, как следствие, повышения качества образовательного процесса. В статье также обозначены различные способы представления построенной семантической сети.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.И. Огородникова, «Проектирование образовательных траекторий личности», Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития., 2012, № 1 — С. 219–221
2. Е.И. Огородникова, «Выстраивание индивидуальных образовательных траекторий», Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития., 2012, № 1 — С. 219–221
3. А.С. Федоров, А.Н. Шиков, «Метод преобразования семантической сети для автоматизации оценивания решения задач по программированию в процессе электронного обучения», Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ., 2020, № 4, 7–17
4. Родзин С.И., Родзина О.Н. Модели представления знаний. Практикум по курсу «Системы искусственного интеллекта»: учебн. пособие. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. 151
5. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
6. Иванова Г.С. «Способы представления структурных моделей» Программные продукты и системы, 2011, № 4 — С. 91–96
7. Погребной В.К. Решение задачи определения изоморфизма графов, представленных атрибутными матрицами // Известия Томского политехнического университета. — 2012. — № 5. — С. 52–56.

---

© Федоров Александр Сергеевич (comrade\_1997@mail.ru); Авксентьева Елена Юрьевна (avksentievaelena@rambler.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

## THE PROBLEM OF USING INFORMATION TECHNOLOGY AT THE STAGES OF THE PRODUCT LIFE CYCLE

V. Tsydenov

*Summary.* This article analyzes the problems that organizations face when applying information technologies at various stages of the product life cycle. Problems considered: lack of integration of CAD with ESKD, lack of integration with PLM systems, difficulties in programming and setting up modern equipment, etc. In conclusion, the advantages of using information technologies are confirmed, despite existing problems.

*Keywords:* information technology, product life cycle, computer-aided design (CAD), life cycle management system (PLM).

**Цыденов Виталий Даржаевич**

Начальник конструкторского бюро,  
АО «Улан-Удэнский авиационный завод»  
cvd11316@uuaz.ru

*Аннотация.* Данная статья анализирует проблемы, с которыми организации сталкиваются при применении информационных технологий на различных этапах жизненного цикла изделия. Рассматриваемые проблемы: отсутствие интеграции САПР с ЕСКД, отсутствие интеграции с PLM-системами, сложности в программировании и настройке современного оборудования и пр. В заключении подтверждены преимущества применения информационных технологий, несмотря на существующие проблемы.

*Ключевые слова:* информационные технологии, жизненный цикл изделия, системы автоматизированного проектирования (САПР), система управления жизненным циклом (PLM).

**В** наше современное информационное общество информационные технологии стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни и характеризуется широкой компьютеризацией всех видов деятельности человечества: от традиционных интеллектуальных задач научного характера до автоматизации конструкторской, технологической, производственной и других видов деятельности [1].

В настоящее время наблюдается повышение внимания к внедрению указанных технологий на различных предприятиях и организациях. Рост интереса к внедрению такого рода информационных технологий обусловлен прежде всего необходимостью использования резервов предприятий для обеспечения своих преимуществ на рынке [2].

В данной статье рассмотрены проблемы применения информационных технологий на таких этапах как проектирование, технологическая подготовка производства, производство, эксплуатация и утилизация.

Для конструкторского труда характерны специфические особенности, которые усложняют процесс проектирования. К таким особенностям относятся требования к качеству выпускаемых чертежей. От качества чертежей во многом зависит продолжительность освоения изделий, так как внесение изменений и поправок требует дополнительного времени [3]. Применение САПР ускоряет проведение инженерных расчетов, позволяет улучшить качество и эффективность проектирования.

Одной из проблем на этапе проектирования с применением САПР от зарубежных разработчиков является от-

сутствие интеграции с ЕСКД, отсутствие библиотек стандартных изделий. Решением данной проблемы является применение отечественных САПР, в которых обеспечена поддержка российских стандартов при проектировании и оформлении конструкторской документации [4]. Немаловажную роль играет то, какая PLM-система применена на предприятии, так как необходимо будет проводить интеграцию САПР или переходить на «дружественные» PLM-системы.

Также решить проблему можно путем применения «бесчертежной» технологии на базе 3D-моделей, которая приведет к сокращению сроков проектирования. Для достижения максимальной эффективности бесчертежных технологий необходимо автоматизировать рабочие места, а также обеспечить стабильную инфраструктуру. Сбои в работе систем могут привести к простоям в производственных процессах и негативно сказаться на производительности.

ТПП — вид производственной деятельности предприятия (группы предприятий), обеспечивающий технологическую готовность производства к изготовлению изделий, отвечающих требованиям заказчика или рынка данного класса изделий [5].

Этот этап включает в себя разработку технологических процессов, специальных средств технологического оснащения, организацию методов технического контроля, нормирование материально-технических затрат, подготовку производственного персонала. При применении автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) достигаются такие результаты как увеличение производительности, повыше-

ние качества продукции. Несмотря на его достоинства, возникают и некоторые проблемы:

- нередко на предприятиях применяются программные продукты, разработанные много лет назад, такие как автоматизированные системы планирования производства, различные справочники, базы данных, электронные журналы регистраций, в связи с чем возникает невозможность интеграции с современными PLM системами;
- необходимость обучения персонала работе с информационными технологиями и адаптации их к новым системам и процессам. Обучение персонала может быть сложным из-за высокой технической сложности некоторых систем и необходимости изменения привычных способов работы.

Производственный процесс — это совокупность всех действий людей и средств производства, направленных на изготовление продукции [6].

Для достижения целей по повышению качества продукции, конкурентоспособности, оптимизации затрат необходимо проводить модернизацию производств на основе применения информационных технологий. Все это обеспечивается внедрением современного технологического оборудования.

Эти изменения являются частью общей тенденции в развитии производств, направленных на достижение вышеперечисленных целей. Однако, несмотря на преимущества, существуют определенные проблемы, связанные с применением информационных технологий на этапе производства:

- высокие затраты на оборудование и обслуживание. Затраты на закупку, установку, модернизацию и время простоя для технического обслуживания могут оказаться значительными и требовать соответствующих финансовых ресурсов;
- сложности в программировании и настройке: современное технологическое оборудование обычно требует программирования и настройки. Неправильные настройки или программирование могут привести к ошибкам или повреждению оборудования.

Данная стадия подразумевает под собой, что созданная продукция уже используется по назначению [7]. И на этом этапе информационные технологии помогают в решении таких задач, как контроль и диагностика эксплуатируемой продукции.

Системы наблюдения дают возможность оперативно обнаруживать проблемы и сбои в работе эксплу-

тируемой продукции. Путем постоянного мониторинга и анализа данных, таких как журналы событий, метрики производительности и мониторинг состояния оборудования, можно быстро определить причину проблемы и принять необходимые меры для ее устранения. Анализ данных, полученных с помощью средств наблюдения, помогает определить наиболее нагруженные компоненты системы, а также задать время и объем работ по обслуживанию и ремонту. Это позволяет предотвратить неожиданные сбои и утечку производительности путем своевременного проведения регулярного технического обслуживания.

Тем не менее, применение систем наблюдения и мониторинга также сопряжено с определенными проблемами. Одна из основных проблем — это обработка большого объема данных, которые генерируются в процессе мониторинга.

Другой проблемой, с которой можно столкнуться при использовании систем наблюдения и мониторинга, является необходимость создания резервных копий для предотвращения потерь информации.

Утилизация является очень важным этапом жизненного цикла продукции. На этом этапе находят применение такие информационные технологии как PLM-системы, которые помогают собирать, хранить и управлять информацией о продукции на протяжении всего ее жизненного цикла. Они позволяют отслеживать данные об объекте, такие как модель, детали, спецификации и методы утилизации. Это помогает обеспечивать соблюдение нормативных требований и экологических стандартов.

На данном этапе рассматриваются те же проблемы, которые возникают при применении системы управления жизненным циклом продукта (PLM) такие как: сложность внедрения, интеграция с другими системами, не использование в полной мере возможностей, которыми располагают эти системы.

Однако, несмотря на эти проблемы, преимущества использования информационных технологий на всех этапах жизненного цикла объекта могут быть огромными. Улучшение процессов проектирования и подготовки производства, повышение производительности, качества и безопасности эксплуатации объектов, сокращение времени и затрат — все это может быть достигнуто благодаря информационным технологиям.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://studfile.net/preview/6302615/page:3/> [Электронный ресурс].
2. Шаповалов В.Д. Основные особенности применения информационных технологий на этапах жизненного цикла продукции или услуг современного промышленного предприятия. Журнал «Transport business in russia», стр. 174.
3. Л.Б. Алексеева. Нормирование труда конструктора. Москва «Экономика», 1982, стр. 13.
4. URL: <https://www.pointcad.ru/novosti/obzor-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya> [Электронный ресурс].
5. ГОСТ Р 50995.3.1-96 Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства.
6. Л.Г. Доросинский, О.М. Зверева. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия, Ульяновск, 2016, стр. 25.
7. Русакова Анастасия Сергеевна, Кочетков Максим Николаевич, Старожук Евгений Андреевич. Применение информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия.

---

© Цыденов Виталий Даржаевич (cvd11316@uuaz.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ ДАННЫХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОБЛАСТИ ИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБУЧЕННОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМЕРА

## ANALYSIS OF TECHNICAL DOCUMENTATION DATA IN THE FIELD OF IT USING A PRE-TRAINED TRANSFORMER LANGUAGE MODEL

**F. Shcherbanich  
O. Romashkova**

*Summary.* The article is devoted to the problems of development and analysis of technical documentation in the field of IT projects. With the help of a large language model of a generative pre-trained transformer, the sources of scientific literature were analyzed. The following problems were identified: incorrectness and incompleteness of documentation, lack of document writing skills among responsible persons, rapid obsolescence of documentation, neglect of documentation, ambiguity and unstructured presentation. The article also highlights and examines the ways of solving these problems proposed by the authors of the analyzed publications.

*Keywords:* technical documentation, IT projects, data analysis, language model, generative pre-trained transformer.

**Щербанич Филипп Егорович**

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте РФ  
(РАНХиГС)» г. Москва  
schurbanich@gmail.com

**Ромашкова Оксана Николаевна**

Доктор технических наук, профессор, профессор,  
Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте РФ  
(РАНХиГС) г. Москва  
ox-rom@yandex.ru

*Аннотация.* Статья посвящена рассмотрению проблем разработки и анализа технической документации в области ИТ-проектов. С помощью большой языковой модели генеративного предобученного трансформера был проведен анализ источников научной литературы. Выявлены следующие проблемы: некорректность и неполнота документации, отсутствие навыка написания документов у ответственных лиц, быстрое устаревание документации, пренебрежение к оформлению документации, неоднозначность и неструктурированность изложения. В статье также выделены и рассмотрены предложенные авторами анализируемых публикаций пути решения данных проблем.

*Ключевые слова:* техническая документация, ИТ-проекты, анализ данных, языковая модель, генеративный предобученный трансформер.

### Введение

Техническая документация программных продуктов является одним из основных средств хранения и передачи информации о разрабатываемой информационной системе и помогает обеспечивать взаимодействие между разработчиками системы, инженерами-тестировщиками, менеджерами и остальными пользователями [1]. Создание и поддержание технической документации в актуальном состоянии обычно связаны с рядом проблем и сложностей.

Идентификация и каталогизация проблем, а также соответствующих решений, предложенных в научных публикациях, позволит сформировать обобщенные выводы [2]. Эти выводы предоставят специалистам важные знания по оптимизации работы с технической документацией без необходимости детального анализа множества источников литературы [3].

### Методика исследования

В работе выполнен систематический анализ современных научных литературных источников 2019–2023

годов издания, в которых проводятся исследования, связанные с выявлением проблем создания и систематизации технической документации ИТ-проектов, а также анализируются практики для решения выявленных проблем.

Для поиска подходящих публикаций был использован интернет-сервис Google Scholar, со строкой поиска: («software» OR «technical» OR «project» OR «code») AND «documentation» AND («quality» OR «problems» OR «issues»). В результате было получено примерно 363 000 результатов, из были изучены первые 200 ответов (20 страниц поисковой выдачи), поскольку первые результаты поиска в Google Scholar являются наиболее релевантными. Из данного набора были выбраны 24 научных публикации, которые явились наиболее полезными для достижения целей настоящего исследования (Aghajani E. *Software documentation: automation and challenges: дис. — Università della Svizzera italiana, 2020; Rios N. et al. Hearing the voice of software practitioners on causes, effects, and practices to deal with documentation debt // Requirements Engineering: Foundation for Software Quality: 26th International Working Conference, REFSQ 2020, Pisa, Italy; Behutiye W. et al. Towards*

optimal quality requirement documentation in agile software development: A multiple case study // *Journal of Systems and Software*. — 2022; Wilsson L. Automating and increasing efficiency of component documentation maintenance: A case study. — 2022; Osorio K., Rosero J. L., Ch R. P. R. Technical Writer: A proposal to improve quality and documentation in the agile methodology "Scrum" // *KnE Engineering*. — 2020; Horvath A. et al. Understanding How Programmers Can Use Annotations on Documentation // *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. — 2022; Hull M. F. The Role of Technical Communicators in Open-Source Software: A Systematic Review. — 2021; Tang H., Nadi S. Evaluating Software Documentation Quality // *2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*. — IEEE, 2023; Mathrani A., Wickramasinghe S., Jayamaha N. P. An evaluation of documentation requirements for ISO 9001 compliance in scrum projects // *The TQM Journal*. — 2022; Ajam G. Quality of Application Programming Interfaces Documentation and Topics Issues Exploration: *doc*. — UNSW Sydney, 2019; Tan W. S., Wagner M., Treude C. Detecting Outdated Code Element References in Software Repository Documentation // *arXiv preprint arXiv:2212.01479*. — 2022; Shevchenko B. Issues in communication during architecture design in modern software engineering: A Systematic Literature Review. — 2023; Cadavid H., Andrikopoulos V., Avgeriou P. Documentation-as-Code for Interface Control Document Management in Systems of Systems: A Technical Action Research Study // *European Conference on Software Architecture*. — Cham: Springer International Publishing, 2022; Rasool A. A Review on Software Architecture Documentation in Agile Development // *LC International Journal of STEM (ISSN: 2708-7123)*. — 2021. — Т. 2. — № 1; Gilmore C. API Documentation for Users and Developers: *doc*. — WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2022; Machado L. S. et al. How Online Forums Complement Task Documentation in Software Crowdsourcing // *Proceedings of the IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering Workshops*. — 2020; Treude C., Middleton J., Atapattu T. Beyond accuracy: Assessing software documentation quality // *Proceedings of the 28th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*. — 2020; Rebai S. Commits Analysis for Software Refactoring Documentation and Recommendation: *doc*. — 2021; Szatmáry P., Schweitzer M. K. Exploring the Impact of Open-Source Software Documentation on Contributors' Motivation and Participation. — 2023; Aghajani E. et al. Software documentation issues unveiled // *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering (ICSE)*. — IEEE, 2019; Slaughter A.E. et al. Continuous integration, in-code documentation, and automation for nuclear quality assurance conformance // *Nuclear Technology*. — 2021; Ansari M.J. An evaluation on Automated Technical Documentation Generator Tools // *The University of Calgary*. — 2022; Mendes L., Cerdeiral C., Santos G. Documentation Technical Debt: A Qualitative Study in a Software Development Organization

// *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*. — 2019; Jayasuriya D. B., Perera I. Ontology based software design documentation for design reasoning // *2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn)*. — IEEE, 2019).

Для определения наиболее подходящих публикаций учитывались их заголовки, аннотации, вступления и заключения. Были выделены два основных раздела анализа, а именно обозначенные в каждой публикации проблемы и предложенные авторами пути решения этих проблем.

В качестве метода анализа материала научной литературы был использован комбинированный метод автоматизированного анализа с помощью большой языковой модели генеративного предобученного трансформера (GPT-4) с последующей ручной проверкой полученных результатов. Большие языковые модели представляют собой последовательности алгоритмов машинного обучения, способные анализировать, генерировать и понимать человеческий язык на необычайно высоком уровне. Они тренируются на обширных наборах данных, состоящих из миллиардов слов, что позволяет им обнаруживать сложные зависимости и нюансы в текстовых данных [4].

Применение больших языковых моделей в исследовательских задачах связано с несколькими ключевыми преимуществами. Во-первых, они способны быстро обрабатывать и анализировать огромные объемы текстовой информации, что значительно ускоряет процесс исследования. Во-вторых, они обеспечивают высокую точность в извлечении информации, что может быть особенно ценно при работе с научными текстами, где каждое слово и контекст его использования имеют значение.

Однако, несмотря на автоматизированные возможности больших языковых моделей, ручная проверка результатов остается критически важной. С помощью данной проверки могут быть найдены неточности или ошибки, допущенные языковой моделью [5]. Такой комбинированный подход гарантирует наилучшую точность и надежность результатов, сочетая преимущества современных технологий с экспертным анализом исследователя.

Для выполнения исследования с использованием большой языковой модели, в первую очередь, в нее необходимо передать исходный материал, который нужно проанализировать, и на основе которого языковая модель будет предсказывать ответ [6]. В качестве такого исходного материала были использованы научные публикации, подлежащие анализу. Кроме того, к данному тексту также была применена специфическая подсказка

ка: «Analyze the text. Write point by point first the problems associated with the creation and support of technical documentation, which are described in the article, then write point by point the solutions that the author suggested to improve the technical documentation». С помощью данной подсказки большой языковой моделью были выделены все необходимые для дальнейшей ручной обработки данные из текстов определенных литературных источников.

### Результаты анализа найденной научной литературы

В результате проведенного анализа с использованием большой языковой модели генеративного преобразованного трансформера, для каждой научной публикации был получен текст — список проблем и решений, определенных авторами анализируемых текстов. Данный текст был переведен на русский язык, после чего была выполнена дополнительная ручная проверка полученного результата.

На основе анализа проблем, описанных в рассмотренных 24-х научных публикациях, можно выделить следующие основные проблемы в разработке и использования технической документации:

1. **Некорректность и неполнота документации.** Неполнота и неоднозначность документации затрудняют понимание проекта как разработчиками, так и пользователями. Ошибки в документации могут вызвать проблемы в дальнейшей разработке проекта.
2. **Отсутствие у технических специалистов навыков написания документации.** Создание документации требует больших трудозатрат, и далеко не все разработчики обладают навыками эффективного создания документации, что влияет на ее качество и полезность.
3. **Устаревание документации.** Многие методы гибкой разработки, включая быстрое прототипирование и изменение требований, часто являются причиной быстрого устаревания документации. Проблемы, связанные с актуализацией информации, являются частой причиной, из-за которой техническая документация теряет свою пользу.
4. **Пренебрежение документацией.** При быстрой разработке и реализации проекта документация часто отставляется на второй план, что приводит к низкому качеству и неактуальности документов.
5. **Неоднозначность и неструктурированность документации.** Отсутствие ясности в документации и ее неструктурированность могут вызывать серьезные проблемы в понимании и использовании документов разработчиками и пользователями, что в конечном итоге может снизить ценность такой документации.

Проанализированные проблемы явно способствуют получению негативного опыта от работы с документацией ее пользователями, а также низкой эффективности работы команд разработчиков и других технических специалистов. В то же время, написание и поддержка документации требуют больших усилий и времени, которые могут быть направлены на разработку. Именно поэтому поиск решений указанных проблем требует особого внимания.

Рассмотрим основные предложения по улучшению качества документации и процесса ее создания, предложенные авторами рассмотренных публикаций. В ходе анализа данных решений можно сделать несколько основных выводов:

1. **Следует автоматизировать создание и обновление документации.** Это ключевой вывод, который повторяется во многих статьях. Использование инструментов для автоматического создания документации позволит существенно экономить время при наполнении документов, при этом результат работы систем автоматизации всегда предсказуем и соответствует ожиданиям пользователей, связанным с созданием документации продукта.
2. **Обучение команды методикам создания документации, а также участие всего рабочего коллектива в процессе документирования.** Развитие навыков и знаний сотрудников в области составления документации может существенно повысить ее качество и снизить трудозатраты на ее написание.
3. **Контроль и поддержание актуальности документации.** Регулярная проверка документации поможет гарантировать ее точность и высокое качество, а значит и удовлетворенность ее пользователей.
4. **Стандартизация процесса документирования.** Установление единых стандартов и правил для составления документации может помочь придать ей последовательность и качество, которое не ухудшается со временем.
5. **Включение технических писателей в процесс работы.** Важность этого шага подчеркивается многими публикациями. Хотя задача таких специалистов в основном заключается в том, чтобы создавать документацию, они также могут вносить ценные предложения по улучшению и оптимизации процесса документирования.
6. **Использование эффективных платформ и инструментов для хранения и обмена документацией.** С помощью подобных платформ существенно улучшается опыт взаимодействия пользователей с документами.

В центре предложенных решений находится концепция создания культуры документации, когда документа-

ция рассматривается как полноправная и важная деталь процесса разработки. Участники процесса разработки должны ценить и улучшать процесс создания и совершенствования документации как средства обеспечения качества программных продуктов [7].

Все рассмотренные методы и подходы к решению проблем документации указывают на тесную связь между качеством документации и успешностью проекта. Отсутствие должной внимательности к документации может привести к проблемам в разработке, внедрении и поддержке функционала программного продукта, что в конечном итоге может оказать негативное влияние на развитие проекта.

### Выводы

В результате проведенного исследования были выделены ключевые проблемы, связанные с потребностями пользователей и специалистов в области создания технической документации в процессе разработки и сопровождения ИТ-проектов, а также методы решения данных проблем. Кроме того, мы убедились в том, что большая языковая модель предобученного генеративного трансформера GPT-4 хорошо справляется с анализом больших текстов и выделением из них основных тезисов.

В результате анализа были выделены следующие основные проблемы, с которыми сталкиваются специали-

сты, работающие с технической документацией: некорректность и неполнота представляемой информации, недостаточный уровень профессионализма технических специалистов в области создания документации, проблемы своевременного обновления материалов и недооценка важности документации. Однако анализ показал, что имеются эффективные методы решения выявленных проблем: автоматизация, стандартизация, профессиональное обучение и интеграция технических писателей в команды разработки.

Кроме того, авторы научных публикаций зачастую подчеркивают то, что важность технической документации в некоторых организациях до сих пор остается недооцененной. Для повышения качества и актуальности документации проектов необходимо улучшать процессы ее создания, а также внедрять механизмы получения обратной связи от конечных пользователей.

Заключая, следует подчеркнуть, что, несмотря на важность документации в разработке программных продуктов, сегодня мы сталкиваемся с рядом сложностей, которые могут негативно влиять на ее качество и актуальность. Однако, исходя из проведенного анализа, есть все возможности для устранения этих трудностей, что, в конечном итоге, способствует повышению эффективности работы различных ИТ-организаций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Chomal V.S., Saini J.R. Software template for evaluating and scoring software project documentations // International Journal of Computer Applications. — 2015. — Т. 116. — №. 1.
2. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O.N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. «ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems»» 2018. С. 46–53.
3. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 65–68.
4. Brown T. et al. Language models are few-shot learners // Advances in neural information processing systems. — 2020. — Т. 33. — С. 1877–1901.
5. MuhlGay D. et al. Generating Benchmarks for Factuality Evaluation of Language Models // arXiv preprint arXiv:2307.06908. — 2023.
6. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей качества обучения образовательного комплекса // В сборнике: Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 388–389.
7. Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. Методологии и технологии проектирования информационных систем // Учебно-методическое пособие / Часть 1. Москва, 2020.

© Щербанич Филипп Егорович (scherbanich@gmail.com); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ВИРТУАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ ВУЗА

## MODELS OF A SYSTEM FOR PROCESSING AND TRANSMISSION OF VIRTUAL DATA IN COMPUTING COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS OF A UNIVERSITY

**O. Yakovleva**  
**O. Romashkova**  
**T. Ermakova**  
**S. Chiskidov**

*Summary.* The goal of the work is to use applications for modeling processes and a database to develop a functioning scheme and database for a system for processing and transmitting virtual data in computer complexes and computer networks of the university. The result of the work carried out is the created functional diagrams of processes and databases of the developed system.

*Keywords:* virtual data, software, operating model, database, system for processing and transmitting virtual data, university.

**Яковлева Оксана Викторовна**

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»  
ksana-meleshkina@rambler.ru

**Ромашкова Оксана Николаевна**

Доктор технических наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС)», г. Москва  
ox-rom@yandex.ru

**Ермакова Татьяна Николаевна**

Кандидат технических наук, доцент, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»  
ermaktat@bk.ru

**Чискидов Сергей Васильевич**

Кандидат технических наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки (Московская обл.)  
chis69@mail.ru

*Аннотация.* Цель работы заключается в том, чтобы с использованием приложений для моделирования процессов и базы данных осуществить разработку схемы функционирования и базы данных системы обработки и передачи виртуальных данных в вычислительных комплексах и компьютерных сетях вуза. Итогом осуществленной работы выступают созданные функциональные схемы процессов и базы данных разрабатываемой системы.

*Ключевые слова:* виртуальные данные, программные средства, модель функционирования, база данных, система обработки и передачи виртуальных данных, вуз.

### Введение

В современной организации высшего образования главным принципом реализации любой образовательной программы является поддержка и обеспечение взаимодействия участников образовательного процесса. В Академии гражданской защиты МЧС России в роли инструмента поддержки и обеспечения взаимодействия участников образовательного процесса вуза могут быть использованы программные средства виртуальной реальности и мультимедийные инструменты общения [1].

Для повышения эффективности и качества обработки виртуальных данных в вычислительных системах вуза необходимо выполнить следующее [2, 3]:

1. Разработать функциональные схемы системы обработки и передачи данных в вычислительных комплексах и компьютерной сети Академии.

2. Спроектировать базу данных системы.
3. Проанализировать функции автоматизации при использовании системы для участников образовательного процесса.

### Разработка функциональной схемы процессов системы обработки и передачи данных в вычислительных комплексах и компьютерной сети Академии

Разработка функциональной схемы процессов системы обработки и передачи виртуальных данных (СОПВД) была выполнена с помощью нотаций UML и BPMN, а также программы Bizagi Process Modeler.

Схема прецедентов процессов функционирования представлена на рисунке 1.

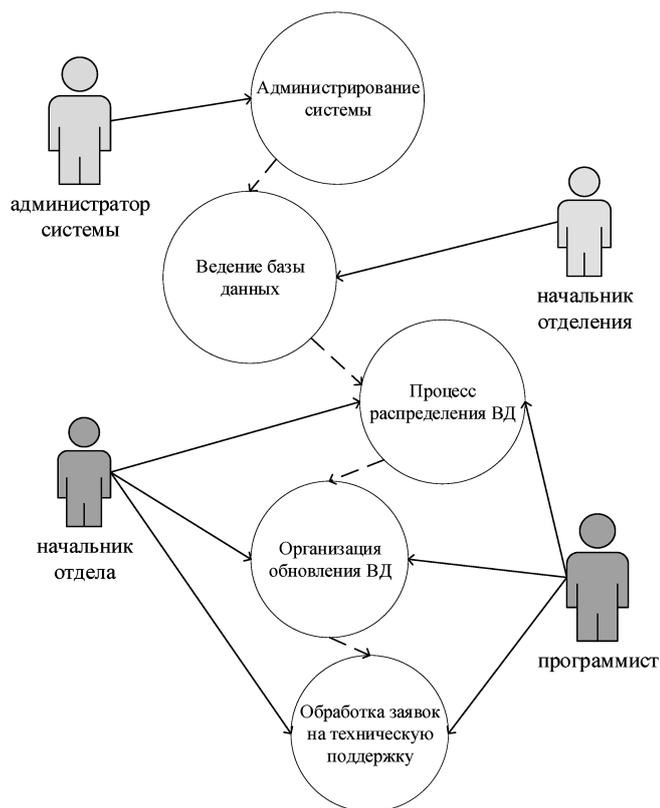


Рис. 1. Схема прецедентов процессов функционирования системы

Основными действующими лицами СОПВД являются: администратор системы, начальник отделения, начальник отдела и программист.

Выделены основные варианты использования: администрирование, ведение базы данных, процесс распределения виртуальных данных (ВД), организация обновления ВД, обработка заявок на техническую поддержку.

Диаграмма описания процесса администрирования представлена на рисунке 2.

Далее был детализирован процесс ведения базы данных, представленный на рисунке 3.

Диаграмма описания процесса распределения ВД представлена на рисунке 4.

После входа в систему начальник отдела открывает модуль обработки ВД, в котором определяет контент, содержащий ВД, тип и характеристики ВД. После этого идет процесс распределения ВД потребителю.

Программист, войдя в систему, получает данные о ВД и приступает к их обработке, собирает информацию об используемых ВД и определяет список потребителей.

Диаграмма описания процесса организации обновления ВД представлена на рисунке 5.

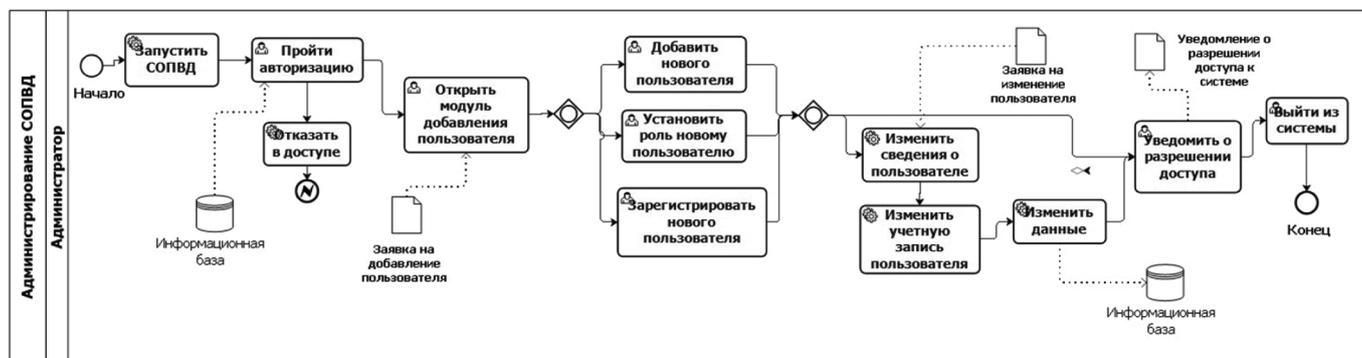


Рис. 2. Диаграмма процесса администрирования

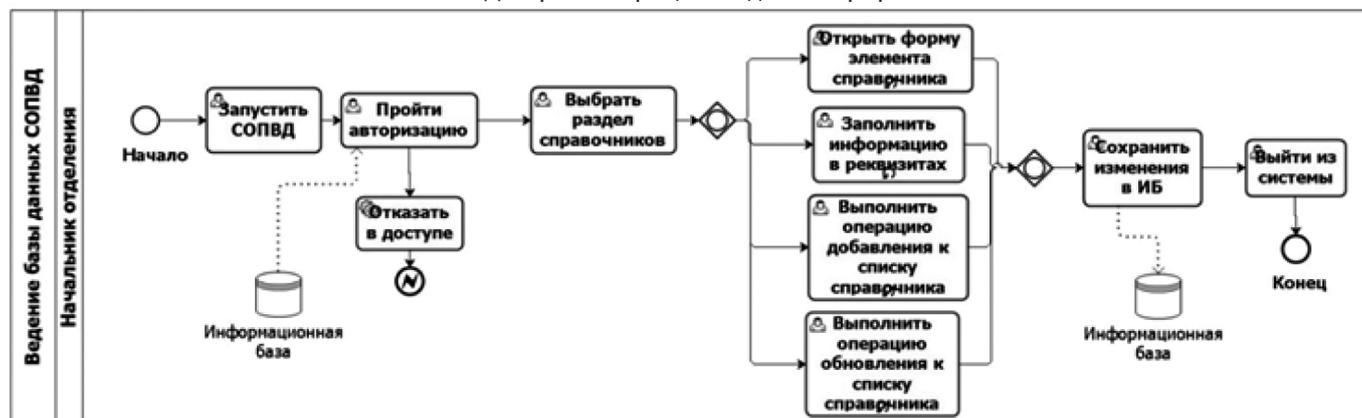


Рис. 3. Диаграмма процесса ведения базы данных системы

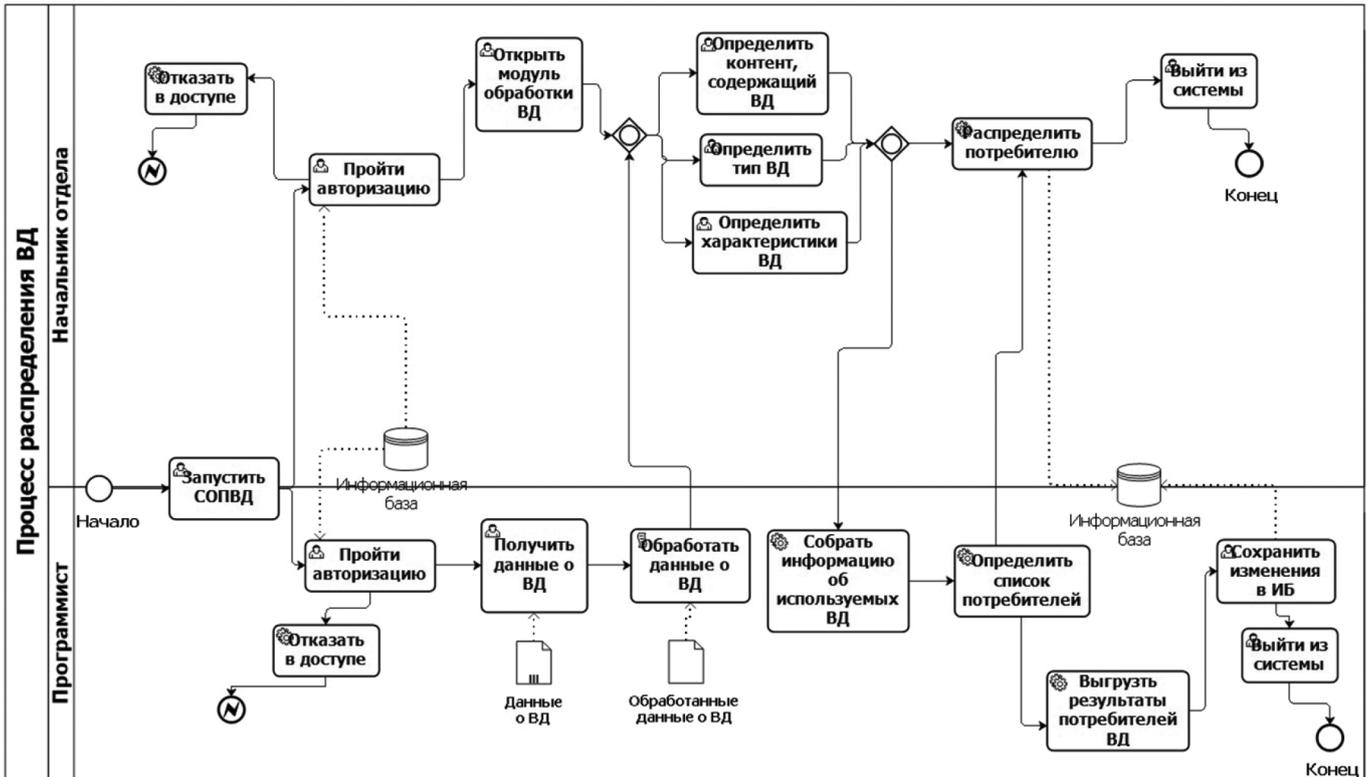


Рис. 4. Диаграмма процесса распределения ВД

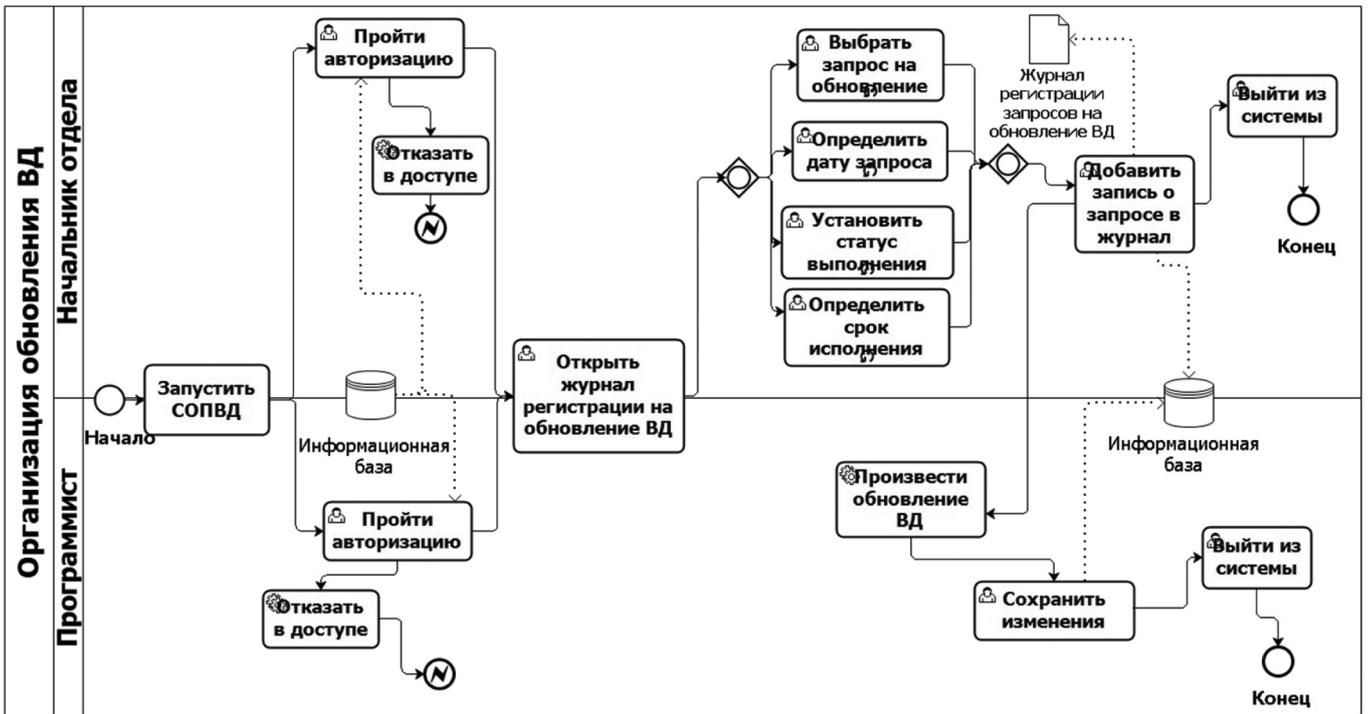


Рис. 5. Диаграмма процесса организации обновления ВД

Диаграмма описания процесса обработки заявок на техническую поддержку (ТП) представлена на рисунке 6.

Начальник отдела после входа в систему начинает работу с журналом заявок на ТП и выполняет следующие действия:

- выбирает заявку на ТП;
- определяет ее тип;
- назначает приоритет и статус заявки;
- определяет примерные сроки исполнения;
- формирует отказ в исполнении заявки.

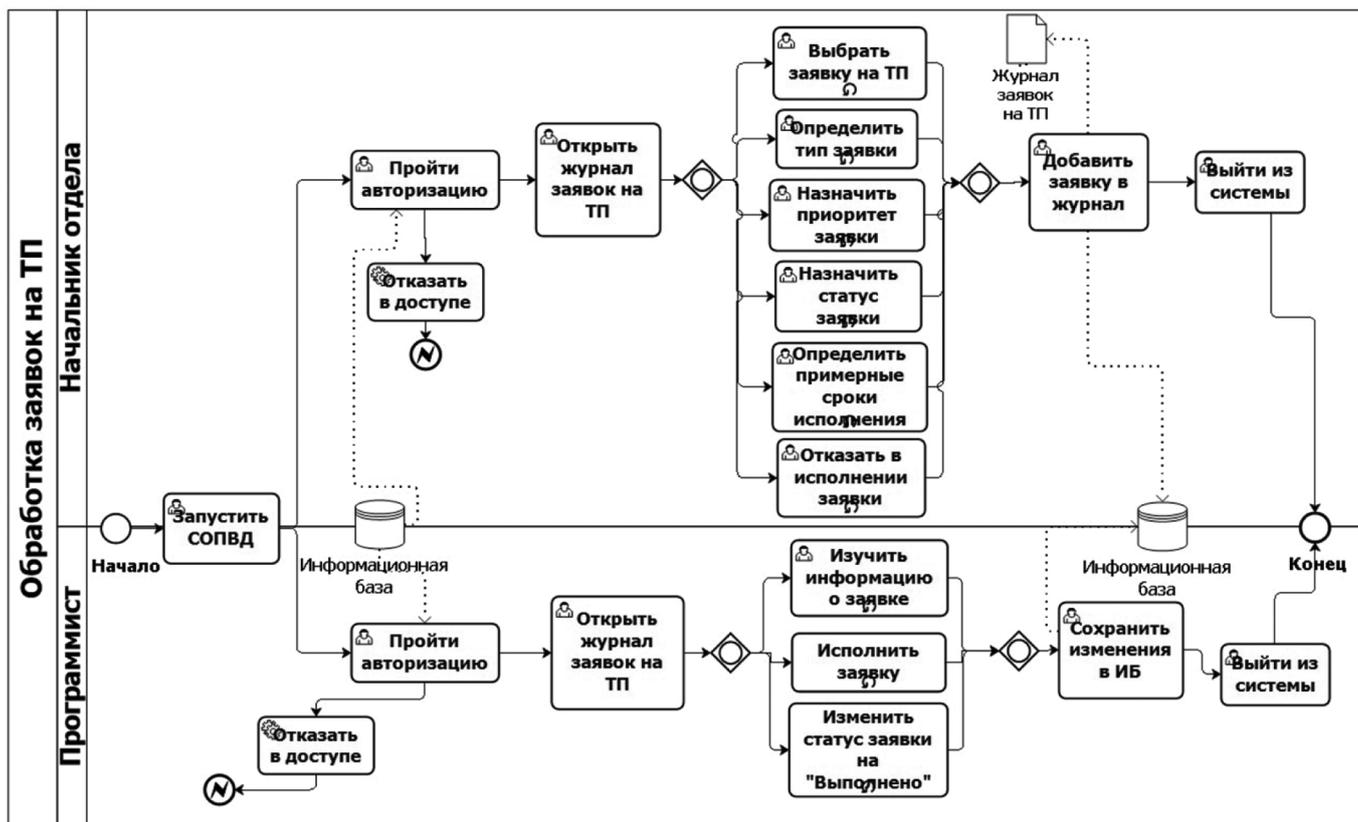


Рис. 6. Диаграмма процесса обработки заявок на ТП

Затем начальник отдела добавляет заявку в журнал.

Программист после входа в систему открывает журнал заявок на ТП, изучает информацию о заявке и исполняет ее.

### Проектирование базы данных системы

Проектирование базы данных СОПВД было выполнено в среде программного инструментария ERwin Data Modeler.

В таблице 1 представлены сведения о названии сущности и ее характеристике.

Таблица 1.

Сущности и их характеристика

Название сущности	Характеристика сущности
Пользователь	Данные о пользователе системы
Тип заявки	Тип заявки на техническую поддержку
Заявка на техническую поддержку	Заявка от пользователя на техническую поддержку
Контент, содержащий ВД	Контент, содержащий виртуальные данные
Список потребителей ВД	Список потребителей виртуальных данных
Статус выполнения	Информация о статусе выполнения работы

Название сущности	Характеристика сущности
Выполняемая работа	Работа, выполняемая над виртуальными данными
Журнал регистрации на обновление ВД	Данные о журнале регистрации на обновление виртуальных данных
Сотрудник	Данные о сотруднике организации
Отдел организации	Отдел организации, в которой работает сотрудник

В результате анализа предметной области между экземплярами сущностей были определены связи и их смысл. Разработанная ER-диаграмма представлена на рисунке 7.

Далее была разработана модель, основу которой составляют ключевые атрибуты (КВ-модель), представленная на рисунке 8.

Затем были определены функциональные зависимости атрибутов сущности и разработана полная атрибутивная модель базы данных, которая представлена в классе 3 нормальных форм (ЗНФ) и изображена на рисунке 9.

Трансформационная модель, представленная на физическом уровне представления данных, изображена на рисунке 10.



Рис. 7. ER-диаграмма модели базы данных СОПВД



Рис. 8. KV-диаграмма модели базы данных СОПВД

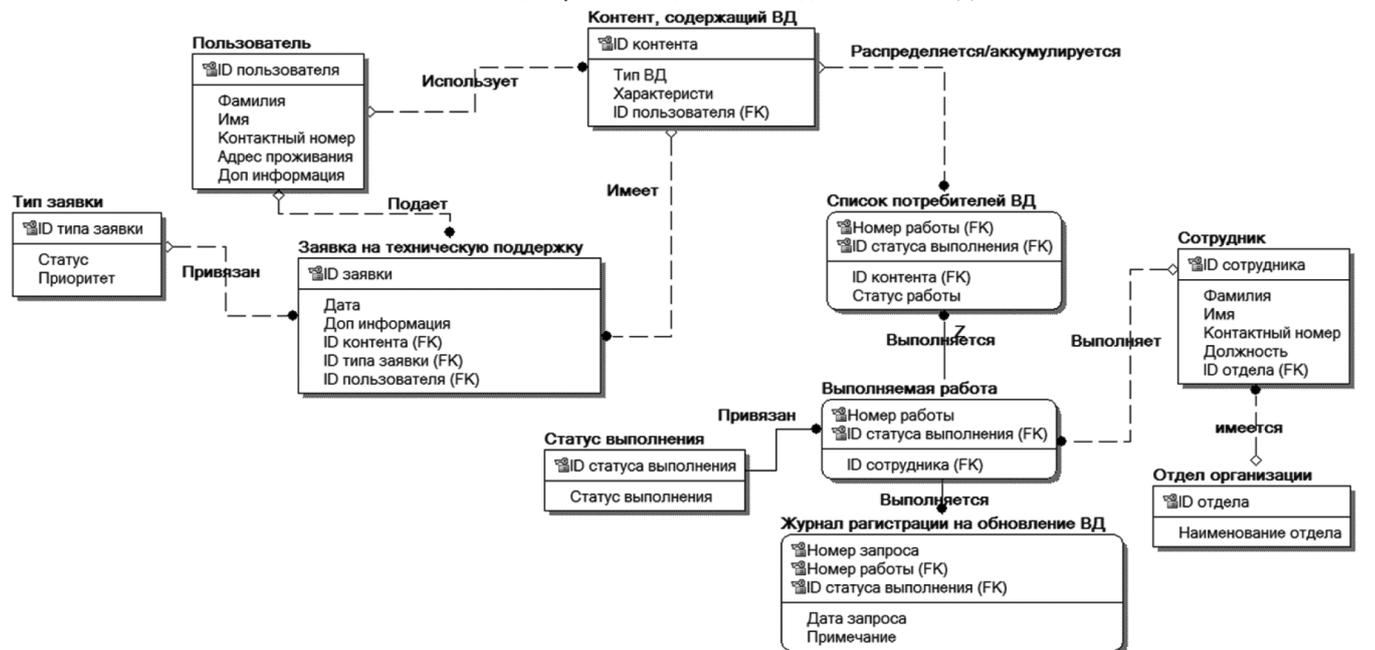


Рис. 9. FA-модель базы данных СОПВД

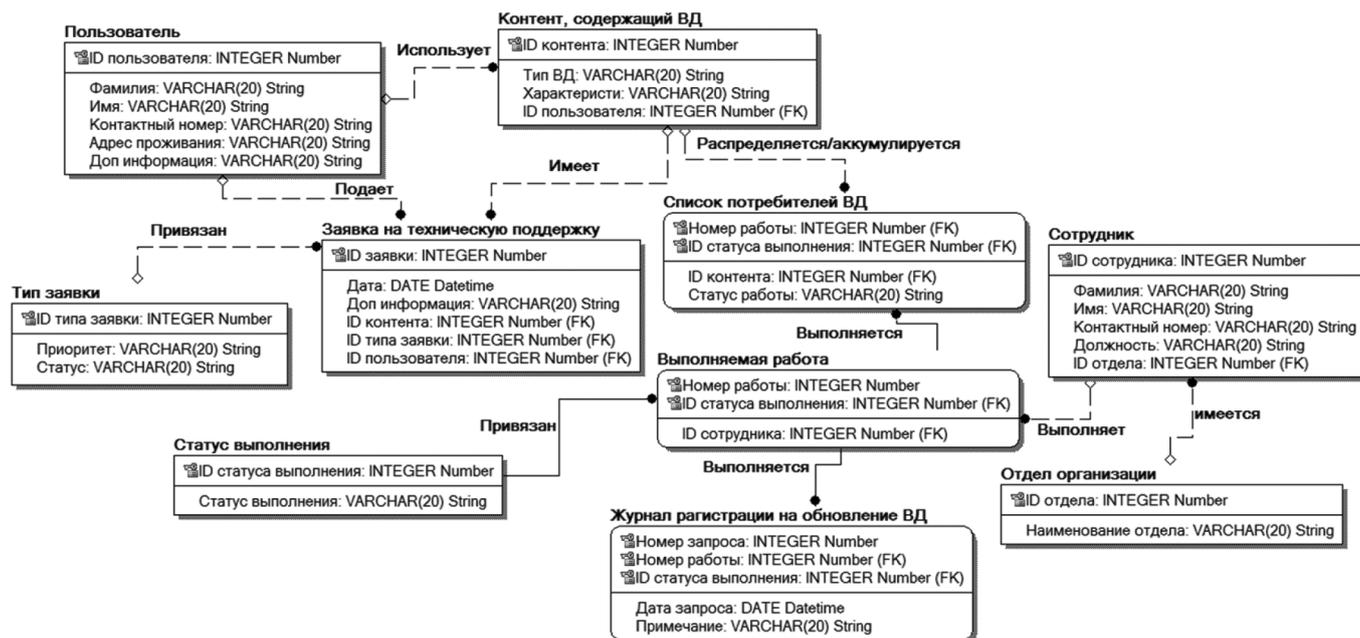


Рис. 10. Т-модель базы данных СОПВД

### Анализ функций автоматизации при использовании системы для участников образовательного процесса

После проведенного анализа необходимого функционала [4] для участников образовательного процесса было выявлено, что для преподавателей необходимо автоматизировать процесс выполнения следующих функций:

- Регистрация и учет виртуальных данных;
- Учет предоставленного контента ВД;
- Учет ресурсов сети и эффективности их использования;
- Обработка используемого контента.

Для студентов необходимо автоматизировать процесс выполнения таких функций, как:

- Регистрация и учет ВД;
- Учет использованного контента ВД;
- Учет ресурсов сети и эффективности их использования;
- Статистическая обработка накопленного контента.

Для администратора должен быть автоматизирован процесс выполнения следующих действий:

- Учет и хранение ВД;
- Контроль передачи ВД;
- Регулирование доступа к ВД;
- Учет ресурсов сети и эффективности их использования;
- Координация деятельности подразделения;
- Получение отчетных документов.

### Заключение

Таким образом, был проведен анализ процесса обработки и передачи виртуальных данных в вычислительных комплексах и компьютерных сетях высшего учебного заведения и разработаны схемы функционирования и базы данных информационной системы. В дальнейшем будет разработано соответствующее программное решение, позволяющее автоматизировать процесс поддержки и обеспечения взаимодействия участников образовательного процесса вуза с использованием виртуальной реальности, на базе платформы 1С:Предприятие [5].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Наумов М.А., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. Модель управления корпоративными вычислительными ресурсами образовательного комплекса // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 4–2. С. 40–47.
2. Ермакова Т.Н., Ромашкова О.Н. Математическая модель оценки финансовых показателей средней общеобразовательной организации // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. материалы Всероссийской конференции с международным участием. Российский университет дружбы народов. 2016. С. 93–95.
3. Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. Методологии и технологии проектирования информационных систем // Учебно-методическое пособие / Часть 1. Москва, 2020.
4. Kartev A.I., Romashkova O.N. Challengers for Russian Ecosystem of Higher Education for on Board Communications // В сборнике: 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019. 2019. С. 8706719.
5. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 65–68.

© Яковлева Оксана Викторовна (ksana-meleshkina@rambler.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru);

Ермакова Татьяна Николаевна (ermaktat@bk.ru); Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРИАПИЗМ ПРИ МЕТАСТАЗИРОВАНИИ РАКА МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ В КАВЕРНОЗНОЕ ТЕЛО (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

### THE BLADDER CANCER METASTASIS IN CORPORA CAVERNOSA WITH PRIAPISM (CASE REPORT)

V. Bazaev  
Yu. Pavlova  
A. Shibaev

*Summary.* Bladder cancer ranks 7th in prevalence in men and 10th in both sexes. Due to late diagnosis at presentation time patients often have a metastatic disease. The metastasis in corpora cavernosa with priapism is extremely rare condition in bladder cancer patients. This patients have poor prognosis. We present a case-report of such a patient.

*Keywords:* bladder cancer, metastasis, priapism.

**Базаев Владимир Викторович**

доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник урологического отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского  
vvbazaev@rambler.ru

**Павлова Юлия Викторовна**

кандидат медицинских наук, научный сотрудник урологического отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского  
9250659260@mail.ru

**Шibaев Андрей Николаевич**

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник урологического отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского  
anshibaev@rambler.ru

*Аннотация.* Рак мочевого пузыря занимает 7-е место по распространенности у мужчин и 10-е — у лиц обоих полов. Одной из редких локализаций метастазирования рака мочевого пузыря являются кавернозные тела полового члена с развитием приапизма.

*Ключевые слова:* рак мочевого пузыря, метастазирование, приапизм.

**Р**ак мочевого пузыря занимает 7-е место по распространенности у мужчин и 10-е — у лиц обоих полов. По всему миру стандартизированная по возрасту встречаемость составляет 9,5 и 2,4 случая на 100 тыс. мужчин и женщин соответственно, а в Европейском союзе (ЕС) — 20 и 4,6 случая соответственно [1]. Во всем мире стандартизированная по возрасту смертность от РМП у мужчин и женщин составила 3,3 и 0,86 случая на 100 000 человек соответственно [1]. У части пациентов, заболевание развивается стремительно и, несмотря на лечение, имеет пессимистический прогноз вследствие прогрессирования и метастатического процесса. Одной из редких локализаций метастазирования рака мочевого пузыря являются кавернозные тела полового члена с развитием приапизма.

Литературные обзоры, посвященные этой тематике сообщают о различных особенностях метастатического поражения полового члена и прогнозе основного заболевания. Итальянскими авторами, изучившими базу данных Medline за 2003–20013 годы было выявлено 63 статьи, посвященные данной проблеме. [2]. Общий вывод, сделанный авторами, заключается в том, что метастазирование в половой член является неблагоприятным прогностическим симптомом. Медиана выживаемости после постановки диагноза метастазирования в половой член составила 10 месяцев (диапазон 6–18

месяцев). Анализ Каплана-Мейера показал, что пациенты с приапизмом и пациенты с метастазами из неврологических опухолей имеют значительно худший прогноз (логарифмический ранг с поправкой на возраст:  $p=0,037$  для приапизма по сравнению с отсутствием приапизма и  $p=0,045$  для урологических опухолей по сравнению с неврологическими). Другая группа авторов, изучившая большую базу данных с 1940 по 2012 годы и включившую 504 случая выявили, что большинство метастатических поражений происходят из соседних мочеполювых органов и органов малого таза, главным образом мочевого пузыря, предстательной железы и прямой-сигмовидной кишки (28,6 %, 27,9 % и 12,2 % соответственно). Однако было описано много первичных локализаций, включая почки, гематологическую систему, легкие, яички и другие локализации. [3].

Приводим редкое клиническое наблюдение метастатического поражения полового члена с развитием приапизма, у больного с прогрессированием рака мочевого пузыря.

#### Клиническое наблюдение

Пациент 3., мужчина 45 лет. Появление гематурии отметил в январе 2019 года. При МРТ малого таза обнаружена опухоль в области дна и тела мочевого пузыря

размером 65\*25 мм с наличием инвазивного компонента (рис. 1).

Пациенту выполнена цистоскопия с ТУР-биопсией — диагностирована уротелиальная карцинома с распространением на шейку мочевого пузыря. В урологическом отделении ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского 24.07.2019 выполнена цистпростатвезикулэктомия с двусторонней регионарной (подвздошные и обтураторные лимфоузлы) лимфодиссекцией и последующей ортотопической реконструкцией мочевого резервуара по Брикеру.

Гистологическое исследование операционного материала подтвердило наличие инвазивной уротелиальной карциномы мочевого пузыря высокой степени злокачественности (G3) с инвазией мышечного слоя, паравезикальной жировой клетчатки, паренхимы обеих долей предстательной железы и простатической части уретры

без признаков сосудистой и периневральной инвазии. Опухолевой инвазии в краях резекции не обнаружено. Морфологических признаков метастатического поражения регионарных лимфоузлов не установлено. С учетом клинических и морфологических данных установлен диагноз: рак мочевого пузыря pT4aN0M0 G3. Состояние после цистпростатвезикулэктомии и двухсторонней лимфодиссекции (R0). Состояние после ортотопической реконструкцией мочевого резервуара по Брикеру. От дальнейшего лечения пациент воздержался.

Через 10 месяцев после ЦЭ (18.05.20 года) при МРТ малого таза по ходу наружных подвздошных сосудов слева обнаружено мягкотканное образование размером до 92 мм, накапливающее контрастный препарат, с деструкцией левых отделов крестца (до 52 мм) в месте его прилегания к выше указанному образованию (рис. 2). С диагнозом местный рецидив в зоне подвздошных лимфоузлов с 06.07.2020г по 21.08.20 г. пациенту проведена



Рис. 1. На серии томограмм малого таза в режимах T2 и T2 в режиме Stir, в сагиттальной, коронарной и аксиальной проекциях определяется диффузное опухолевое поражение мочевого пузыря, стенка с признаками инвазии мышечного слоя. Регионарные лимфатические узлы без признаков поражения

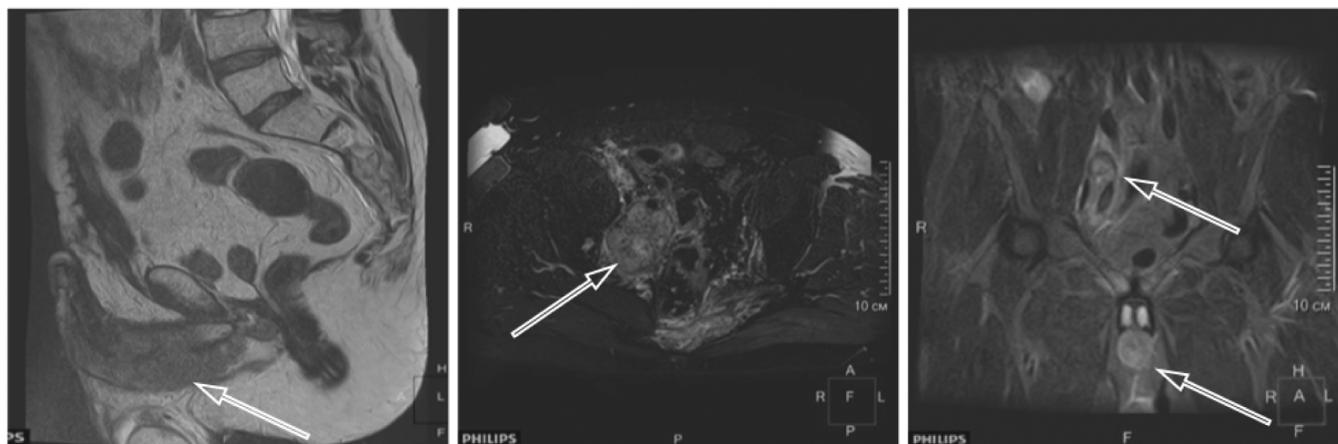


Рис. 2. МРТ малого таза, после радикальной цистпростатэктомии прогрессирование заболевания: множественные метастазы в подвздошные ЛУ, пресакральную клетчатку и боковые массы крестца слева, а также вторичное поражение губчатой части мочеиспускательного канала на значительном протяжении с инвазией губчатого и пещеристых тел

дистанционная лучевая терапия: СОД — 57,5Гр + химиотерапия цисплатином.

23.10.2020 года (через 15 месяцев после ЦЭ) в связи с жалобами на уретроррагию и приапизм с выраженным болевым синдромом выполнена МРТ малого таза. Диагностирована опухоль размером 103x38 мм. в границах проксимального отдела полового члена (область губчатого сегмента уретры) с инвазией кавернозных тел (рис. 2).

03.12.2020 года произведена ампутация полового члена (рис. 3) — зафиксирована полная регрессия болевого синдрома. При гистологическом исследовании операционного материала диагностирован метастаз уретелиальной карциномы в кавернозное тело полового члена.



Рис. 3. Операционный материал после ампутации полового члена по поводу уретелиального рецидива в области проксимальной сегмента уретры

Через 4 недели после ампутации пациенту назначена лекарственная противоопухолевая химиотерапия. Однако через 2 месяца после начала лечения установлено

дальнейшее прогрессирование РМП: обнаружены отдаленные метастазы в паренхиму лёгких и печень, в кости таза и лимфатические узлы паховой области (рис. 4). Назначена 2 линия лекарственной противоопухолевой терапии.

### Обсуждение

Наше наблюдение лишний раз подтверждает высокий риск прогрессирования рака даже после цистэктомии при условии наличия в перечне исходных характеристик иРМП неблагоприятных факторов. К числу таких факторов мы относим размер опухоли (T4a) и её распространение на шейку мочевого пузыря. Уникальность описанного нами случая заключается в том, что рецидив имел значительные размеры и именно это обусловило его клиническое проявление в виде развития приапизма. Сам факт того, что рецидив имел значительные размеры, исключал возможность использования органосохранных хирургических методик лечения. Наличие приапизма, сопровождавшегося выраженным болевым синдромом, так же не позволило использовать методики лечения с отсроченным клиническим эффектом (лучевая терапия/химиотерапия). В итоге была выполнена ампутация полового члена, повлекшая за собой полную регрессию болевого синдрома.

Следующим значимым выводом по результатам настоящего наблюдения является то, что у пациентов с иРМП больших размеров с признаками глубокой инвазии стенки мочевого пузыря (T3-4) следует обязательно назначать адъювантную лучевую терапию (аЛТ) даже при условии отсутствия морфологических признаков опухолевой инвазии в краях резекции (R0) и лимфогенного метастазирования (N0).

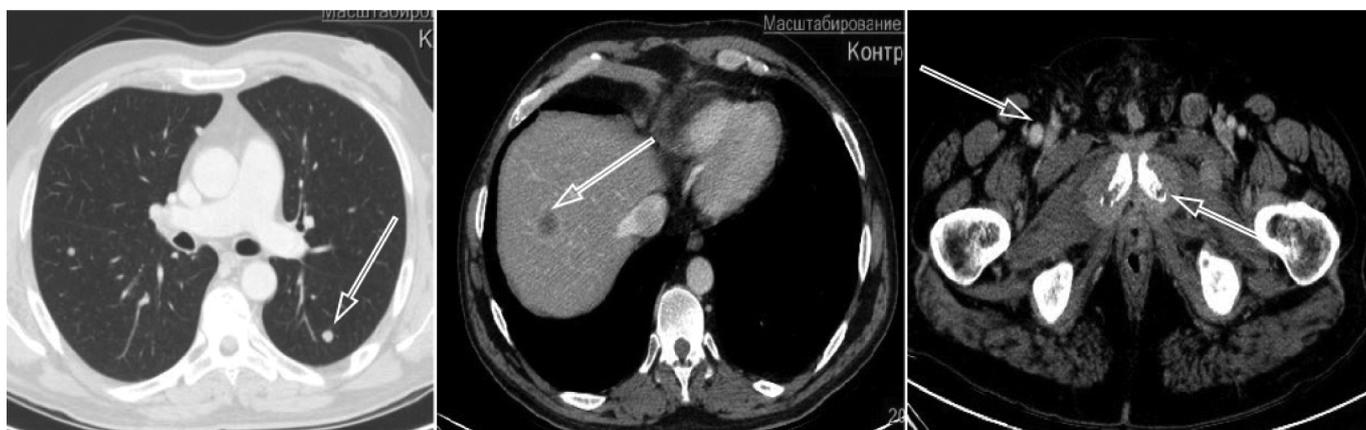


Рис. 4. КТ грудной клетки, брюшной полости и малого таза: дальнейшее прогрессирование заболевания: метастазы в легочную ткань, паренхиму печени, лонные кости и паховые лимфатические узлы

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Teoh, J.Y., et al. Global Trends of Bladder Cancer Incidence and Mortality, and Their Associations with Tobacco Use and Gross Domestic Product Per Capita. *Eur Urol*, 2020. 78: 893. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32972792>.
2. Cacci A., Hakenberg O.W., Cai T. et al. Prognosis of men with penile metastasis and malignant priapism: a systematic review. *Oncotarget*, 2017;9(2):2923-2930. doi:10.18632/onco target.23366.
3. Mearini L., Colella R., Zucchi A. et al. A review of penile metastasis. *Oncol Rev.* 2012; ;6(1):10. DOI: 10.4081/oncol.2012.e10.

---

© Базаев Владимир Викторович (vvbazaev@rambler.ru); Павлова Юлия Викторовна (9250659260@mail.ru);  
Шибяев Андрей Николаевич (anshibayev@rambler.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ, ВЗАИМОСВЯЗЬ С РАЗМЕРАМИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА ПРИ КОМОРБИДНОСТИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

## REMODELING OF THE LEFT ATRIUM, THE RELATIONSHIP WITH THE SIZE OF THE LEFT VENTRICLE DEPENDING OF THE BODY MASS INDEX WITH COMORBIDITY OF ARTERIAL HYPERTENSION

**Yu. Bobylev  
E. Koshurnikova  
M. Kozlovskaya**

*Summary. The purpose of the research* — to evaluate the effect of obesity on the size of the left atrium (LA) and to identify the relationship with the size and geometry of the left ventricle (LV). *Material and methods.* This retrospective study included 148 women, average age  $65.53 \pm 11.05$  years with arterial hypertension of 1–3 degrees. Patients were divided into two groups with normal upper-lower LA size ( $\leq 48$  mm) and enlarged LA size ( $> 48$  mm). *Results.* Compared with patients with normal LA size, patients with enlarged LA had a higher body mass index (BMI), greater thickness of the posterior wall of the left ventricle (LV), increased LV size. Body mass index was a significant and independent predictor of LA increase. Other independent predictors were final systolic size, final diastolic size, and left ventricular posterior wall thickness. In patients with increased LA and obesity, the predominance of left ventricular concentric hypertrophy was revealed. *Conclusion.* Obesity is one of the strongest predictors of left atrium enlargement in women with arterial hypertension. Obesity increases the relationship between the mass of the left ventricle and the size of the left atrium. In obese women, ventricular concentric hypertrophy is associated with a larger LA size than ventricular excentric hypertrophy.

*Keywords:* body mass index, left atrium size, obesity, remodeling.

**Бобылев Юрий Михайлович**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Пермский Государственный Медицинский университет  
им. академика Е.А. Вагнера  
bobylev.1950@mail.ru

**Кошурникова Екатерина Петровна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Пермский Государственный Медицинский университет  
им. академика Е.А. Вагнера  
ekaterina\_koshur@mail.ru

**Козловская Марина Александровна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Пермский Государственный Медицинский университет  
им. академика Е.А. Вагнера  
marina\_kozlovskaya@mail.ru

*Аннотация. Цель исследования.* Оценить влияние ожирения на размеры левого предсердия (ЛП) и выявить взаимосвязь с размерами и геометрией левого желудочка (ЛЖ). *Материал и методы.* В это ретроспективное исследование были включены 148 женщины, средний возраст  $65,53 \pm 11,05$  лет с артериальной гипертензией (АГ) 1–3 степени. Пациенты были разделены на две группы с нормальным верхне-нижним размером ЛП ( $\leq 48$  мм) и увеличенным размером ЛП ( $> 48$  мм). *Результаты.* По сравнению с пациентами с нормальным размером ЛП у пациентов с увеличенным ЛП был выше индекс массы тела (ИМТ), больше толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), увеличены размеры ЛЖ. Высокий индекс массы тела был независимым предиктором увеличения ЛП. Другими независимыми предикторами были конечный систолический размер (КСР), конечный диастолический размер (КДР) и толщина задней стенки ЛЖ (ЗСЛЖ). У пациентов с увеличенным ЛП и ожирением выявлено преобладание концентрической гипертрофии левого желудочка (КГЛЖ). *Заключение.* Ожирение является одним из сильных предикторов увеличения ЛП при АГ и измененной геометрии ЛЖ. Ожирение усиливает связь между массой ЛЖ и размером ЛП. У женщин с ожирением КГЛЖ связана с большим размером ЛП, чем эксцентрическая гипертрофия ЛЖ.

*Ключевые слова:* индекс массы тела, размер левого предсердия, ожирение, ремоделирование.

### Введение

Структурная и функциональная оценка левого предсердия (ЛП) в последнее время стала мощным маркером патологических процессов различных сердечно-сосудистых заболеваний [1]. В настоящее время известно, что ожирение влияет на массу миокарда. У здоровых лиц масса миокарда левого желудочка (ЛЖ) была значительно ниже, чем в группе лиц с ожирением (более  $35 \text{ кг/м}^2$ ) [2]. Избыточная масса тела и ожирение

связаны с гипертрофией и сократительными нарушениями ЛЖ у пациентов с фоновой хронической объемной перегрузкой ЛЖ [3]. Ожирение является самым сильным предиктором размера ЛП у мужчин с артериальной гипертензией (АГ) и усиливает связь между размерами ЛП и массой ЛЖ [4]. Однако необходимо уточнить является ли более высокий индекс массы тела (ИМТ) независимым предиктором увеличения ЛП у женщин. Существуют несколько факторов определяющих размеры ЛП. К ним относятся перегрузка давлением и объемом, диа-

столическая дисфункция и площадь поверхности тела [5]. Дальнейшие исследования ремоделирования ЛП помогут лучше понять влияние ИМТ на ремоделирование ЛП, для контроля сердечно-сосудистого риска.

### Цель работы

Оценить влияние ожирения на размеры ЛП и взаимосвязь геометрии ЛЖ с размером ЛП.

### Материалы и методы

В это ретроспективное исследование были включены 148 женщин, средний возраст  $65,53 \pm 11,05$  лет с АГ 1–3 степени, проходящие лечение в условиях кардиологического отделения ГАУЗ ПК «ГКБ № 4» г. Перми с доступными клиническими и эхокардиографическими данными.

Критерии невключения: вторичные формы АГ, пороки сердца, нестабильная стенокардия, стенокардия напряжения II–IV функционального класса (ФК), фибрилляция предсердий в любой форме и инфаркт миокарда и острое расстройство мозгового кровообращения в анамнезе, хроническая сердечная недостаточность IIБ–III стадии, III–IVФК. На момент исследования у всех был синусовый ритм.

Индекс массы тела (ИМТ) оценивали согласно классификации ВОЗ (1997). Все пациенты были разделены на 5 групп: первая группа — нормальная масса тела (МТ)  $16,5–24,9$  кг/м<sup>2</sup>, вторая — избыточная масса тела (ИзМТ)  $25,0–29,9$  кг/м<sup>2</sup>, третья — 1 степень ожирения  $30,0–34,9$  кг/м<sup>2</sup>, четвертая группа — ожирение 2 степени  $35,0–39,9$  кг/м<sup>2</sup> и четвертая — ожирение 3 степени  $\geq 40,0$  кг/м<sup>2</sup>.

Уровень артериального давления учитывали в день поступления пациента в стационар.

Всем пациентам проводилось рутинное эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ) по стандартной методике на аппарате «Vivid 3 Pro». В течение многих лет основным стандартом оценки ремоделирования ЛП принято считать передне-задний размер ЛП, простой, удобный, но недостаточно точный метод. Предполагалось, что при увеличении ЛП все размеры изменяются одинаково, но оказалось, что это не так [5, 6, 7]. Увеличение ЛП может происходить неравномерно, и одномерная оценка будет нечувствительной оценкой любого изменения размера ЛП. Для более точной оценки линейных размеров сердца было выполнено измерение передне-заднего, медиально-латерального и верхне-нижнего размеров ЛП в В-режиме [8].

Рассчитывали следующие структурно-геометрические и функциональные показатели ЛЖ: конечно-диастолический размер (КДР, мм), конечно-систолический

размер (КСР, мм), толщину задней стенки ЛЖ (ТЗСЛЖ, мм) и толщину межжелудочковой перегородки (ТМЖП, мм) в диастолу, фракцию выброса ЛЖ (ФВ %). Массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ, г) вычисляли по формуле R. Devereux и N. Reichek. Индекс ММЛЖ (ИММЛЖ, г/м<sup>2</sup>) определяли по формуле Dobios. Относительную толщину стенки левого желудочка (ОТ) рассчитывали, как  $(ТЗСЛЖ+ТМЖП)/КДРЛЖ$ . При увеличении ИММЛЖ  $> 95$  г/м<sup>2</sup> и ОТ  $> 0,42$  диагностировали концентрическую гипертрофию ЛЖ (КГЛЖ), при увеличении ИММЛЖ и ОТ  $\leq 0,42$  определяли эксцентрическую гипертрофию ЛЖ (ЭГЛЖ) [6].

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ STATISTICA 6.0. Нормальное распределение данных проверяли с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Количественные данные, имеющие нормальное или близко к нормальному распределение, представлены в виде  $(M \pm SD)$ , где M — средняя величина, SD — стандартное отклонение. При оценке значимости различий между двумя группами использовали тест Стьюдента. Взаимосвязь переменных изучали с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Использовали линейный регрессионный анализ для оценки влияния изучаемых показателей на размеры ЛП. Риск развития увеличения размеров ЛП оценивали с помощью расчета отношения шансов (ОШ) и их 95 % доверительных интервалов с использованием модели логистической регрессии. Достоверным считали различия при  $< 0,05$ .

### Результаты

*Размер ЛП и связь с ожирением.* Увеличение размеров ЛП было выявлено у 80 женщин (54,0 %) и было тесно связано с ИМТ. У пациентов с нормальной массой тела было выявлено увеличение только верхне-нижнего размера ( $> 48$  мм) — у 6 пациентов (23,0 %). С избыточной массой тела передне-задний размер ( $> 40$  мм) был увеличен — у 3 (6,0 %), медиально-латеральный ( $> 40$  мм) — у 2 (4,0 %), верхне-нижний — у 17 пациентов (34,4 %).

У пациентов с ожирением (ИМТ  $> 30,0$  кг/м<sup>2</sup>) увеличение передне-заднего размера выявлено у 8 (11,1 %), медиально-латерального у 9 (12,5 %), верхне-нижнего у 35 (48,6 %). Увеличение всех трех размеров одновременно выявлено только у 8 из 148 (5,4 %) обследованных пациентов. Таким образом, увеличение ЛП имело место у 23,0 % пациентов с нормальной МТ, у 34,0 % с избыточной массой тела и у 50,0 % с ожирением. Мы видим, что увеличение ЛП происходит неравномерно и ремоделирование ЛП происходит в первую очередь за счет верхне-нижнего размера (рис. 1). Полученные данные совпадают с мнением других исследователей, что одномерная оценка является нечувствительной оценкой и не может отражать точную картину увеличения ЛП [5, 6, 7].

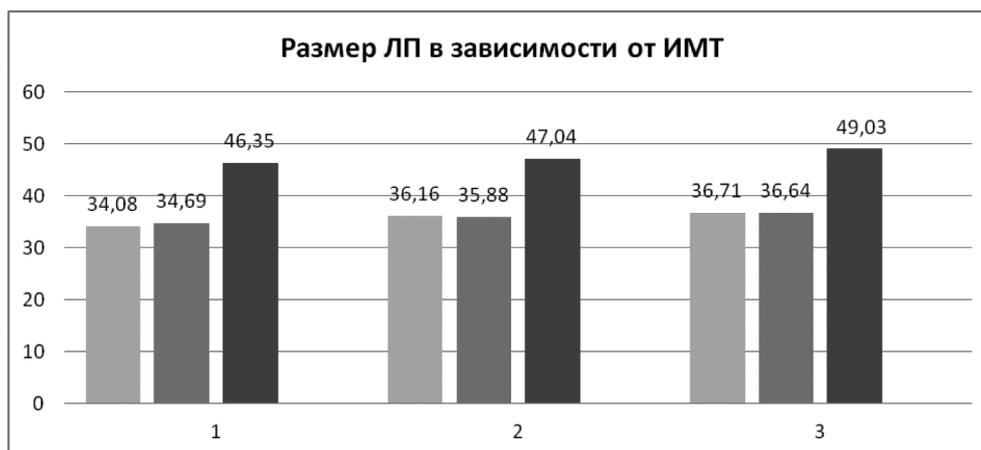


Рис. 1. Размер ЛП в зависимости от ИМТ (1 — нормальная масса тела, 2 — избыточная масса тела, 3 — ожирение; 1 столбик — передне-задний размер, 2 столбик — медиально-латеральный размер, 3 столбик — верхне-нижний размер)

Размер ЛП значительно различался в зависимости от степени ожирения. При этом верхне-нижний размер ЛП был больше у пациентов с ожирением ( $49,03 \pm 6,17$  мм), по сравнению с избыточной МТ ( $47,04 \pm 3,66$  мм,  $p=0,043$ ) и больше по сравнению с нормальной МТ ( $46,35 \pm 4,81$  мм,  $p=0,047$ ). Ожирения оказывает значительное влияние на размеры ЛП (ОШ 8,66 95 % ДИ 3,03 — 24,71,  $p<0,05$ ). Шанс встретить увеличение ЛП у пациентов без ожирения составил: ОШ 2,61; 95 % ДИ 0,89 — 7,63,  $p> 0,05$  %, но статистически значимой связи между фактором и исходом не выявлено.

**Влияние ожирения на соотношение размеров ЛП и ЛЖ.** Мы выбрали для оценки размеров ЛП верхне-нижний размер. Пациенты были разделены на две группы с нормальным верхне-нижним размером ЛП ( $\leq 48$  мм) и увеличенным размером ( $>48$  мм) [8]. Клинические и эхокардиографические переменные сравнивались между двумя группами (табл. 1).

Таблица 1.

Клинические и эхокардиографические показатели в сравнимых группах

Показатели	Нормальный размер ЛП (n=90)	Увеличенный размер ЛП (n=58)	p
Возраст, лет	$64,42 \pm 11,64$	$67,24 \pm 9,92$	нет
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	$29,33 \pm 5,12$	$33,32 \pm 7,81$	0,000
АДС, мм.рт.ст.	$164,58 \pm 25,38$	$166,81 \pm 32,53$	нет
АДД, мм.рт.ст.	$92,09 \pm 15,52$	$92,95 \pm 13,91$	нет
КСР, мм	$32,33 \pm 3,23$	$32,33 \pm 3,36$	нет
КДР, мм	$46,10 \pm 3,36$	$47,26 \pm 3,60$	0,048
ЗСЛЖ, мм	$10,55 \pm 1,30$	$11,55 \pm 1,67$	0,000
МЖП, мм	$11,16 \pm 1,50$	$12,14 \pm 1,69$	0,000
ММЛЖ, г	$217,39 \pm 55,52$	$254,50 \pm 69,30$	0,000

Показатели	Нормальный размер ЛП (n=90)	Увеличенный размер ЛП (n=58)	P
ИММЛЖ г/	$120,11 \pm 34,37$	$137,99 \pm 36,94$	0,003
ОТ	$0,48 \pm 0,06$	$0,51 \pm 0,07$	0,012
ФВ%	$59,69 \pm 4,74$	$58,10 \pm 6,59$	нет
Передне-задний размер ЛП, мм	$35,21 \pm 2,62$	$37,38 \pm 4,14$	0,000
Медиально-латеральный размер ЛП, мм	$34,79 \pm 2,60$	$37,97 \pm 3,82$	0,000
Верхне-нижний размер ЛП, мм	$44,81 \pm 3,14$	$52,67 \pm 4,39$	0,000

**Сокращения:** ИМТ — индекс массы тела, АДС — артериальное давление систолическое, АДД — артериальное давление диастолическое, КСР — конечный систолический размер, КДР — конечный диастолический размер, ЗСЛЖ — задняя стенка левого желудочка, МЖП — межжелудочковая перегородка, ММЛЖ — масса миокарда левого желудочка, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, ОТ — относительная толщина стенки левого желудочка, ФВ — фракция выброса левого желудочка, ЛП — левое предсердие.

Пациенты с увеличенным размером ЛП имели более высокий ИМТ ( $33,32$  против  $29,33$  кг/м<sup>2</sup>) по сравнению с пациентами с нормальным размером. Пациенты с увеличенным ЛП также имели увеличенный КДР, значительную толщину ЗСЛЖ, МЖП и увеличенную ОТ левого желудочка. А также более повышенную ММЛЖ и увеличенный ИММЛЖ по сравнению с пациентами с нормальными размерами ЛП.

Полученные данные были проанализированы для определения независимых, значимых предикторов

увеличения ЛП с использованием линейной регрессии. В группе с нормальным размером ЛП ( $\leq 48$  мм) анализ показал отсутствие связи с ИМТ, КДР, КСР, с толщиной ЗСЛЖ, с толщиной МЖП, с ММЛЖ и ИММЛЖ, ФВ ЛЖ. В группе пациентов с увеличенным ЛП ( $> 48$  мм) линейный регрессионный анализ показал (табл. 2), что наблюдаемые факторы в значительной степени связаны с увеличением ЛП. С ФВ% ЛЖ статистически значимой связи не выявлено.

Таблица 2.

Связь изучаемых показателей с размером ЛП

Показатели	$\beta$ — коэффициент регрессии	p
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	0,39	=0,02
КДР, мм	0,43	=0,000
КСР, мм	0,42	=0,001
ЗСЛЖ, мм	0,54	=0,000
МЖП, мм	0,48	=0,000
ММЛЖ, мм	0,61	=0,000
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	0,46	=0,000

**Сокращения:** ИМТ — индекс массы тела, КДР — конечный диастолический размер, КСР — конечный систолический размер, ЗСЛЖ — задняя стенка левого желудочка, МЖП — межжелудочковая перегородка, ММЛЖ — масса миокарда левого желудочка, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка.

В нашем исследовании значимые предикторы, связанные с увеличением ЛП представлены в табл. 3. По данным других исследователей независимыми значимыми предикторами увеличения ЛП так же являются ИМТ, КДР и толщина ЗСЛЖ [9].

Таблица 3.

Факторы, значимо связанные с увеличением левого предсердия

Факторы	Отношение шансов (ОШ)	95% доверительный интервал (ДО)	p
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	2,18	1,11–4,27	<0,05
КДР, мм	2,50	1,22–5,14	<0,05
КСР, мм	3,13	1,05–9,35	<0,05
ЗСЛЖ, мм	3,96	1,10–14,27	<0,05

**Сокращения:** ИМТ — индекс массы тела, КДР — конечный диастолический размер, КСР — конечный систолический размер, ЗСЛЖ — задняя стенка левого желудочка

**Влияние ожирения на соотношение ММЛЖ и размера ЛП.** В когорте исследуемых пациентов с АГ линейный регрессионный анализ показал существенную ассоциацию между размером ЛП и ММЛЖ ( $r=0,37$ ,  $p<0,05$ ).

Размер ЛП составил в среднем  $46,35 \pm 4,81$  мм у пациентов с ММЛЖ  $202,61 \pm 8,50$  (нормальная МТ);

$47,04 \pm 0,52$  мм у пациентов с ММЛЖ  $224,19 \pm 6,38$  (избыточная МТ) и  $49,03 \pm 6,17$  мм у пациентов с ММЛЖ  $247,90 \pm 8,92$  (ожирение) ( $p$  в тренде  $<0,05$ ).

В группе пациентов с нормальной МТ была выявлена связь между размером ЛП и ММЛЖ, однако с включением ММЛЖ в модель многопараметрической линейной регрессии отношение между размером ЛП и ММЛЖ перестали быть статистически значимыми. Связь между ММЛЖ и ИМТ так же отсутствовала.

У пациентов с избыточной МТ зависимость между размером ЛП, ММЛЖ и ИМТ отсутствовала.

В группе пациентов с ожирением зависимость размера ЛП от ММЛЖ была статистически значима ( $\beta=0,51$ ,  $p=0,000$ ). Так же было выявлено статистически значимая связь между ИМТ и ММЛЖ ( $r=0,31$ ,  $p<0,05$ ), которая как мы считаем, усилила связь между ММЛЖ и размером ЛП.

**Геометрия левого желудочка и размер ЛП.** Наши результаты показывают, взаимосвязь размеров ЛП с геометрией левого желудочка. Были выделены пациенты с КГЛЖ и пациенты с ЭГЛЖ. В группе пациентов с увеличенным ЛП и ожирением выявлено преобладание концентрической гипертрофии левого желудочка (КГЛЖ) по сравнению с группой с нормальным размером ЛП (84,4 % против 54,9 %), (ОШ 3,15 95 % ДИ 1,37 — 7,22,  $p < 0,05$ ). Таким образом, шанс встретить КГЛЖ в этой группе пациентов с увеличенным ЛП и ожирением был в 3,0 раза выше, чем в первой группе. Считается, что КГЛЖ связана с большим размером ЛП и силой выброса [10]. Пациенты с ЭГЛЖ встречались с одинаковой частотой, как в группе с нормальным размером ЛП — 12,2 %, так и в группе с увеличенным ЛП — 10,3 %, и связи с размером ЛП не выявлено.

## Обсуждение

Ожирение является известным предиктором сердечно-сосудистого риска. Еще Framingham Heart Study показало, что пациенты с ожирением имеют повышенный риск развития АГ и такие осложнения как фибрилляция предсердий и инсульт [10].

В нашем исследовании, ИМТ был значительно выше у пациентов с увеличенным ЛП, по сравнению с пациентами с нормальными размерами ЛП. Мы выявили, что ИМТ является независимым предиктором увеличения ЛП у женщин. Увеличение размеров ЛП имело место у 50,0 % пациентов с ожирением, у 34,0 % пациентов с избыточной массой тела и у 23,0 % пациентов с нормальной МТ. Наши выводы о влиянии ИМТ на размеры ЛП у женщин подтверждается популяционным исследованием 1212 пациентов стратифицированных по полу и возрасту, которое показало, что ожирение является

независимым предиктором увеличения ЛП [11]. Следует отметить, что участники были более молодого возраста (48,5 лет против 65,5 года в нашем исследовании).

Более того ожирение усиливает связь между ММЛЖ и размером ЛП. Размер ЛП был положительно связан во всей популяции с ММЛЖ ( $r=0,48$ ,  $p<0,05$ ). В группе больных с ожирением эта связь выросла ( $r=0,52$ ,  $p<0,05$ ).

Связь систолического артериального давления с размерами ЛП в нашем исследовании была очень слабой и статистически незначимой. Это можно объяснить тем, что увеличение ЛП у пациентов с ожирением и АГ и у пациентов с АГ может быть вызвано различными патофизиологическими механизмами [11].

Наши результаты показывают взаимосвязь геометрии ЛЖ с размером ЛП у женщин. КГЛЖ связана с большим размером ЛП. Существует мнение, что повышенная жесткость миокарда левого желудочка оказывает большее влияние на стимуляцию работы ЛП, чем конечно-систолическое напряжение [12].

Среди других факторов, которые были связаны с увеличением ЛП только КДР, КСР, ЗСЛЖ были независимыми предикторами увеличения ЛП. Пациенты с увеличенным ЛП имели более высокую ММЛЖ, увеличенную толщину ЗСЛЖ, больший размер ЛЖ.

Размеры ЛП имеют важное клиническое и прогностическое значение для возникновения фибрилляции предсердий, инсульта и застойной сердечной недостаточности.

#### Выводы

1. Ожирение является независимым предиктором увеличения левого предсердия при АГ и измененной геометрии ЛЖ.
2. Ожирение усиливает связь между массой ЛЖ и размером ЛП.
3. У женщин с ожирением КГЛЖ связана с большим размером ЛП, чем ЭГЛЖ.
4. Учитывая высокую распространенность ожирения, необходимо раннее лечение ожирения для предотвращения ремоделирование левого предсердия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas L., Muraru D., Popescu B.A. et al. Evaluation of Left Atrial Size and Function: Relevance for Clinical Practice. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020 Aug;33(8):934–952. doi: 10.1016/j.echo.2020.03.021. PMID: 32762920.
2. Wong C.Y., O'Moore-Sullivan T., Leano R. et al. Alterations of left ventricular myocardial characteristics associated with obesity. *Circulation.* 2004 Nov 9;110(19):3081–7. doi: 10.1161/01.CIR.0000147184.13872.0F. Epub 2004 Nov 1. PMID: 15520317.
3. Ballo P, Motto A, Mondillo S, Faraguti SA. Impact of obesity on left ventricular mass and function in subjects with chronic volume overload. *Obesity (Silver Spring).* 2007 Aug;15(8):2019–26. doi: 10.1038/oby.2007.241. PMID: 17712120.
4. Gottdiener J.S., Reda D.J., Williams D.W., Materson B.J. Left atrial size in hypertensive men: influence of obesity, race and age. Department of Veterans Affairs Cooperative Study Group on Antihypertensive Agents. *J Am Coll Cardiol.* 1997 Mar 1;29(3):651–8. doi: 10.1016/s0735-1097(96)00554-2. PMID: 9060907.
5. Abhayaratna W.P., Seward J.B., Appleton C.P. et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol.* 2006 Jun 20;47(12):2357–63. doi: 10.1016/j.jacc.2006.02.048. PMID: 16781359.
6. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015 Jan;28(1):1–39.e14. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003. PMID: 25559473.
7. Lester S.J., Ryan E.W., Schiller N.B., Foster E. Best method in clinical practice and in research studies to determine left atrial size. *Am J Cardiol.* 1999 Oct 1;84(7):829–32. doi: 10.1016/s0002-9149(99)00446-4. PMID: 10513783.
8. Kou S., Caballero L., Dulgheru R. et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac chamber size: results from the NORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014 Jun;15(6):680–90. doi: 10.1093/ehjci/jet284. Epub 2014 Jan 21. PMID: 24451180; PMCID: PMC4402333.
9. Kumar P., Mundi A., Caldito G., Reddy P. «Higher Body Mass Index is an Independent Predictor of Left Atrial Enlargement», *International Journal of Clinical Medicine*, 2011; 2(5):556–560. doi: 10.4236/ijcm.2011.25091.
10. Wilson P.W.F., D'Agostino R.B., Sullivan L., Parise H., Kannel W.B. Overweight and Obesity as Determinants of Cardiovascular Risk: The Framingham Experience. *ArchIntern.Med.* 2002;162(16):1867–1872. https://doi:10.1001/archinte.162.16.1867
11. Stritzke J., Markus M.R., Duderstadt S. et al. MONICA/KORA Investigators. The aging process of the heart: obesity is the main risk factor for left atrial enlargement during aging the MONICA/KORA (monitoring of trends and determinations in cardiovascular disease/cooperative research in the region of Augsburg) study. *J Am Coll Cardiol.* 2009 Nov 17;54(21):1982–9. doi: 10.1016/j.jacc.2009.07.034. PMID: 19909880.
12. Cioffi G., Mureddu G.F., Stefenelli C., de Simone G. Relationship between left ventricular geometry and left atrial size and function in patients with systemic hypertension. *J Hypertens.* 2004; Aug;22(8):1589–96. https://doi: 10.1097/01.hjh.0000125454.28861.76. PMID: 15257183.

# ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОТЫ ПОЛОСТИ МАТКИ ПРИ ГИПЕРПЛАЗИИ ЭНДОМЕТРИЯ

## FEATURES OF THE MICROBIOTA OF THE UTERINE CAVITY IN ENDOMETRIAL HYPERPLASIA

*Yu. Bogomolova  
I. Stolnikova*

*Summary.* Until recently, the uterus of a healthy woman was considered an environment devoid of microorganisms. Research in recent years has shown that the female upper genital tract contains a diverse community of bacteria, albeit in small numbers. There is evidence of a connection between the characteristics of the endometrial microbiota and various gynecological diseases and reproductive disorders. The microbial composition of the uterine cavity may be associated with the development of endometrial hyperplasia and its malignant progression. This review examines current knowledge about the characteristics of the uterine microbiota and their relationship with endometrial hyperplasia.

*Keywords:* endometrial hyperplasia, microbiome, endometrial microbiota, atypical endometrial hyperplasia, endometrial cancer.

**Богомолова Юлия Алексеевна**

Ассистент, ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

*Yuliya-botvineva@yandex.ru*

**Стольников Ирина Ивановна**

Кандидат медицинских наук,

ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России

*stolnikovaii@gmail.com*

*Аннотация.* До недавнего времени, матку здоровых женщин считали средой, лишенной микроорганизмов. За последние годы проведены исследования, в результате которых выявлено, что верхние отделы репродуктивного тракта женщины, содержат разнообразные сообщества бактерий, хотя и в низкой численности. Имеются данные о связи особенностей микробиоты эндометрия с различными гинекологическими заболеваниями и репродуктивными неудачами. Микробный состав полости матки может быть ассоциирован с развитием гиперплазии эндометрия и её злокачественным прогрессированием. В этом обзоре рассмотрены современные знания об особенностях микробиоты матки и их связи с гиперплазией эндометрия.

*Ключевые слова:* гиперплазия эндометрия, микробиом, микробиота эндометрия, атипичная гиперплазия эндометрия, рак эндометрия.

### Введение

Гиперплазия эндометрия (ГЭ) — это патологический процесс слизистой оболочки матки, характеризующийся пролиферацией желез и увеличением железисто-стромального соотношения [1]. Частота ГЭ составляет 133 случая на 100000 женщин-лет, при этом в возрасте 50–54 лет — 386 случаев на 100000 женщин-лет [2]. В настоящее время используется классификация Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) 2014 года, согласно которой выделяют ГЭ без атипии и ГЭ с атипией [1, 3]. Также существует дополнительная система классификации эндометриальной интраэпителиальной неоплазии (ЭИН), в которой вместо термина «атипичная ГЭ» используется «ЭИН» [3]. Риск злокачественного прогрессирования ГЭ составляет от 1 до 43 % [3].

Основной причиной развития ГЭ является гиперэстрогения. Также к этиологическим и патогенетическим факторам относят подавление процессов апоптоза, иммуносупрессия, генетические факторы [3, 4].

Традиционно считалось, что шейка матки функционирует как идеальный барьер между влагалищем и маткой, что приводило к выводу, что верхние отделы женских половых органов стерильны. Метагеномный анализ продвинул вперед исследования естественной колонизации человеческого тела, выявив микробиоту

на участках тела, которые ранее считались стерильными. За последнее десятилетие проведены исследования микробиоты верхнего отдела репродуктивного тракта женщины, и определялось ее влияние на репродуктивное здоровье и развитие гинекологических заболеваний [5, 6, 7].

Результаты исследований свидетельствуют о значительной роли микробиоты эндометрия в физиологии и репродукции матки [8]. Измененный состав микробиоты эндометрия связан с гинекологической патологией, демонстрируя таксономическое разнообразие и численность по сравнению с микробиотой полости матки здоровых женщин [9, 10, 11, 12]. Однако, микробные пути, участвующие в патогенезе заболеваний матки в настоящее время неизвестны.

### Цель исследования

Изучить современные данные об особенностях микробиоты полости матки при ГЭ.

### Материал и методы

При подготовке данного обзора был проведен тщательный поиск литературы, опубликованной в базе данных PubMed и научной электронной библиотеке ELibrary.ru. Использовались термины «микробиота эндометрия»

или «микробиом» в сочетании с «гиперплазия эндометрия» или «атипическая гиперплазия эндометрия» или «эндометриальная интраэпителиальная неоплазия». Исследования на других языках, кроме английского и русского, были исключены.

### Результаты исследования и их обсуждение

#### Микробиом эндометрия

Микробиота эндометрия отличается от микробиоты нижнего отдела репродуктивного тракта женщины [13, 14, 15, 16]. Секвенирование нового поколения гипервариабельных областей (известных как V1–V9) гена 16S рРНК позволило охарактеризовать микробиом эндометрия на более точном уровне, чем традиционные методы бактериальной культуры, которые не могут обнаружить большинство членов верхнего репродуктивного микробного сообщества [8].

Большинство исследований показали, что микробиота эндометрия человека имеет низкую биомассу в отличие от микробиоты влагалища. Микробиом эндометрия разнообразен и обилен в типе Firmicutes, где преобладающим родом являются *Lactobacillus*, далее следуют типы Bacteroidetes, Proteobacteria и Actinobacteria [5, 17, 15, 18, 19, 20]. Другие исследования показали, что в микробиоте матки преобладают Bacteroidetes или Proteobacteria с низким содержанием или отсутствием *Lactobacillus* [6, 14, 21, 16, 22].

Обнаружены общие бактериальные таксоны и положительная корреляция между сообществами верхних и нижних половых путей у одного и того же пациента [9, 14, 23, 21, 16]. Анатомическая близость обеспечивает миграцию вагинальной микробиоты в полость матки через шейку матки, причем этот перенос может регулироваться периодическими физико-химическими изменениями в цервикальной слизи или иммунном статусе матки на протяжении менструального цикла или провоцироваться воспалительными процессами [24, 25].

Колебания половых гормонов в течение менструального цикла необходимы для правильной регуляции функции матки и эндометрия. Предполагается, что эти колебания могут действовать как регуляторы микробиоты матки [26].

Однако имеющиеся в настоящее время данные противоречивы. Например, в исследовании Moreno показано, что микробиота матки не изменяется на протяжении менструального цикла, что позволяет предположить, что гормональные колебания не влияют на бактериальный состав или численность, и это сообщество остается стабильным [13].

Другие исследования показали, что микробиота эндометрия изменяется в зависимости от фаз менструального цикла, что указывает на влияние гормонального статуса [27]. Чен и др. обнаружили, что обогащение метаболических путей связано с ростом бактерий в пролиферативной фазе в отличие от секреторной фазы цикла, что указывает на увеличение бактериальной биомассы на этой стадии. Однако некоторые бактерии, такие как *Propionibacterium Acnes* (теперь реклассифицированные как *Cutibacterium Acnes*), *Pseudomonas* sp. и *Comamonadaceae*, показали повышенную численность в секреторной фазе, тогда как *Sphingobium* sp. или *Carnobacterium* sp. оставался без изменений на протяжении всего цикла [14].

В исследовании Пелзер и др. сообщалось о значительных различиях между фазами менструального цикла в микробиоте эндометрия при меноррагии и дисменорее. В пролиферативной фазе наблюдалось преобладание *Prevotella* spp., а в секреторной фазе — *Sneathia* spp. и *L. Crispatus* [15]. Кроме того, введение прогестина этим пациенткам было связано со снижением численности облигатных анаэробов и увеличением факультативных анаэробов в пролиферативном эндометрии. Напротив, в пролиферативном эндометрии без лечения прогестином наблюдалось большое количество облигатных анаэробов и сниженное содержание факультативных анаэробов, состояние, обычно связанное с патогенным статусом. Введение прогестина было связано со специфическим увеличением количества *L. Crispatus*, но с общим снижением количества *Lactobacillus* spp., что указывает на то, что постоянная гормональная доза способствует балансу микробиоты матки, способствуя пролиферации видов, связанных с эубиотическим состоянием [15].

Уровни женских половых гормонов меняются не только в зависимости от фаз менструального цикла, но и на протяжении жизни женщины. Таким образом, возраст может являться еще одним фактором, связанным с микробным составом матки. Микробиота эндометрия у женщин старше 40 лет характеризуется меньшим разнообразием, в отличие от более молодых женщин. Также, у женщин до 40 лет отмечено повышенное содержание Bacteroides и Proteobacteria, тогда как количество Firmicutes и Actinobacteria было низким; напротив, в эндометрии женщин старше 50 лет численность протеобактерий снизилась, тогда как численность фирмикутов увеличилась. На уровне рода наблюдалось снижение количества *Lactobacillus* и увеличение количества *Prevotella*, что указывает на корреляцию состава микробиоты с возрастом и гормональным или менопаузальным статусом [16]. Японское исследование показало снижение численности *Lactobacillus* у женщин старше 36 лет, особенно у повторнородящих пациенток [27].

Таким образом, результаты исследований показывают, что гормональный профиль женщины может влиять на бактериальный состав микробиоты эндометрия. Однако до сих пор нет единого мнения о составе микробиоты здорового эндометрия или о существовании основной микробиоты [25].

#### *Микробиота и гиперплазия эндометрия*

Первоначально в основе развития гиперплазии эндометрия лежит системная и локальная гиперэстрогения, однако при атипичной ГЭ возрастает роль воспалительных процессов. Воспалительные изменения при ГЭ могут быть связаны с развитием самой патологии, а также могут рассматриваться как фактор риска злокачественного прогрессирования ГЭ [28].

По своим воспалительным характеристикам ГЭ может быть связана с изменениями микробиоты. В настоящее время имеется незначительное количество публикаций, освещающих особенности микробиоты матки при ГЭ.

В исследовании Вальтер-Антонио и др. проведено секвенирование микробиома (область 16S рДНК V3-V5) органов репродуктивного тракта женщин (влагалище, шейка матки, маточные трубы и яичники) больных раком эндометрия (РЭ), ГЭ и доброкачественными заболеваниями матки (группа контроля). Микробиом у пациенток с РЭ и ГЭ был схож, однако значительно отличался от микробиома пациенток с доброкачественными заболеваниями. Показано, что образцы ГЭ обогащены родами *Parabacteroides* и *Carnocytophaga*. Поскольку их структура отличается от таковых в контрольных образцах и напоминает таковые у онкологических больных, авторы предполагают, что это бактериальное сообщество представляет собой переход к микробиоте, связанной с РЭ, и, следовательно, участвует в ранних стадиях канцерогенеза. Также в данном исследовании был сделан вывод, что одновременное присутствие *Atopobium vaginae* и некультивируемого представителя *Porphyromonas* sp. были связаны с РЭ, особенно в сочетании с высоким рН влагалища (>4,5) [9].

В российском исследовании, которое оценивало состав микроорганизмов полости матки у пациенток репродуктивного возраста с гиперпластическими процессами эндометрия (ГЭ без атипичии, полип эндометрия) при молекулярно-биологическом исследовании биоптатов эндометрия нарушение микробиоценоза полости матки установлено у 131 (66,8 %) пациентки. Наиболее часто выявлялись лактобациллы (62,8 %). Среди факультативных анаэробных бактерий преобладали *Staphylococcus* spp. (48,5 %), микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* (24,5 %), *Streptococcus* spp. (18,4 %). Среди облигатных анаэробных бактерий наиболее часто встречались *Gardnerella vaginalis* (12,2 %), *Atopobium*

*vaginae* (11,2 %) и *Peptostreptococcus* spp. (8,7 %). У каждой четвертой пациентки диагностировали *Mycoplasma genitalium* (24,5 %) и *Chlamydia trachomatis* (23,5 %). Также в составе микробиоты эндометрия пациенток выявлены *Ureaplasma* spp. (19,4 %), *Mycoplasma hominis* (10,2 %), *Candida* spp. (8,7 %), вирус простого герпеса 1 и 2 типов (5,6 %) [29].

Атипичическая ГЭ является предраковым заболеванием. Изучены конкретные молекулярные механизмы, участвующие в развитии РЭ, такие как генетическая предрасположенность, эпигенетические изменения или усиление воспалительной реакции [30], но связь РЭ с особенностями микробиоты полости матки не известна.

Исследование Лу и др, основанное на секвенировании гена 16S рНК V3-V4, показало, что *Micrococcus* (тип *Actinobacteria*) является наиболее распространенным родом у пациенток с РЭ по сравнению с пациентками, страдающими доброкачественными заболеваниями матки. Такие роды, как *Pseudoramibacter*, *Megamonas*, *Eubacterium* (*Firmicutes*), *Rhodobacter*, *Vogesella*, *Bilophila* и *Rheinheimera* (*Proteobacteria*), также показали высокую распространенность у больных раком. Также наблюдалась положительная корреляция между численностью микрококков и уровнями интерлейка-6 (IL-6) и интерлейкина-7 (IL-7), которые являются маркерами воспаления, связанными с патогенезом РЭ. Эти результаты подтверждают гипотезу о связи между дисбактериозом эндометрия и воспалением при РЭ. Однако в данном исследовании не была продемонстрирована причинно-следственная связь между измененными микробными таксонами и хроническим воспалением, следовательно, необходимы дальнейшие исследования для подтверждения связи между воспалительными цитокинами и микробиотой эндометрия при РЭ [10].

В другом китайском исследовании образцы ткани эндометрия, собранные у пациенток с РЭ (n = 30) и здоровых женщин (n = 10), были подвергнуты секвенированию 16S рНК микробиома. Было показано снижение бактериального разнообразия и высокая распространенность *Pelomonas* и *Prevotella* у больных РЭ. Примечательно, что была выявлена положительная корреляция между *Prevotella* и повышенным уровнем D-димера в сыворотке крови и продуктов деградации фибрина (ПДФ). Дальнейший анализ транскриптома выявил 8 надежных ассоциаций между *Prevotella* и генами, связанными с деградацией фибрина, экспрессируемыми при РЭ. Следовательно, *Prevotella* может способствовать деградации фибрина, индуцируя экспрессию специфических генов. Таким образом, в этом исследовании выявлено, что увеличение численности *Prevotella* в ткани эндометрия в сочетании с высоким содержанием D-димера и ПДФ в сыворотке может быть важным фактором, связанным с развитием РЭ, что может быть использовано для прогнозирования или диагностики РЭ [11].

Таким образом, полученные результаты связали изменения микробиоты эндометрия с канцерогенезом эндометрия, вероятно, с провоспалительным статусом.

### Заключение

Микробиота полости матки при ГЭ имеет значимые различия в сравнении с микробиотой эндометрия здоровых женщин и пациенток с доброкачественными заболе-

ваниями матки. При этом отмечена схожесть микробиоты эндометрия при ГЭ и РЭ. Бактериальные механизмы, участвующие в нарушении физиологии клеток-хозяев с возникновением гиперпластических изменений и канцерогенеза, мало изучены. Поэтому важно продолжить исследование влияния микробиоты на развитие ГЭ, так как это в будущем может быть использовано в клинической практике для диагностики, лечения и профилактики гиперпластических процессов эндометрия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Cree I.A., White V.A., Indave B.I., Lokuhetty D. Revising the WHO classification: female genital tract tumours // *Histopathology*. 2020; 76(1): 151–156. <https://doi.org/10.1111/his.13977>.
2. Reed S.D., Newton K.M., Clinton W.L. et al. Incidence of endometrial hyperplasia // *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2009; 200(6): 678. e1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2009.02.032>.
3. Ring K.L., Mills A.M., Modesitt S.C. Endometrial Hyperplasia // *Obstet Gynecol*. 2022; 140(6): 1061–1075. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000004989>.
4. Russo M., Newell J.M., Budurlean L. et al. Mutational profile of endometrial hyperplasia and risk of progression to endometrioid adenocarcinoma // *Cancer*. 2020; 126(12): 2775–2783. <https://doi.org/10.1002/cncr.32822>.
5. Mitchell C.M., Haick A., Nkwopara E. et al. Colonization of the upper genital tract by vaginal bacterial species in nonpregnant women // *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2015; 212(5): 611.e1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2014.11.043>
6. Verstraelen H., Vilchez-Vargas R., Desimpel F. et al. Characterisation of the human uterine microbiome in non-pregnant women through deep sequencing of the V1–2 region of the 16S rRNA gene // *PeerJ*. 2016; 4: e1602. <https://doi.org/10.7717/peerj.1602>.
7. Li F., Chen C., Wei W. et al. The metagenome of the female upper reproductive tract // *GigaScience*. 2018; 7(10): gjy 107. <https://doi.org/10.1093/gigascience/gjy107>.
8. Moreno I., Simon C. Relevance of assessing the uterine microbiota in infertility // *Fertility and Sterility*. 2018; 110(3): 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2018.04.041>.
9. Walter-Antonio M.R., Chen J., Multuni F. et al. Potential contribution of the uterine microbiome in the development of endometrial cancer // *Genome Medicine*. 2016; 8(1): 122. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0368-y>.
10. Lu W., He F., Lin Z et al. Dysbiosis of the endometrial microbiota and its association with inflammatory cytokines in endometrial cancer // *International Journal of Cancer*. 2021; 148(7): 1708–1716. <https://doi.org/10.1002/ijc.33428>.
11. Li C., Gu Y., He Q. et al. Integrated analysis of microbiome and transcriptome data reveals the interplay between commensal bacteria and fibrin degradation in endometrial cancer // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2021; 11: 748558. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.748558>.
12. Fang R.L., Chen L.X., Shu W.S. et al. Barcoded sequencing reveals diverse intrauterine microbiomes in patients suffering with endometrial polyps // *American Journal of Translational Research*. 2016; 8(3): 1581–92. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27186283>.
13. Moreno I., Codoner F.M., Vilella F. et al. Evidence that the endometrial microbiota has an effect on implantation success or failure // *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2016; 215(6): 684–703. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.09.075>.
14. Chen C., Song X., Wei W. et al. The microbiota continuum along the female reproductive tract and its relation to uterine-related diseases // *Nat Commun*. 2017; 8(1): 875. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00901-0>.
15. Pelzer E.S., Willner D., Buttini M., Huygens F. A role for the endometrial microbiome in dysfunctional menstrual bleeding // *Antonie van Leeuwenhoek*. 2018; 111(6): 933–943. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0992-6>.
16. Wang J., Li Z., Ma X. et al. Translocation of vaginal microbiota is involved in impairment and protection of uterine health // *Nature Communications*. 2021; 12(1): 4191. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24516-8>.
17. Baker J.M., Chase D.M., Herbst-Kralovetz M.M. Uterine microbiota: residents, tourists, or invaders? // *Frontiers in Immunology*. 2018; 9: 208. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00208>.
18. Altmae S., Rienzi L. Endometrial microbiome: new hope, or hype? // *Reproductive Biomedicine Online*. 2021; 42(6): 1051–1052. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2021.05.001>.
19. Oberle A., Urban L., Falch-Leis S. et al. 16S rRNA long-read nanopore sequencing is feasible and reliable for endometrial microbiome analysis // *Reproductive Biomedicine Online*. 2021; 42(6): 1097–1107. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2021.03.016>.
20. Sun N., Ding H., Yu H. et al. Comprehensive characterization of microbial community in the female genital tract of reproductive-aged women in china // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2021; 11: 649067. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.649067>.
21. Winters A.D., Romero R., Gervasi M.T. et al. Does the endometrial cavity have a molecular microbial signature? *Scientific Reports*. 2019; 9(1): 9905. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46173-0>.
22. Sola-Leyva A., Andres-Leon E., Molina N.M. et al. Mapping the entire functionally active endometrial microbiota // *Human Reproduction*. 2021; 36(4): 1021–1031. <https://doi.org/10.1093/humrep/deaa372>.
23. Miles S.M., Hardy B.L., Merrell D.S. Investigation of the microbiota of the reproductive tract in women undergoing a total hysterectomy and bilateral salpingo-oophorectomy // *Fertility and Sterility*. 2017; 107(3): 813–820. e1. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.11.028>.

24. Agostinis C., Mangogna A., Bossi F. et al. Uterine immunity and microbiota: a shifting paradigm // *Frontiers in Immunology*. 2019; 10: 2387. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02387>.
25. Peric A., Weiss J., Vulliamoz N., Baud D., Stojanov M. Bacterial colonization of the female upper genital tract // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20(14): 3405. <https://doi.org/10.3390/ijms20143405>.
26. Critchley H.O.D., Babayev E., Bulun S.E. et al. Menstruation: science and society // *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2020; 223(5): 624–664. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.06.004>.
27. Odawara K., Akino R., Sekizawa A. et al. Examination of clinical factors affecting intrauterine microbiota // *Reproduction and Fertility*. 2021; 2(1): 1–6. <https://doi.org/10.1530/RAF-20-0030>.
28. Kubyshkin A.V., Aliev L.L., Fomochkina I.I. et al. Endometrial hyperplasia-related inflammation: its role in the development and progression of endometrial hyperplasia // *Inflammation Research*. 2016; 65(10): 785–94. <https://doi.org/10.1007/s00011-016-0960-z>.
29. Свиридова Н.И., Максимов С.Н., Пуряева К.А. Особенности эндометриального микробиома пациенток репродуктивного возраста с гиперпластическими процессами эндометрия // Тезисы XVI Общероссийского семинара «Репродуктивный потенциал России: версии и контраргументы» и IX Общероссийской конференции «FLORES VITAE. Контраргументы неонатальной медицины и педиатрии», Сочи, 07–10 сентября 2022 года. — Москва: Редакция журнала *StatusPraesens*, 2022. — С. 67–68.
30. Banno K., Yanokura M., Iida M. et al. Carcinogenic mechanisms of endometrial cancer: involvement of genetics and epigenetics // *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*. 2014; 40(8): 1957–67. <https://doi.org/10.1111/jog.12442>.
31. Доброхотова, Ю.Э., Якубова К.К. Микробиота репродуктивного тракта и гиперпластические процессы эндометрия (обзор литературы) // *РМЖ. Медицинское обозрение*. — 2018; — Т. 2, № 10. — С. 14–16.
32. Medina-Bastidas D, Camacho-Arroyo I, García-Gómez E. Current findings in endometrial microbiome: impact on uterine diseases // *Reproduction*. 2022; 163 (5): P.81–96. <https://doi.org/10.1530/rep-21-0120>.

---

© Богомолова Юлия Алексеевна (Yuliya-botvineva@yandex.ru); Стольниковая Ирина Ивановна (stolnikovaii@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ И ТЕПЛОГРАФИИ У ПАЦИЕНТОВ С ВЫРАЖЕННЫМ БОЛЕВЫМ СИНДРОМОМ ПРИ МОНОСЕКМЕНТАРНОМ СТЕНОЗЕ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

## CHANGES IN ELECTRONEUROMYOGRAPHIC AND THERMOGRAPHIC INDICES IN PATIENTS WITH SEVERE PAIN SYNDROME AT MONOSEGMENTAL CERVICAL SPINAL STENOSIS

**T. Verkhovina  
E. Ippolitova  
E. Tsyslyak**

*Summary.* The article presents the results of studying electroneuromyographic parameters and thermotopographic changes in soft tissues at the level of the lesion in the spinal motion segment and along the corresponding peripheral nerve in 35 patients with the cervical spinal stenosis (M48.0 according to ICD-10) who were treated in the Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology.

The obtained electroneuromyographic indicators in patients with cervical spinal stenosis made it possible to identify changes in the M-response amplitude and the speed of conduction along motor and sensory fibers, indicating damage to the structures of the neuromuscular system. When measuring skin temperature, we recorded paravertebral asymmetry of up to 1.0 °C and thermal asymmetry in the areas where the electroneuromyographic pick-up electrodes were installed — *n. axillaris, n. radialis, n. medianus* and *n. ulnaris* — on injured and uninjured limbs. In 71 % of the examined patients, paravertebral hyperthermia (0.6–1.0 °C) was recorded on the affected side, which may indicate an increase in blood perfusion with increased metabolism in the inflammation site. Detection of thermal asymmetry during a thermal imaging study complements electromyographic data in diagnosing the condition of the spinal motion segment, spinal cord roots and peripheral nerves for prescribing appropriate treatment and monitoring its results.

*Keywords:* cervical spinal stenosis, electroneuromyography, thermal imaging.

**Верховина Татьяна Константиновна**

Доцент, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»

Минздрава

tkverhozina@gmail.com

**Ипполитова Елена Геннадьевна**

Научный сотрудник НКО «Нейрохирургии» ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»

elenaippolitova@mail.ru

**Цысляк Елена Сергеевна**

Научный сотрудник НКО «Нейрохирургии» ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»

helenasergeevna@mail.ru

*Аннотация.* Приведены результаты исследования электронейромиографических (ЭНМГ) показателей и термотопографических изменений мягких тканей на уровне очага поражения в позвоночно-двигательном сегменте и по ходу соответствующего периферического нерва у 35 пациентов со спинальным стенозом шейного отдела позвоночника (M48.0 по МКБ-10), прошедшим лечение в клинике ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

Полученные ЭНМГ-показатели у пациентов со стенозом позвоночного канала на шейном уровне позволили выявить изменения амплитуды М-ответа и скорости проведения возбуждения по двигательным и сенсорным волокнам, указывающие на поражение структур нервно-мышечного аппарата. При измерении температуры кожи зарегистрированы паравертебральная асимметрия до 1,0°C и термоасимметрия в зонах установки отводящих ЭНМГ-электродов — *n. axillaris, n. radialis, n. medianus* и *n. ulnaris* — на больной и здоровой конечностях.

У 71 % обследованных пациентов на больной стороне зарегистрирована паравертебральная гипертермия (0,6–1,0 °C), которая, возможно, указывает на увеличение перфузии крови при повышении метаболизма в очаге воспаления.

Выявление термоасимметрии при тепловизионном исследовании дополняет электромиографические данные в диагностике состояния позвоночно-двигательного сегмента, корешков спинного мозга и периферических нервов для назначения соответствующего лечения и контроля за его результатами.

*Ключевые слова:* стеноз шейного отдела позвоночника, электронейромиография, тепловидение.

## Введение

**Б**оль в шейном отделе позвоночника эпизодически появляется у 70 % населения, у 50 % из них она имеет регулярный характер, вызывая достаточно длительную утрату работоспособности [1, 2, 3]. К основным причинам шейной радикулопатии относятся грыжи межпозвонковых дисков, которые вызывают поражение спинномозговых корешков и компрессию спинного мозга, провоцируя болевой синдром разной степени выраженности. Наличие у пациентов шейного спондилеза влечет за собой пролабирование межпозвонковых дисков, развитие гипертрофии связок, формирование остеофитов, вызывая не только воспаление периапартулярных тканей, но и компрессию спинномозгового корешка или спинального ганглия [3, 4].

Подобные нарушения приводят к изменению нейрофизиологических характеристик, одновременно вызывая нарушение микроциркуляции, гиперемия, отек тканей, что отражается в клинических проявлениях и изменениях нейрофизиологических показателей. На фоне корешкового синдрома в мышцах шеи, плечевого пояса и в дистальных отделах верхних конечностей сохраняется и фиксируется болевой синдром смешанного аксонально-демиелинизирующего характера [3, 4, 5], нейрофизиологические характеристики которого были представлены в наших предыдущих исследованиях и работах ряда авторов [4, 5]. В то же время в мягких тканях происходят изменения воспалительного и дегенеративного характера, которые сопровождаются соответствующей клинической картиной и требуют определенной лечебной тактики.

Изменения сухожильно-мышечного аппарата на уровне шейного отдела позвоночника в плане выраженности воспалительного компонента или преобладания дегенеративно-дистрофических изменений, остаются практически не изученными. Вместе с тем в настоящее время существуют тепловизионные аппараты, позволяющие дифференцировать подобные патологические процессы по измерению интенсивности теплового излучения [8]. В основе медицинской термографии лежит выявление локализации и определение степени термоасимметрий. Усиление кровотока, обменных процессов в патологических очагах сопровождается увеличением интенсивности теплового излучения — увеличением температурной реакции. Уменьшение (ослабление) кровотока в проблемных участках тела пациента характеризуется «угасанием их теплового поля» и появлением на термограмме очагов гипотермии [6, 8, 11, 12].

У здорового человека симметричные участки тела имеют одинаковые значения температуры [8, 9]. Выявление термоасимметрии, ее определенной топографии безусловно важно для диагностики состояния позвоноч-

но-двигательного сегмента, корешков спинного мозга и периферических нервов, а также для адекватного лечения и контроля за его результатами.

На наш взгляд тепловидение в комплексе с клиническими и нейрофизиологическими исследованиями — весьма ценный метод при изучении механизмов заболеваний опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы.

Данных о подобных исследованиях в доступной литературе мы не встретили, что и явилось целью нашего исследования.

*Цель работы* заключалась в изучении термоасимметрии на уровне позвоночно-двигательного сегмента и периферических нервов, а также ее связи с электронейромиографическими показателями у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника.

## Материалы и методы

В обследовании приняли участие 35 пациентов нейрохирургического отделения клиники Иркутского научного центра хирургии и травматологии, которые проходили лечение по поводу спинального стеноза шейного отдела позвоночника (М 48.0 по МКБ 10). Среди обследованных было 17 женщин и 18 мужчин, средний возраст пациентов составил 51 год.

Все пациенты имели выраженный болевой синдром, который в 90 % случаев сопровождался признаками корешковой дисфункции: нарушением чувствительности, выпадением глубоких рефлексов, мышечной слабостью.

Исследование вызванных потенциалов проводилось с помощью нейромиоанализатора НМА-4-01 «Нейромиан».

Использовались стандартные ЭНМГ методики с определением амплитудных и скоростных показателей М-ответа при стимуляции подкрыльцового (n.axillaris), лучевого (n.radialis), срединного (n.medianus) и локтевого (n.ulnaris) нервов.

Термографическое обследование проведено на тепловизоре СВИТ-004. Температурные метки расставлялись на уровне остистых отростков шейных позвонков, паравертебрально и по ходу периферических нервов левой и правой конечности. Измерялась температура кожи в зонах остистых отростков позвонков С4, С5, С6, С7 и паравертебрально слева и справа на уровне С7. Также исследовалась температура в зонах установки отводящих электродов при электронейромиографии периферических нервов верхней конечности: луче-

вого, формирующегося из корешков CV, CVI, CVII, CVIII, срединного — CVI, CVII, CVIII, ThI, локтевого — CVIII, ThI, и подкрыльцового — CV, CVI, CVII, CVIII.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакета программы Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corp., Редмонд).

Исследование выполнено в соответствии с «Этическими принципами проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике ФГБНУ ИНЦХТ.

### Результаты исследований

С помощью ЭНМГ стимуляции n.axillaris, n.radialis, n.medianus и n.ulnaris оценены амплитуда М-ответа, значения порога ВП и его латентность, характеризующая скорость прохождения импульса по терминалям аксонов.

Для суждения о наличии и степени поражения нерва, а также полного или частичного перерождения нервно-мышечного аппарата использовались показатели возбудимости. Значимое увеличение порога М-ответа имело 77 % исследуемых, значимое его снижение — 23 %, что в обоих случаях может свидетельствовать о частичном перерождении нервно-мышечного аппарата. Амплитудные показатели при этом, отражающие суммарный ответ двигательных единиц, соответствовали локализации блока невралной проводимости конечности с болевым синдромом и были достоверно снижены для n.axillaris, n.medianus и n.ulnaris. Скоростные показатели, характеризующие проведение импульса по двигательным

волокнам n.axillaris, n. radialis, и n.ulnaris, не отличались от нормальных значений, что подтверждает мнение об отсутствии поражения заднего корешка у пациентов при стенозических изменениях позвоночного канала на шейном уровне [5]. При стимуляции n.medianus выявляется снижение скоростных значений проведения импульса по двигательным волокнам как конечности с болевым синдромом, так и интактной конечности (табл. 1). Нарушение проводимости на обеих конечностях можно объяснить ответной рефлекторной реакцией тормозной направленности из симметричного двигательного центра.

В таблице 2 представлены показатели термографии в группе обследованных.

Средние значения температуры кожи в зонах остистых отростков С4, С5, С6, С7 позвонков и паравертебрально слева и справа мало отличались друг от друга (табл. 2). Однако, при анализе данных термографии у 20 пациентов на стороне поражения температура была выше, чем на интактной от 0,2°C и более, в то время как у 15 пациентов температура кожи на проблемной половине была ниже на 0,2°C и более, чем на здоровой половине. Причем у 10 пациентов из 20 с повышенными температурными значениями асимметрия составила 0,5–1°C, что может быть связано наличием воспалительной реакции в зоне измерения температуры. Асимметрия с понижением температуры кожи в значимой степени (0,5–1°С), отмечена у 4 пациентов, что может быть обусловлено выраженными дегенеративными нарушениями в зоне измерения.

В зоне, соответствующей отводящему электроду при стимуляции n.axillaris — у 10 пациентов отмечалось снижение температуры на больной конечности (29 %), у 25 человек — повышение температуры (71 %). Причем,

Таблица 1.

Электронейромиографические показатели у пациентов со стенозирующим процессом позвоночного канала на шейном уровне

Нерв	Порог М-ответа (мВ)	Норма	Амплитуда М-ответа (мкВ)	Норма	СПИ (м\с)	Норма
n.axillaris	21,6±9,7*	12,0±2,0	0,16±0,1*	1,2±1,1	50,1±9,7	< 50
n.radialis	29,2±18,0*	12,0±4,0	1,17±2,1	1,2±1,1	52,8±8,2	< 50
n.medianus	19,0±14,3*	10,0±2,2	1,11±1,08*	2,4±1,1	44,4±4,1*	< 50
n.ulnaris	10,1±2,1*	6,0±0,6	2,14±1,9*	2,4±1,2	52,2±8,1	< 50

Примечание. \* — p < 0,05

Таблица 2.

Термографические показатели у пациентов со стенозирующим процессом позвоночного канала на шейном уровне

Уровень	Параверебрально (С7)		n.radialis		n.axillaris		n.medianus		n.ulnaris	
	больная	интакт.	больная	интакт.	больная	интакт.	больная	интакт.	больная	интакт.
Средние значения	31,39 ± 0,85	31,49 ± 0,80	31,27 ± 0,94	31,12 ± 1,14	30,64 ± 0,85	30,39 ± 0,99	31,06 ± 1,01	31,06 ± 1,26	30,69 ± 1,12	31,0 ± 1,23

Таблица 3.

Соотношение пациентов с повышением и понижением температуры в симметричных точках верхних конечностей

Уровень	Паравертебрально (C7)		n. radialis		n. axillaris		n. ulnaris		n. medianus	
	больная	интактная	больная	интактная	больная	интактная	больная	интактная	больная	интактная
Человек (%)	21 60 %	14 40 %	18 51 %	17 49 %	23 66 %	12 34 %	18 51 %	17 49 %	23 66 %	12 34 %

асимметрия температур составила 0,5–0,9° С, являясь диагностически значимой.

Изменение температуры более чем на 0,3° С зафиксировано в точке, соответствующей отводящему электроду при стимуляции срединного нерва: понижение температуры у 12 человек (34 %), повышение температуры у 23 человек (66 %).

Также значительная асимметрия отмечалась в точках, соответствующих отводящему электроду при стимуляции локтевого нерва — понижение у 11 человек (30 %), повышение температуры на больной конечности — у 19 человека (50 %), у 4 человек — без значимой асимметрии на больной и здоровой конечностях.

При расставлении температурных меток в точках, соответствующих отводящему электроду с лучевого нерва, отмечалось практически одинаковое количество и понижения температуры у 17 человек (49 %), и повышения температуры у 18 человек (51 %).

У 71 % обследованных пациентов на больной стороне зарегистрирована паравертебральная гипертермия (0,6–1,0°С), которая возможно связана с увеличением кровотока и наличием очага воспаления. Вместе с тем у 29 % обследованных на пораженной стороне имелась термоасимметрия в виде паравертебральной гипотермии до 1,0°С, вероятно здесь имеет место уменьшение кровотока в тканях — «угасание» их теплового поля [9, 10, 11]. При измерении температуры кожи в зонах установки отводящих электронейромиографических электродов — n.axillaris, n.radialis, n.medianus и n.ulnaris — на больной конечности также зарегистрированы случаи как гипертермии, так и гипотермии, характеризующие в первом случае проявления неврита соответствующего нерва и болевую реакцию, а во втором случае (гипотермии) — полинейропатию с симптомами неврологического выпадения.

Наличие у пациентов шейного спондилеза влечет за собой пролабирование межпозвонковых дисков, развитие гипертрофии связок, формирование остеофитов, вызывая не только воспаление периартикулярных тка-

ней, но и компрессию спинномозгового корешка или спинального ганглия [12, 13].

Подобные нарушения приводят к изменению нейрофизиологических характеристик, одновременно вызывая нарушение микроциркуляции, гиперемия, отек тканей, что отражается на клинических проявлениях, термографических значениях и изменениях нейрофизиологических показателей. Эти изменения взаимосвязаны и взаимообусловлены. Тепловидение позволяет определить локальные нарушения микроциркуляции, указывающие на воспалительный или дистрофический процессы в позвоночнике.

#### Заключение

Наиболее диагностически значимыми параметрами при электронейромиографическом исследовании у пациентов со стенозом позвоночного канала на шейном уровне являются амплитуда М-ответа и скорость проведения возбуждения по двигательным и сенсорным волокнам. Амплитудно-скоростные показатели характеризуют неврологическую патологию и ее особенности на разных стадиях развития стенозирующего процесса в шейном отделе позвоночника, в том числе на ранних — в период «предзаболевания».

Одновременное исследование показателей термографии на уровне пораженного позвоночно-двигательного сегмента и на активных зонах дистальных участков периферических нервов показало наличие достоверной термоасимметрии как в сторону повышения температуры, возможно указывающей на воспаление периартикулярных тканей, так и в сторону понижения температуры, явившейся следствием дегенеративно-дистрофических процессов.

ЭНМГ показатели, дополненные температурными показателями, могут уточнять клиническую характеристику пациента, определять тактику лечения больного, в том числе показаний к хирургическому лечению, а в последующем, оценивать динамику в послеоперационном периоде и на этапах реабилитации.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилипович А.А. Боль в шее. Новая аптека. 2010; (12): 86–89.
2. Binder A.I. Neck pain. Clin. Evid. 2008; (4): 30
3. Исайкин А.И., Акарачкова Е.А., Ахунов А.Н. Диагностика и лечение острой неспецифической боли в шейном отделе у лиц молодого возраста. Эффективная фармакотерапия. 2021; 17(29): 22–30.
4. Hug A, Hähnel S, Weidner N. Diagnostics and conservative treatment of cervical and lumbar spinal stenosis. Nervenarzt. 2018; 89(6): 620–631. doi: 10.1007/s00115-018-0516-2
5. Ипполитова Е.Г., Верхозина Т.К., Кошкарева З.В., Скляренко О.В. Маркерные показатели электронейромиографии в диагностике остеохондроза позвоночника. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2018; 1: 13–17.
6. Яруллина И.Х., Садыкова Г.А. Лучевые методы исследования при болях в позвоночнике. Медицинский вестник Башкортостана. 2021; 16(2):
7. Голдберг Я.А., Рейнольдс Дж.Н. Спонтанное возбуждение и вызванные паузы в тонически активных холинергических интернейронах полосатого тела. Неврология. 2011; 198: 27–43. doi: 10.1016/j.neuroscience.2011.08.067
8. Морозов А.М., Мохов Е.М., Кадыков В.А., Панова А.В. Медицинская термография: возможности и перспективы. Казанский медицинский журнал. 2018; 99(2): 264–270.
9. Колесов С.Н. Тепловидение в оценке механизмов адаптации и компенсации при изолированном и сочетанном повреждении периферических нервов. Научно-технический «Оптический» журнал. 2013; №: 3.
10. Новиков А.Ю., Новиков Ю.О. Применение медицинской инфракрасной термографии при мышечно-скелетных болях. Медицинский вестник Башкортостана. 2019; 14(4): 100–103.
11. Иваницкий Г.Р. Тепловидение в медицине. Вестник РАМН. 2006; 67(1): 48–62.
12. Вайнер Б.Г. Матричное тепловидение в физиологии: Исследование сосудистых реакций, перспирации и терморегуляции у человека. Новосибирск: Изд-во СО РАН; 2004: 96.
13. Иваницкий Г.Р., Хижняк Е.П., Деев А.А. Биофизические основы медицинского тепловидения. Биофизика. 2012; 57(1): 130–139.

---

© Верхозина Татьяна Константиновна (tkverhozina@gmail.com); Ипполитова Елена Геннадьевна (elenaippolitova@mail.ru);

Цысляк Елена Сергеевна (helenasergeevna@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ГЛУБОКОЙ СТЕРНАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ И МЕТОДОМ МЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНА В СОЧЕТАНИИ С ВАКУУМНОЙ ТЕРАПИЕЙ

## COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFICACY OF THE TREATMENT OF DEEP STERNAL INFECTION BY THE TRADITIONAL METHOD AND THE METHOD OF LOCAL OZONE APPLICATION IN COMBINATION WITH VACUUM THERAPY

**D. Volkov**  
**V. Sakovich**  
**D. Drobot**  
**Yu. Vinnik**  
**Yu. Volkov**

*Summary. Purpose of the study:* To compare the effectiveness of treatment of patients with deep sternal infection by using the traditional method and local application of ozone. *Materials and Methods:* Under our supervision for the period from 2015 to 2023, there were 50 cardiac surgical patients with a clinical picture of deep sternal infection after median sternotomy. Most of them — 60 % were women and 40 % — men. Patients were admitted to hospital in a planned manner. All patients were divided into 2 groups, comparable in age, sex and severity of the disease. In the first group, consisting of 25 patients, traditional treatment was carried out. Third-generation cephalosporins were used for antibiotic therapy according to indications. Local treatment of the wound was carried out with a 0.5 % solution of chlorhexidine and levomikol. In the second group, consisting of 25 patients, the wound was treated daily with ozonized saline in combination with vacuum therapy. *Results:* Evaluation of the health status of patients at discharge showed that recovery was observed in 98 % when using the combined method of treating deep sternal infection and in 96.6 % of the case when using the traditional method. Since the null hypothesis was not refuted, we can talk about the same level of treatment effectiveness. Because 50 patients with deep sternal infection were treated, the overall benefit was 1.2 QALY or 1.2 years of life saved. Or, in terms of months — 14 saved months of life.

*Keywords:* Purulent sternomediastinitis, ozone therapy, vacuum therapy, deep sternal infection.

**Волков Даниил Юрьевич**

кандидат медицинских наук, Федеральный центр  
сердечно-сосудистой хирургии, Красноярск,  
liner@mail.ru

**Сакович Валерий Анатольевич**

доктор медицинских наук, профессор,  
ФГБОУ ВО Красноярский государственный  
медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого;  
Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии,  
Красноярск, Российская Федерация  
office@krascor.ru

**Дробот Дмитрий Борисович**

доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО  
Красноярский государственный медицинский  
университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого;  
Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии,  
Красноярск

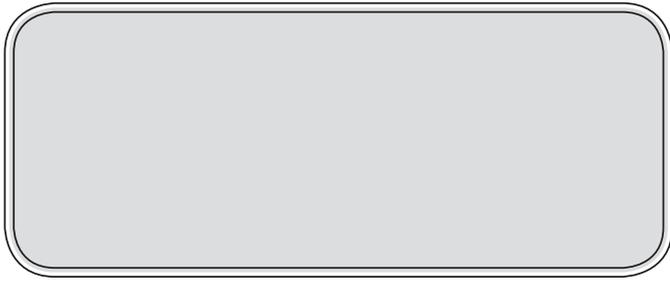
**Винник Юрий Семенович**

доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО  
Красноярский государственный медицинский  
университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,  
Красноярск  
yuvinnik@yandex.ru

**Волков Юрий Михайлович**

доктор медицинских наук, профессор,  
ФГБОУ ВО Красноярский государственный  
медицинский университет  
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск  
volkov\_yu@mail.ru

*Аннотация. Цель исследования:* сравнить эффективность лечения больных с глубокой стеральной инфекцией путём применения традиционного метода и местного применения озона. *Материалы и методы:* под нашим наблюдением за период с 2015 по 2023 год, находилось 50 кардиохирургических больных с клинической картиной глубокой стеральной инфекцией после срединной стернотомии. Большинство из них — 60 % составляли женщины и 40 % — мужчины. На стационарное лечение больные поступали в плановом порядке. Всех больных разделили на 2 группы, сопоставимые по возрасту, полу и тяжести течения заболевания. В первой группе, состоящей из 25 больных, проводилось традиционное лечение. Для антибактериальной терапии по показаниям применяли цефалоспорины третьего поколения. Локальная обработка раны проводилась 0,5 % раствором хлоргексидина и левомикола. Во второй группе, состоящей из 25 пациентов, проводилась ежедневная обработка раны озонированным физиологическим раствором в комплексе с вакуумной терапией. *Результаты:* оценка состояния здоровья пациентов при выписке показывало, что выздоровление отмечалось в 98 % при использовании сочетанного метода лечения глу-



**Введение**

**Л**ечение озоном в сочетании с вакуумной терапией при глубокой стеральной инфекции, по сравнению с традиционным лечением, обеспечивает более легкое течение этого грозного осложнения, снижение длительности стационарного лечения, быстрое восстановление трудоспособности [1,4].

Наиболее целесообразно применять этот метод лечения у больных с тяжелой сопутствующей патологией, ожирением и сахарным диабетом [2,7].

Так же стоит отметить, что на сегодняшний день одной из стратегических задач повышения эффективности здравоохранения является сокращение объемов дорогостоящей стационарной службы [3,6]. В связи с этим особую привлекательность приобретает подход к сокращению объемов госпитальной помощи за счет интенсификации лечебного процесса [8,9]. Так как целью нашего исследования является выяснение эффективности высоких медицинских технологий для определения привлекательности инвестиций (средства бюджета и ОМС) в эту область [5,10]. В частности, рассмотрена эффективность озонотерапии в сочетании с вакуумной терапией в лечении гнойного медиастинита после срединной стернотомии у кардиохирургических больных (высокотехнологичный метод) и традиционного метода лечения на базе Федерального центра сердечно-сосудистой хирургии г. Красноярск.

*Цель исследования:* сравнить эффективность лечения больных с глубокой стеральной инфекцией путём применения традиционного метода и местного применения озона.

**Материалы и методы**

Под нашим наблюдением за период с 2015 по 2023 год, находилось 50 кардиохирургических больных с клинической картиной глубокой стеральной инфекцией после срединной стернотомии. Большинство из них — 60 % составляли женщины и 40 % — мужчины. На стационарное лечение больные поступали в плановом порядке. Всех больных разделили на 2 группы, сопоставимые по возрасту, полу и тяжести течения заболевания. В пер-

вокой стеральной инфекции и в 96,6 % случаев применения традиционного метода. Поскольку опровержения нулевой гипотезы не получено, можно говорить об одинаковом уровне результативности лечения. Поскольку было пролечено 50 больных глубокой стеральной инфекцией, общий размер полезности составил 1,2 QALY или 1,2 сохраненных лет жизни. Или, в пересчете на месяцы — 14 сохраненных месяцев жизни.

*Ключевые слова:* гнойный стерномедиастинит, озонотерапия, вакуум терапия, глубокая стеральная инфекция.

вой группе, состоящей из 25 больных, проводилось традиционное лечение. Для антибактериальной терапии по показаниям применяли цефалоспорины третьего поколения. Локальная обработка раны проводилась 0,5 % раствором хлоргексидина и левомиколя. Во второй группе, состоящей из 25 пациентов, проводилась ежедневная обработка раны озонированным физиологическим раствором в комплексе с вакуумной терапией.

**Результаты исследования**

По всем показателям озонотерапия с вакуумной терапией является более эффективным методом по сравнению с традиционным в лечении глубокой стеральной инфекции в плане поздних осложнений и летальности. Хотя по эффективности они приближаются к 100 % табл.1.

Таблица 1. Результаты лечения глубокой стеральной инфекции

	Традиционный	Озонотерапия + Вакуумная терапия
Количество больных	25	25
Возможность применения, %	55	45
Эффективность, %	100	100
Летальность, %	1,9	0,8
Осложнения, %	1,8	0,9
Сроки лечения в стационаре, дни	34,5	25,6
Общая нетрудоспособность	54–58	48–51
Дискомфорт	Выраженный	Слабый

При сравнении эффектов малоинвазивного и стернотомического вариантов хирургического лечения нельзя исключить зависимость патологического процесса и течения послеоперационного периода от пола, поэтому сравнительный анализ проведен отдельно для мужчин и женщин табл. 2

Расчеты подтвердили достоверность различий всех рассматриваемых в исследовании показателей продуктивности для сочетанного и традиционного методов лечения, кроме результатов оценки состояния при выписке и в отдаленном периоде.

Таблица 2.  
Сравнительная характеристика продуктивности  
сочетанного и традиционного метода лечения  
в зависимости от пола

	Лечение озонотерапией и вакуумной терапией (n – 25)		Традиционный метод лечения (n – 25)	
	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Общая длительность лечения, дни	25,6	24,9	34,5	33,8
Длительность пребывания в реанимации, дни	2,1	2,3	3,2	3,5
Окончательный срок эпителизации раны, дни	20,4	19,8	30,2	29,0

Как видно, вне зависимости от пола длительность лечения при сочетанном методе лечения меньше, чем при традиционном, что достигается за счет значительного сокращения времени пребывания в реанимации и периода от момента оперативного вмешательства до выписки пациента.

Оценка состояния здоровья пациентов при выписке показывает, что выздоровление отмечалось в 98% случаев применения традиционных хирургических вмешательств и в 96,6% — у пролеченных сочетанным методом. Поскольку опровержения нулевой гипотезы не получено, мы можем говорить, по меньшей мере, о равном уровне результативности лечения.

При анализе отдаленных результатов больных разделили на четыре группы:

1. Больные с хорошими отдаленными результатами — лица, которые не предъявляют жалоб, связанных с лечением;
2. Больные с удовлетворительными результатами — лица, у которых наблюдались умеренные постоянные или периодически возникающие боли в области грудины, но интенсивность их была незначительной и не заставляла обращаться за медицинской помощью;
3. Пациенты с посредственными результатами — лица, жаловавшиеся на постоянные или периодически боли в области грудной клетки в области хирургического доступа. Они изредка обращались за медицинской помощью;
4. Пациенты с неудовлетворительными результатами — у которых были постоянные боли и воспалительные симптомы в области хирургического доступа. На дому или в стационаре они получали неотложную медицинскую помощь.

Сравнительная характеристика отдаленных результатов сочетанного метода лечения и традиционного

у больных гнойным стерномедиастинитом представлены в табл. 3.

Таблица 3.  
Сравнительная характеристика отдаленных результатов  
сочетанного и традиционного лечения больных  
гнойным стерномедиастинитом

Результаты, %	Озонотерапия+ Вакуумная терапия	Традиционная терапия
Хороший	90,1	85
Удовлетворительный	7,1	9,7
Посредственный	1,8	1,2
Неудовлетворительный	1	4,1

В сумме хорошие и удовлетворительные результаты при сочетанном методе лечения составили в среднем 97,5%, а при традиционной терапии — 94,7%. Если говорить о неудовлетворительном результате, то при традиционном лечении он составил 4,1%, а сочетанной терапии — 1%. Это связано с операционной травмой, нанесенной больному при стернотомии, и вследствие этого возникновение в отдаленном периоде осложнений в виде гнойного процесса со стороны грудины, что значительно снижает качество жизни.

Таблица 4.  
Сравнительная характеристика продуктивности  
сочетанного лечения и традиционного (дни)  
для мужчин

	Озонотерапия+ Вакуумная терапия	Традицион- ный метод лечения	t-критерий
Общая длительность лечения	25,6 + 5,7	34,5 + 11,2	3,6
Длительность пребывания в ОРИТ	2,1 + 0,2	3,2 + 1,6	3,8
Длительность эпителиза- ции раны	20,4 + 4,4	30,2 + 9,9	3,5

Таблица 5.  
Сравнительная характеристика продуктивности  
хирургического лечение мини-стернотомическим  
и стернотомическим методами (дни)  
для женщин (p < 0,05)

	Озонотерапия+ Вакуумная терапия	Тради- ционное лечение	t-критерий
Общая длительность лечения	24,9 + 5,3	33,8 + 8,2	6,2
Длительность пребывания в ОАИР	2,3 + 0,9	3,5 + 1,4	4,9
Длительность эпителиза- ции раны	19,8 + 4,5	29,0 + 7,0	6,5



Рис. 1. Показатели стационарного лечения глубокой стеральной инфекции для мужчин

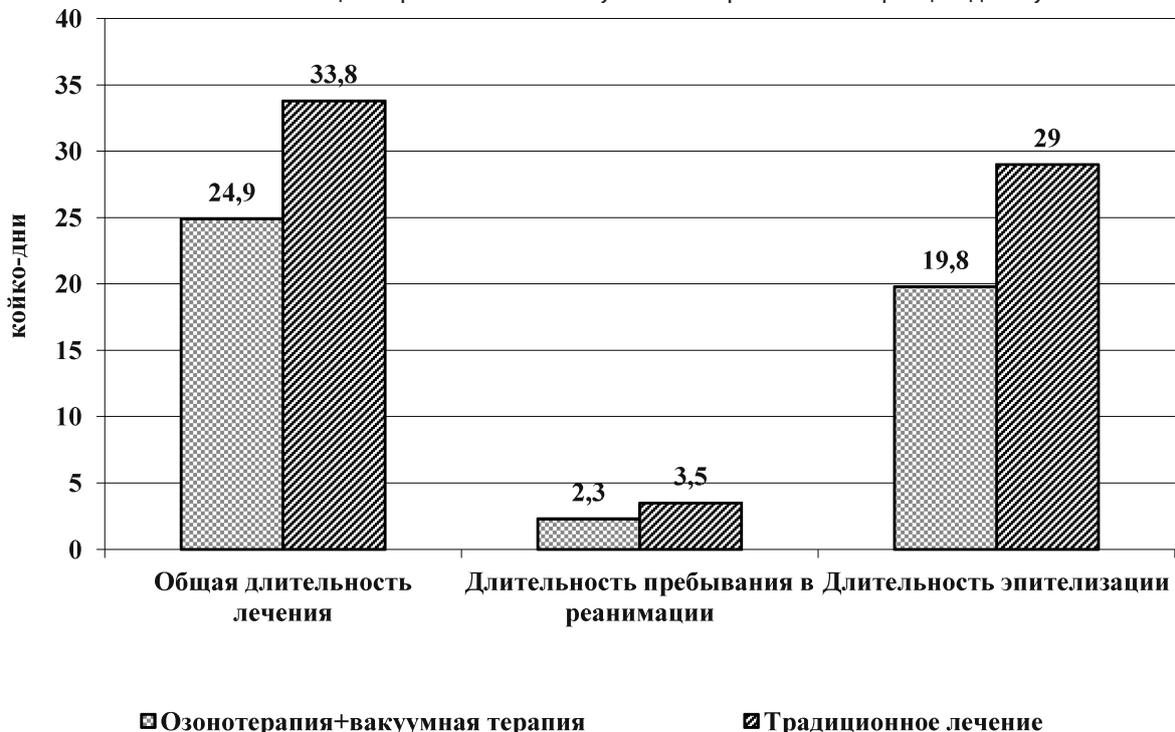


Рис. 2. Показатели стационарного лечения глубокой стеральной инфекции для женщин

Таким образом, сочетанный метод лечения по сравнению с традиционными, позволяет не только сократить сроки пребывания больного в стационаре, но и повысить качество жизни больного в отдаленные сроки после операции.

Проведенные расчеты подтвердили достоверность различий всех рассматриваемых в исследовании показателей продуктивности для сочетанного и традиционного методов лечения кроме результатов оценки состояния при выписке (табл. 4 и 5).

Как видно из таблиц 4 и 5 и рисунков 1 и 2 независимо от пола, длительность лечения при сочетанном лечении меньше, чем при традиционном, что достигается за счет

значительного сокращения пребывания в ОРИТ и периода от момента начала лечения до выписки пациента.

Оценка состояния здоровья пациентов при выписке показывало, что выздоровление отмечалось в 98% при использовании сочетанного метода лечения гнойного стерномедиастинита и в 96,6 % случаев применения традиционного методом. Поскольку опровержения нулевой гипотезы не получено, можно говорить об одинаковом уровне результативности лечения.

Перенеся результаты экспертных оценок качества жизни пациентов из блок-схемы (рис. 3) в формулу получим

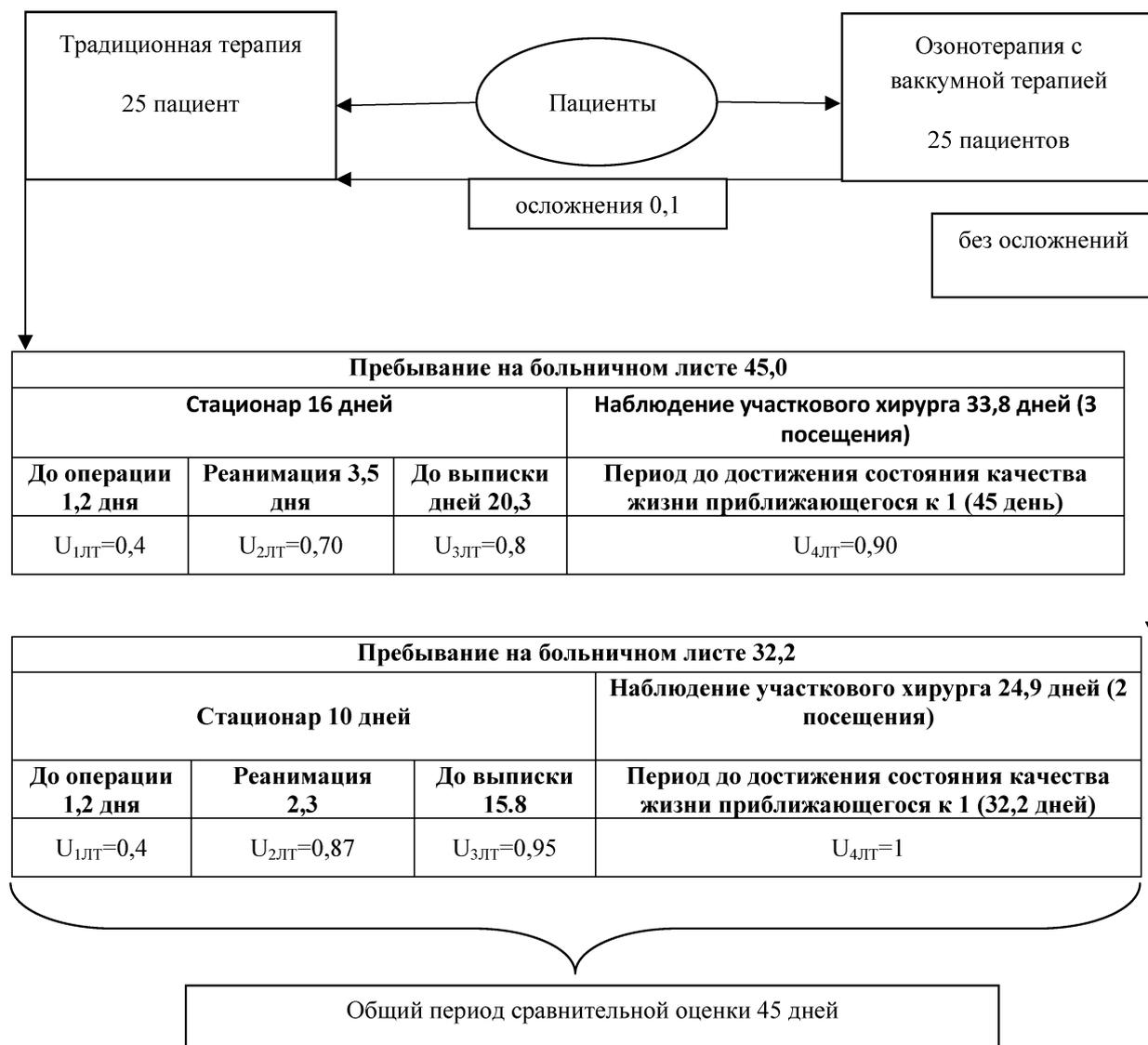


Рис. 3. Блок-схема основных этапов исследование оценки эффективности традиционного метода лечения и озонотерапии с вакуумной терапией

$$E_m = 100 \times (1,2 \times 0,2 + 2,3 \times 0,5 + 19,8 \times 0,8 + 7 \times 0,86 + 30 \times 0,92 + 24,9 \times 0,98) / 365 = 20,6 \text{ QALI}$$

Где:

—  $E_э$  — эффект от лечения озоном в сочетании с вакуумной терапией.

$$E_t = 100 \times (1,2 \times 0,2 + 3,5 \times 0,4 + 29,0 \times 0,7 + 30 \times 0,8 + 45 \times 0,92 + 33,8 \times 0,98) / 365 = 23,0 \text{ QALI}$$

Где:

—  $E_l$  — эффект от традиционного лечения;

Выигрыш от применения высокотехнологичного метода лечения ( $\Delta E$ ) при гнойных медиастинитах рассчитывается как разница между  $E_m$  и  $E_t$  и составит 2,4 QALI на 100 человек.

$$\Delta E = E_m - E_t = 23,0 - 20,6 = 2,4 \text{ QALI на 100 человек.}$$

Поскольку было пролечено 50 больных гнойным стерномедиастинитом, общий размер полезности составил 1,2 QALI или 1,2 сохраненных лет жизни. Или, в пересчете на месяцы — 14 сохраненных месяцев жизни.

### Выводы

Определена целесообразность определения качества жизни у больных гнойным стерномедиастинитом во время лечения и на амбулаторном этапе;

Применение новых технологий в лечении больных глубокой стеральной инфекцией в кардиохирургии оправдано благодаря длительности лечения при равном качестве результатов к моменту выписки и сокращению числа посещений на амбулаторном этапе;

Оценка качества жизни пациентов в процессе лечения и после него показало, что выигрыш от местного применения озона в сочетании с вакуумаспирацией

у больных гнойным стерномедиастинитом, составил 1.2 QALY на 100 человек или — 14 сохраненных месяцев жизни.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский, А.А. Современное многоэтапное хирургическое лечение больных хроническим послеоперационным стерномедиастинитом / А.А. Вишневский, А.А. Печетов // *Практ. мед.* — 2010. — Т. 8, № 47. — С.63–64.
2. Вишневский, А.А. Хирургия грудной клетки / А.А. Вишневский, С.С. Рудаков, Н.О. Миланов // *Руководство.* — М.: Видар, 2005. — С. 143
3. Геник, С.Н. Особенности течения гнойно-некротических процессов при сахарном диабете / С.Н. Геник, Н.Н. Грушецкий // *Хирургия.* — 1993. — №5. — С. 28–31.
4. Кохан, Е.П. Послеоперационные медиастиниты: диагностика и лечение / Е.П. Кохан, А.С. Александров // *Хирургия.* — 2011. — №9. — С. 22–25.
5. Кузин, М.И. Синдром системного ответа на воспаление / М.И. Кузин // *Хирургия.* — 2000. — № 2. — С. 54–59.
6. Маслова, О.В. Эпидемиология сахарного диабета и микрососудистых осложнений / О.В. Маслова, Ю.И. Сунцов // *Сахарный диабет.* — 2011. — №3. — С. 21–25.
7. Медиастинит после кардиохирургических операций / А.Н. Шонбин, Д.О. Быстров, А.С. Заволожин и др. // *Анн.хир.* — 2012. — №4. — С.56–60
8. Назарян, К.Э. Хирургическая профилактика осложнений срединной стернотомии после операций на сердце: автореф. дис. ...канд. мед. наук. — М., 2012. — С. 124.
9. Реконструктивные сосудистые операции у больных сахарным диабетом / А.В. Покровский, О.П. Казанган, Р.С. Ермондюк, и др. // *Вестник АМН СССР.* — 1999. — № 6. — С. 26–30.
10. Bone mineral density and serum biochemical predictors of bone loss in patients with CKD on dialysis / Н.Н. Malluche, D.L. Davenport, T. Cantor, et al. // *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* — 2014. — P. 272–276

---

© Волков Даниил Юрьевич (liner@mail.ru); Сакович Валерий Анатольевич (office@krascor.ru);  
Дробот Дмитрий Борисович; Винник Юрий Семенович (yuvinnik@yandex.ru); Волков Юрий Михайлович (volkov\_ym@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРИТЕТА

**Грызлова Наталия Юрьевна**

Аспирант,

ФГБОУ ВО «Тульский Государственный университет»;  
врач-акушер-гинеколог, женская консультация ГУЗ ГБ №2  
n9424242@mail.ru

**Волков Валерий Георгиевич**

д.м.н., профессор,

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;  
Профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет»;  
valvol@Yandex.ru

**Белова Полина Сергеевна**

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
polina.belova2000@inbox.ru

**Бадаева Алла Анатольевна**

к.м.н., доцент,

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
21091973a@mail.ru

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MEDICAL AND SOCIAL INDICATORS OF WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE DEPENDING ON PARITY

**N. Gryzlova  
V. Volkov  
P. Belova  
A. Badoeva**

*Summary.* The aim of the work is to conduct a comparative analysis of the peculiarities of medical and social indicators of women of reproductive age depending on parity. 272 women (18-35 years old) were examined. Group I (n=123) had a history of 1 or more pregnancies, Group II (n=149) — no pregnancies. In the structure of gynecological diseases in group I, the following were found more often: polycystic ovary syndrome, sexually transmitted infections, cervical ectopia; among somatic pathologies, acute respiratory infections, anemias, diseases characterized by high blood pressure, and breast diseases were more frequent. Conclusion. The presence of pregnancy history increases the frequency of gynecologic and somatic pathology in women.

*Keywords:* reproductive health; reproductive age; reproductive potential; menstrual cycle; contraception; gynecological morbidity.

*Аннотация.* Цель работы — проведение сравнительного анализа особенностей медико-социальных показателей женщин репродуктивного возраста в зависимости от паритета. Обследованы 272 женщины (18–35 лет). I группа (n=123) наличие в анамнезе 1 и более беременностей, II группа (n=149) — отсутствие беременностей. В структуре перенесенных гинекологических заболеваний в I группе достоверно чаще выявлены: синдром поликистозных яичников; инфекции, передающиеся половым путем; эктопия шейки матки; среди соматической патологии чаще встречались острые респираторные инфекции; анемии; болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением; болезни молочной железы. Заключение. Наличие беременности в анамнезе увеличивает частоту гинекологической и соматической патологии у женщин.

*Ключевые слова:* репродуктивное здоровье, репродуктивный возраст, репродуктивный потенциал, менструальный цикл, контрацепция, гинекологическая заболеваемость.

### Введение

У современного поколения женщин ряд авторов отмечает устойчивую тенденцию к смене семейных ценностей, приоритета материнства на индивидуализм, карьеризм, профессиональную реализацию и материальное благосостояние. Исследование репродуктивного здоровья выступает первоочередной задачей концепции демографической политики России с 2007–2025 гг., позволяя определить факторы, не только оказывающие непосредственное воздействие, но и предугадывающие сценарии репродуктивного поведе-

ния настоящего и последующего поколений [1, 2]. Неблагоприятный для региона комплекс низкой рождаемости и высокой смертности формирует актуальность проблемы [3, 4].

Целью исследования является проведение сравнительного анализа особенностей медико-социальных показателей у женщин в зависимости от паритета.

### Материалы и методы

В данное исследование были включены 272 женщины репродуктивного возраста, проходившие осмотр

врача акушера-гинеколога в период с 2021 по 2022 г. Для формирования выборки использовали специально разработанный анкетный бланк, содержащий 69 вопросов и разделенный на 8 разделов. Сформировано 2 группы в зависимости от наличия беременности в анамнезе. I группа (n=123) — в анамнезе 1 и более беременностей, II группа (n=149) — отсутствие беременностей.

Участие в проведенном анкетировании было добровольным и анонимным.

**Критерии включения** женщин в основную группу: возраст участниц от 18 до 35 лет, наличие беременностей/родов в анамнезе, добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Критерии включения** женщин в группу контроля: возраст участниц от 18 до 35 лет, отсутствие беременностей/родов в анамнезе, добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Критерии исключения:** возраст менее 18 или более 36 лет, отказ от участия в исследовании, проживание вне региона.

Все процедуры, выполненные в представленной работе, соответствовали этическим стандартам Хельсинкской декларации 1964 г., ее последующим изменениям и сопоставимым нормам этики. *Статистическая обработка данных.* Примененные методы описательной статистики включали расчёт: средних значений, стандартных отклонений, медиан, интерквартильных интервалов для переменных числового типа, абсолютных (n) и относительных (%) частот для категориальных и бинарных переменных. В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>). Приведенные расчеты и графические изображения выполнены с помощью пакета прикладных компьютерных программ Statistica версия 10.0 StatSoft., США 2011 г.

### Результаты

На основании изучения анамнестических данных из анкеты медиана возраста у пациенток I группы составила 30 лет (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 27–33), во II — 25,54 (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 20–28), p=0,02.

При ответе на блок вопросов, посвященных менструальному циклу, установлено, что средний возраст вступления в менархе I группы составил 13,05 лет (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 9–17), а во II — 12,98 (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 10–16) (p=0,783).

Средняя продолжительность менструального цикла среди обследованных I группы — 28,84 (21–40), II — 30 (21–59) дней (p=0,7). В I группе средняя продолжительность

менструации составила 5,39 (3–8) дней, а II — 5,32 (3–7) (p=0,987).

Другие характеристики менструального цикла представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика менструального цикла (абс/%)

Характеристика менструального цикла	I группа (n=123)	II группа (n=149)	$\chi^2$	p
Обильные	35/28,5	33/22,1	1,43	0,238
Скудные	15/12,1	11/7,4	1,805	0,179
Наличие задержек	21/17,1	31/20,8	0,607	0,044
Болезненные	44/36,3	68/45,64	2,207	0,1

Длительность менструального цикла у 96,75 % опрошенных в I и у 91,95 % во II группах в пределах нормы (от 21 до 35 суток). Более 35 дней у 3,25 % в I группе и у 8,05 % во II ( $\chi^2 = 2,006$ , p = 0,157). Среднее время вступления в половую жизнь у респонденток I группы составило 18,06 лет (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 16–24), а II группы — 18,0 (Q<sup>1</sup>–Q<sup>3</sup>: 15–20) (p=0,847).

Презерватив как основной метод контрацепции использовали: 68 (55,28 %) в I группе и 53 (35,5 %) во II ( $\chi^2 = 10,604$ , p = 0,001); оральные контрацептивы: 23 (18,7 %) и 28 (18,8 %) соответственно. Обращает внимание, что среди обследуемых никто не использовал внутриматочную контрацепцию, кроме того, отсутствовали указания на применение других методов.

Структура гинекологических заболеваний представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Перенесенные гинекологические заболевания (абс/%)

Гинекологические заболевания	I группа (n=123)	II группа (n=149)	$\chi^2$	p
Синдром поликистозных яичников	29/23,6	18/12,1	6,231	0,013
Инфекции, передающиеся преимущественно половым путем	24/19,8	13/8,7	6,671	0,01
Эктопия шейки матки	27/22,3	8/5,4	16,52	0,0001
Воспалительные заболевания органов малого таза	17/13,8	7/4,7	6,971	0,008
Эндометриоз	11/8,9	7/4,7	1,965	0,161
Лейомиома матки	7/5,8	4/2,7	0,232*	0,2103

Примечание: \* — точный двусторонний критерий Фишера

У I и II группы респонденток среди соматической патологии преобладают острые респираторные инфекции

верхних дыхательных путей, болезни органов пищеварения и крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм (табл.3).

Таблица 3.

Соматическая патология (абс/%)

Соматическая патология	I группа (n=123)	II группа (n=149)	$\chi^2$	p
Острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей	35/28,46	24/16,1	6,048	0,014
Грипп и пневмония	8/6,6	5/3,4	0,262*	0,226
Болезни органов пищеварения	29/23,58	19/12,8	5,433	0,035
Анемия	20/16,26	8/5,37	8,655	0,003
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	19/15,7	11/7,38	4,466	0,035
Болезни мочеполовой системы	16/13,0	12/8,0	1,791	0,181
Болезни молочной железы	16/13,2	5/3,4	0,003*	0,003
Болезни щитовидной железы	10/8,3	8/5,37	0,831	0,362
Болезни нервной системы	9/7,32	8/5,37	0,436	0,509
Болезни системы кровообращения	6/4,4	2/1,34	0,146*	0,086

Примечание.\* — точный двусторонний критерий Фишера

Структура факторов риска представлена в таблице 4.

Таблица 4.

Факторы риска (абс/%)

	I группа (n=123)	II группа (n=149)	$\chi^2$	p
Курение	15/12,2	19/12,75	0,019	0,890
Алкоголь	35/28,46	39/26,17	0,177	0,675
Спорт	55/53,66	48/32,2	4,475	0,035
Вредные привычки	—	1/0,67	0,21*	0,832

Примечание.\* — точный двусторонний критерий Фишера

Среди факторов риска лидирующие позиции заняли такие вредные привычки, как употребление алкоголя и курение. Кроме того, значимых различий между ними в обеих группах нет. Примечательно, что женщины репродуктивного возраста в I группе больше занимались спортом по сравнению со II.

### Обсуждение

Выявленные в ходе проведенного исследования различия между двумя группами пациенток могут выступать факторами, оказывающими влияние на репродуктивное здоровье. Исходя из данных анамнеза, следует, что II группа представлена респондентками более мо-

лодого возраста, чем I группа. Подобная тенденция к откладыванию рождения детей с момента начала половой жизни у современного поколения женщин служит одной из предпосылок сложившейся ситуации в стране [5, 6, 7]. Её основными причинами становятся эмансипация и внесемейные ценности: профессиональная реализация, карьера и материальное благосостояние [6].

Значимых различий в возрасте вступления в менархе, продолжительности менструации у 2-х групп не обнаружено. Однако, такие характеристики, как наличие задержек и дисменорея выявлены преимущественно у представительниц II группы. По данным литературы, на наличие болезненных ощущений во время цикла указывают 59,9 % опрошенных [8].

В последние десятилетия на территории России отмечается увеличение среднего возраста начала половой жизни (от 15,8 до 16,2 лет) [9,10]. Наше исследование данную точку зрения подтверждает. Приоритеты контрацептивного поведения респонденток обеих групп совпадают. В качестве основных методов предпочтение отдавалось презервативам и оральным контрацептивам, что согласуется с результатами иных исследователей [11]. Кроме того, снижение применения таких неэффективных методов, как прерванный половой акт и «безопасные дни» отмечается и в трудах других авторов [12]. Итоги проводимого исследования подтверждают сведения как отечественных, так и зарубежных исследователей, о том, что частота инфекций, передаваемых половым путем, в том числе социально значимых инфекций, таких как сифилис, гонорея и ВИЧ-инфекция, не имеет тенденции к снижению [13, 14]. Гендерное поведение риска, обусловленное низким уровнем репродуктивных и контрацептивных знаний, неизбежно приводит к гинекологической заболеваемости у молодых женщин и опосредованным отрицательным эффектам на качество демографического потенциала популяции [7]. У обеих групп она идентична: синдром поликистозных яичников, эктопия шейки матки. В развитии многих доброкачественных и предраковых заболеваний шейки матки играет роль травма, полученная во время родов или вследствие искусственных абортов [15]. Возможно этим можно объяснить высокую частоту заболеваний шейки матки в I группе. Среди этиологических факторов женского бесплодия и невынашивания беременности ученые указывают значительное влияние воспалительных заболеваний органов малого таза и эндометриоза, хронического эндометрита [16, 17].

У I группы по сравнению со II выше частота выявления соматической патологии, что согласуется с данными литературы [18]. В РФ на протяжении значительного периода времени регистрируется высокая частота анемии, осложняющей беременность, деторождение и послеродовой период. В среднем за период 2007–2015 гг. часто-

та анемии в Тульской области при беременности составила  $26,9 \pm 3,0$  %, в родах  $214,6 \pm 27,0$  на 1000 родов [19].

Установлено, что перечень таких вредных факторов, как табакокурение, алкоголизм, чрезмерные психоэмоциональные нагрузки (стресс), гиподинамия оказывает существенное влияние на формирование половых клеток [20]. У женщин репродуктивного возраста, принявших участие в нашем исследовании, в равной степени отмечено употребление алкогольных напитков и курение. Плавный восходящий тренд роста доли курящих

женщин в активном детородном возрасте 26–45 лет (с 4,1 % в 1994 г. до 21,1 % в 2019 г.), прирост доли употреблявших алкогольные напитки за этот временной промежуток составил 16,7 % [21].

### Заключение

Наличие беременности в анамнезе увеличивает частоту гинекологической и соматической патологии у женщин.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гладкая, В.С. Современные тенденции репродуктивного здоровья и репродуктивного поведения женского населения в России / В.С. Гладкая, В.Л. Грицинская, Н.Н. Медведева // *Мать и дитя в Кузбассе*. — 2017. — № 1(68). — С. 10–15.
2. Лунева И.С., Иванова О.Ю., Хардилов А.В., Иванова Т.С., Абросимова Н.В. Демографические показатели рождаемости и медико-социальное влияние на них. *Журнал акушерства и женских болезней*. — 2017. — №66(2). — С. 40–48. DOI.org/10.17816/JOWD66240-48
3. Сурвилло, Е.В. Исследование репродуктивного поведения студенток вузов / Е.В. Сурвилло // *Репродуктивное здоровье детей и подростков*. — 2016. — № 3. — С. 49–50.
4. Волков, В.Г. Основные причины материнской смертности в Тульской области в XXI в / В.Г. Волков, Н.Н. Гранатович // *Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение*. — 2017. — № 2(16). — С. 10–14. — EDN YPQBRV
5. Белова О.Г. Социологические аспекты репродуктивного поведения молодежи // *Репродуктивное здоровье детей и подростков*. 2013. № 2 (49). С. 59\_65.
6. Шелехов, И.Л. Анализ факторов, определяющих демографическую ситуацию в Сибирском федеральном округе / И.Л. Шелехов, О.Г. Берестнева, Ю.В. Ясюкевич // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. — 2013. — № 3-1(91). — С. 131–135. — EDN RDFIJR.
7. Фролова Н.И., Белокриницкая Т.Е. Белозерцева Е.П., Лопатина Д.В. // *Гинекологическая заболеваемость молодежи как медико-социальная и демографическая проблема / Репродуктивное здоровье детей и подростков*. — 2015. — № 1. — С. 17–23.
8. Попова, Н.М. Анализ репродуктивного здоровья студенток Ижевской государственной медицинской академии / Н.М. Попова, Д.Л. Жукова, А.С. Шамарова // *ModernScience* — 2020. — Т. 3. — № 3. — С. 167–181.
9. Уварова, Е.В. Медико-социальные аспекты репродуктивного здоровья современных девочек России/Е.В. Уварова//*Репрод. здоровье детей и подростков*. — 2006. — №4. — С. 10–15
10. Колпакова, О.И. Ранний сексуальный дебют как предиктор рискованного сексуального поведения у молодежи / О.И. Колпакова, А.И. Любимова // *Теория и практика общественного развития*. — 2016. — № 1. — С. 21–24.
11. Масленников А.В., Ящук А.Г., Мингареева К.Н. [и др.] Модель репродуктивного поведения лиц раннего репродуктивного возраста // *Медицинский вестник Башкортостана*. — 2022. — Т. 17. — № 4 (100). — С. 17–22.
12. Армашевская, О.В. Современные приоритеты контрацептивного поведения российских женщин трудоспособного возраста (по данным выборочного исследования) / О.В. Армашевская, Т.А. Соколовская, А. Ш. Сененко // *Акушерство и гинекология*. — 2021. — № 1. — С. 164–169. — DOI 10.18565/aig.2021.1.164-169.
13. Рахматулина, М.Р. Инфекции, передаваемые половым путем, и их влияние на репродуктивное здоровье детей и подростков / М.Р. Рахматулина, А.А. Шашкова // *Вестник дерматологии и венерологии*. — 2013. — № 4. — С. 30–37. — EDN RAENKV.
14. Fontenot NB, George ER. Sexually transmitted infections in pregnancy. *Nurs Womens Health*. 2014; 18 (1): 67\_72. doi: 10.1111/1751-486X.12095.
15. Рубцовая деформация шейки матки. Современный взгляд на проблему / С.Н. Буянова, Н.А. Щукина, Е.И. Петросян [и др.] // *Российский вестник акушера-гинеколога*. — 2019. — Т. 19, № 4. — С. 29–36. — DOI 10.17116/rosakush20191904129. — EDN YJQJW.
16. Зароченцева Н.В., Аршакян А.К., Меньшикова Н.С. Воспалительные заболевания органов малого таза у женщин (обзор литературы) // *Гинекология*. 2013. Т. 15, № 4. С. 65\_69.
17. Волков В.Г., Ахильгова З.С. Факторы риска ранних потерь беременности // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2020. №1. Публикация 1-11. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-1/1-11.pdf> (дата обращения 26.02.2020). DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16597
18. Нацун, Л.Н. Здоровье женщин репродуктивного возраста / Л.Н. Нацун // *Society and Security Insights*. — 2020. — Т. 3, № 3. — С. 167–181. — DOI 10.14258/ssi(2020)3-12. — EDN DXJVLW.
19. Волков, В.Г. Анемия в структуре региональной экстрагенитальной патологии беременных и рожильниц / В.Г. Волков // *Проблемы женского здоровья*. — 2017. — Т. 12. — № 1. — С. 40–45.
20. Курение как фактор риска неразвивающейся беременности / А.А. Олина, Т.А. Метелева, Г.К. Садыкова, Т.П. Шевлюкова // *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. — 2018. — Т. 17, № 5. — С. 35–39. — DOI 10.20953/1726-1678-2018-5-35-39. — EDN YSRBKP.
21. Вяльшина, А.А. Распространение курения и употребления алкоголя среди сельского населения России / А.А. Вяльшина // *Социальные аспекты здоровья населения*. — 2021. — Т. 67. — № 5. DOI 10.21045/2071-5021-2021-67-5-8.

## ПОСЛЕДСТВИЯ КОВИДА У НОВОРОЖДЕННЫХ

CONSEQUENCES OF COVID  
IN NEWBORNS

**I. Zhetisheva  
L. Logvina  
K. Iosipchuk  
M. Kalmykova  
S. Qouteshat**

*Summary.* The new coronavirus infection (COVID-19) has become one of the most widespread pandemics of this century. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection is of particular importance among vulnerable categories of citizens, including pregnant women. The effect of the virus on the body of pregnant women is not fully understood: some researchers note pronounced clinical symptoms in newborns; others register an asymptomatic course. The issues discussed in the article confirm the high relevance of the problem of the health of children born to mothers who have had COVID-19, which poses new challenges for scientists to identify the features of observation, diagnosis, therapy and prevention of pathological conditions in newborns.

*Keywords:* COVID-19, newborns, severe acute respiratory syndrome, fetus, complications.

## Введение

**К**оронавирус 2 тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV-2), возникший в Ухане (провинция Китая) распространился по всему миру, превратившись в самую страшную пандемию столетия.

SARS-CoV-2 является третьим видом коронавируса, вызывающим тяжелую пневмонию, после коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV) и коронавируса ближневосточного респираторного синдрома (MERS-CoV) [1].

Всемирная организация здравоохранения 11 марта 2020 года объявила инфекцию COVID-19 пандемией [2]. Этот высококонтагиозный новый коронавирус, которым заразилось около 572 миллионов человек в мире, стал причиной 6 390 401 смерти [3].

**Жетишева Ирина Салиховна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Кабардино-Балкарский Государственный Университет  
rashid.zhetishev@yandex.ru

**Логвина Лариса Леонтьевна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Кабардино-Балкарский Государственный Университет

**Иосипчук Карина Олеговна**

Старший преподаватель, Кабардино-Балкарский  
Государственный Университет  
karina.iosipchuk@yandex.ru

**Калмыкова Марианна Магомедовна**

Кандидат медицинских наук, ассистент,  
Кабардино-Балкарский Государственный Университет  
dorogova\_1968@mail.ru

**Кутешат Султан Абдулла Ибрагим**

Врач-ординатор, ассистент,  
Кабардино-Балкарский Государственный Университет  
Sultan.qutishat@mail.ru

*Аннотация.* Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) стала одной из самых распространенных пандемий настоящего столетия. Особое значение инфекция коронавируса 2 тяжелого острого респираторного синдрома имеет у уязвимых категорий граждан, среди которых беременные женщины. Влияние вируса на организм беременных женщин до конца не выяснено: одни исследователи отмечают выраженную клиническую симптоматику у новорожденных; другие — регистрируют бессимптомное течение. Вопросы, обсуждаемые в статье, подтверждают высокую актуальность проблемы состояния здоровья детей, родившихся от матерей, перенесших COVID-19, что ставит перед учеными новые задачи по выявлению особенностей наблюдения, диагностики, терапии и профилактики патологических состояний у новорожденных.

*Ключевые слова:* COVID-19, новорожденные, тяжелый острый респираторный синдром, плод, осложнения.

Особенно опасны случаи заражения COVID-19 в уязвимых категориях граждан, среди которых — беременные женщины. Они более восприимчивы к инфекционным заболеваниям в третьем триместре беременности, который является критическим периодом из-за изменений в иммунной системе и в физиологии легких (повышенное респираторное сопротивление).

Несколько исследований продемонстрировали осложнения у плода при инфекции SARS-CoV-2 у матери, включая преждевременные роды по медицинским показаниям, задержку роста и выкидыш [4,5].

Учитывая гиперкоагуляцию, наблюдаемую у пациентов с COVID-19, предполагается, что эти осложнения у плода связаны с нарушением перфузии в плацентарной сосудистой сети матери и/или плода и возможными тромботическими изменениями. Противоречивые дан-

ные в вопросе влияния инфекции SARS-CoV-2 на физиологию беременности, плаценту и возникающие в результате осложнения у плода, требуют детального изучения для развития персонализированного подхода в ведении новорожденных.

*Цель работы* — анализ литературных данных по вопросу последствий COVID-19 у новорожденных.

Уровень передачи SARS-CoV-2 оценивается в 1,9 на 100 беременностей. По данным национального реестра перинатальных случаев COVID-19 Американской академии педиатрии (AAP-SONPM), а также Британского реестра исходов беременности и состояния новорожденных при COVID-19 (PAN-COVID) на основании данных 4005 беременных женщин было обнаружено, что показатели вертикальной передачи составляют 1,8 % и 2,0 % в реестрах в США и Великобритании соответственно.

Постнатальная передача SARS-CoV-2 является причиной большинства инфекций, зарегистрированных у новорожденных. Инфекция SARS-CoV-2 во время беременности потенциально может повлиять на здоровье плода и новорожденных через различные механизмы: увеличение частоты преждевременных родов, плацентарную инфекцию, приводящей к нарушению газообмена и обмена питательных веществ.

В настоящее время существует много споров относительно возможности вертикальной передачи SARS-CoV-2 от матери к ребенку [6]. Так, в некоторых исследованиях авторами не была обнаружена вирусная РНК в околоплодных водах, пуповинной крови, крови новорожденных или спинномозговой жидкости, меконии и тканях плаценты [7, 8, 9]. У многих младенцев симптомы появились в неонатальном периоде, а не сразу при рождении, поэтому точное время заражения остается неопределенным.

Другими исследователями было обнаружено РНК вируса в плацентарной ткани (преимущественно в синцитиотрофобластах) с помощью электронной микроскопии [10,11].

Гистопатологические особенности плацентарной инфекции SARS-CoV-2 во втором и третьем триместре неоднородны, демонстрируют различную степень воспаления и нарушение сосудистой перфузии, преимущественно со стороны матери. Сосудистая мальперфузия плацентарного ложа при COVID-19 может быть результатом системного воздействия SARS-COV2 на сосудистую систему матери и/или инвазии вируса в плаценту. Плацентарная инфекция SARS-CoV-2 способствует интенсивному воспалению межворсинчатого пространства, нарушая функцию плаценты.

Кроме того, в некоторых работах было отмечено, что тяжелая инфекция плаценты SARS-CoV-2 может спровоцировать воспалительную реакцию плода, приводящую к повреждению органов и порокам развития [12].

Так, у инфицированных новорожденных, определенных с помощью ПЦР, наблюдаются типичные симптомы легкой и умеренной степени тяжести, связанные с SARS-CoV-2, включая кашель, респираторный дистресс, лихорадку и пневмонию; в некоторых клинических случаях симптомы отсутствовали [13].

Новорожденные с симптомами обычно выздоравливают в течение одной-двух недель без каких-либо последующих сообщений о негативных последствиях для здоровья, хотя долгосрочное наблюдение в настоящее время отсутствует.

В исследовании, проведенном в Нью-Йорке, сравнивались клинические особенности и исходы у новорожденных с лихорадкой в возрасте до 57 дней в марте и апреле 2018, 2019 и 2020 годов было обнаружено, что новорожденные, инфицированные SARS-CoV-2, чаще проявляли вялость, трудности с кормлением; имели отклонения в лабораторных показателях: более низкое количество лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов по сравнению с новорожденными с лихорадкой, у которых тест на SARS-CoV-2 был отрицательным [14].

В отчете из Швеции было также показано легкое течение заболевания: из 21 младенца, у которого неонатальный тест на SARS-CoV-2 оказался положительным, ни у одного не было врожденной пневмонии, и ни у кого не было заболеваний, четко связанных с SARS-CoV-2. Nassoun A. et al. обнаружили, что ни один из 48 новорожденных, инфицированных SARS-CoV-2, о которых сообщалось и которые наблюдались в педиатрических отделениях неотложной помощи в Нью-Йорке, не нуждался в кислородной терапии или не страдал респираторным дистрессом [15], а Mithal et al. также показали, что ни один инфицированный новорожденный не нуждался в респираторной поддержке или интенсивной терапии в крупном медицинском центре в Чикаго [16]. В некоторых работах сообщалось о бессимптомном течении заболевания у новорожденных [17].

В совокупности имеющаяся, хотя и ограниченная, литература по исходам неонатальной инфекции SARS-CoV-2 указывает на то, что новорожденные заражаются редко и часто имеют легкие симптомы.

### Вывод

Данные об эпидемиологических и клинических особенностях COVID-19 у новорожденных ограничены. Существующая информация подтверждает факт того, что неонатальный COVID-19 имеет относительно доброкачественное течение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A review of newborn outcomes during the COVID-19 pandemic / MH Kyle, ME Glassman, A Khan, et al. // *Semin Perinatol.* — 2020; — Vol. 44, № 7. — P. 151286.
2. Asymptomatic COVID-19 infection in late pregnancy indicated no vertical transmission / Lu D, Sang L, Du S, et al. // *J Med Virol.* — 2020. — № 92. — P. 1660–1664.
3. Organization WH: Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. World Health Organization. 2022. <https://covid19.who.int/>
4. Dashraath P, Wong JJJ, Lim MXK, Lim LM, Li S, Biswas A, et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic and pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;222:521–31.
5. Sentilhes L, De Marcillac F, Jouffrieau C, Kuhn P, Thuet V, Hansmann Y, et al. Coronavirus disease 2019 in pregnancy was associated with maternal morbidity and preterm birth. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;223:914.e1–914.e15.
6. Ryan, L., Plötz, F.B., van den Hoogen, A. et al. Neonates and COVID-19: state of the art. *Pediatr Res* 91, 432–439 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41390-021-01875-y>
7. Baud D., Greub G., Favre G., Gengler C., Jaton K., Dubruc E. et al. Second-trimester miscarriage in a pregnant woman with SARS-CoV-2 infection. *JAMA*, 2020, vol. 323(21), pp. 2198–2200. DOI: 10.1001/jama.2020.7233.
8. Huijun Chen, Juanjuan Guo et al. Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records. *Lancet*, 2020, vol. 395(10226), pp. 809–815. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30360-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30360-3). 24.
9. Kalafat E., Yaprak E., Cinar G., Varli B., Ozisik S., Uzun C. et al. Lung ultrasound and computed tomographic findings in pregnant woman with COVID-19. *Ultrasound Obstet Gynecol.*, 2020, vol. 55(6), pp. 835–837. DOI: 10.1002/uog.22034
10. Vivanti, A. J. et al. Transplacental transmission of SARS-CoV-2 infection. *Nat. Commun.* 11, 3572 (2020).
11. Patané, L. et al. Vertical transmission of coronavirus disease 2019: severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA on the fetal side of the placenta in pregnancies with coronavirus disease 2019-positive mothers and neonates at birth. *Am. J. Obstet. Gynecol. Mfm.* 2, 100145 (2020).
12. Cheng Y, Teng H, Xiao Y, Yao M, Yin J and Sun G (2021) Impact of SARS-CoV-2 Infection During Pregnancy on Infant Neurobehavioral Development: A Case-Control Study. *Front. Pediatr.* 9:762684. doi: 10.3389/fped.2021.762684
13. Patané L, Morotti D, Giunta MR. Vertical transmission of COVID-19: SARS-CoV-2 RNA on the fetal side of the placenta in pregnancies with COVID-19 positive mothers and neonates at birth. *Am J Obstetrics Gynecol MFM.* 2020
14. Leibowitz J, Krief W, Barone S, et al.. Comparison of clinical and epidemiologic characteristics of young febrile infants with and without severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 infection. *J Pediatr* 2021; 229:41–47.e1. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar] Reports on outcomes in newborns infected with SARS-CoV-2 in a medical center in New York. Unique in that it compares febrile infants seen in the medical center across the years 2018, 2019, and 2020, allowing for investigation of differences in newborn presentation of SARS-CoV-2 versus other viruses.
15. Hassoun A, Dahan N, Kelly C. A case series of SARS-CoV-2 RT-PCR-positive hospitalized infants 60 days of age or younger from 2 New York City Pediatric Emergency Departments. *Clin Pediatr* 2021; 60:247–251.
16. Mithal LB. SARS-CoV-2 infection in infants less than 90 days old / LB Mithal, KZ Machut, WJ Muller, LK Kocielek // *J Pediatr.* — 2020. — № 224. — P. 150–152.
17. Neonatal late onset infection with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 / Buonsenso D, Costa S, Sanguinetti M, et al. // *Am J Perinatol.* — 2020. — №37. — P. 869–872.

© Жетишева Ирина Салиховна (rashid.zhetishev@yandex.ru); Логвина Лариса Леонтьевна; Иосипчук Карина Олеговна (karina.iosipchuk@yandex.ru); Калмыкова Марианна Магометовна (dorogova\_1968@mail.ru); Кутешат Султан Абдулла Ибрагим (Sultan.qutishat@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ДВУХЛЕТНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ БРАДИАРИТМИЯМИ, ИМЕЮЩИХ ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ДИСФУНКЦИЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА

## TWO-YEAR RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH BRADYARRHYTHMIAS WITH RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF PACEMAKER DYSFUNCTION

**S. Kadyraliev  
A. Faibushevich  
D. Maximkin**

*Summary.* Along with a significant increase in the implantation of permanent pacemakers, the frequency of their dysfunctions increases in direct proportion, while the question of treatment tactics for such patients always raises a large number of questions in the long-term observation period. In this article, the long-term results (24 months) of surgical treatment of patients with bradiarrhythmias with risk factors for the development of permanent pacemaker dysfunction were evaluated. All patients were operated using the proposed and improved measures for the prevention of dysfunction. Surgical treatment of patients with bradiarrhythmias with risk factors for the development of pacemaker dysfunction, operated with the use of the proposed preventive measures, has shown high efficiency in reducing the frequency of their occurrence.

*Keywords:* pacemaker, implantation of an pacemaker, dysfunction of the pacemaker system, measures for the prevention of dysfunctions, bradiarrhythmias.

**Кадыралиев Саматбек Орозбекович**

Аспирант, ФГАОУ «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», (Москва)  
samatbekkadyraliev@mail.ru

**Файбушевич Александр Георгиевич**

к. м. н., доцент, ФГАОУ «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», (Москва)  
faibushevich.a@gmail.com

**Максимкин Даниил Александрович**

к. м. н., доцент, ФГАОУ «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», (Москва)  
danmed@bk.ru

*Аннотация.* Вместе со значительным ростом имплантаций постоянных электрокардиостимуляторов, прямо пропорционально возрастает и частота развития их дисфункций, при этом вопрос о тактике лечения таких пациентов, всегда вызывает большое количество вопросов в отдаленном периоде наблюдений. В данной статье оценили отдаленные результаты (24 месяцев) хирургического лечения больных брадиаритмиями, имеющих факторы риска развития дисфункций постоянного электрокардиостимулятора. Все пациенты оперированы с использованием предложенных и усовершенствованных мер профилактики дисфункций. Хирургическое лечение больных брадиаритмиями, имеющих факторы риска развития дисфункций электрокардиостимулятора, оперированных с применением предложенных мер профилактики, показало высокую эффективность в снижении частоты их возникновения.

*Ключевые слова:* электрокардиостимулятор, имплантация электрокардиостимулятора, дисфункция системы электрокардиостимулятора, меры профилактики дисфункций, брадиаритмии.

### Введение

Несмотря на различные методы защиты от внешних воздействий, применяемые на производстве современных кардиостимуляторов, существуют множество причин, которые приводят к возникновению дисфункций системы ЭКС в послеоперационном периоде, сопровождающиеся различными неблагоприятными клиническими исходами [1, 2].

Термин «дисфункция системы ЭКС», чаще всего, подразумевает возникший дефект устройства или проблему, который может быть устранен при его перепрограммировании или замене [1, 3]. Однако нарушения функции системы могут быть связаны также с повреждением электродов, их структурными или механическими неполадками, исходными проблемами на уровне контакта между электродом и миокардом, которые в большей

степени, можно отнести к физиологическим, а не к механическим нарушениям. Кроме того, дисфункция системы ЭКС может быть результатом неадекватного программирования параметров стимуляции, несоответствующего физиологическим потребностям пациента [4, 5].

В отличие от осложнений имплантации ЭКС, которые изучены достаточно подробно, дисфункциям системы ЭКС в литературе посвящены лишь единичные работы. Тем не менее, известно, чем больше срок имплантации кардиостимулятора, тем больше риск возникновения его дисфункций, ухудшающих качество жизни пациентов с имплантированным ЭКС [6, 7]. В то же время, отмечено, что сами по себе осложнения, которые возникли в раннем послеоперационном периоде, в свою очередь, могут быть серьезным субстратом для развития дисфункций системы ЭКС в отдаленном периоде наблюдения. Однако данный вопрос является крайне малоизучен-

ным, в связи с чем, не разработаны четких мер профилактики дисфункций у таких пациентов [8, 9].

Хирургические факторы тоже значительно влияют на возникновение различных дисфункций в отдаленном периоде. Например, если свободная часть предсердного электрода провисает в предсердии до устья трикуспидального клапана, что нередко сопровождается нарушением его замыкательной функции и может привести к дислокации желудочкового электрода или повреждению его изолирующего слоя через длительное время [10].

Хорошо известно, что дисфункции системы ЭКС в значительной степени негативно влияют на морфофункциональные показатели миокарда и ухудшают течение хронической сердечной недостаточности (ХСН) [11]. В связи с чем, перед хирургом, а также кардиологом, наблюдающим пациента, стоит важная задача, правильно оценить работу устройства и уметь своевременно диагностировать возникшую дисфункцию [12, 13].

Также известно, что правильное программирование ЭКС позволяет продлить срок их службы, а также существенно влияет на качество жизни больного. При этом следует отметить, часто электрокардиостимуляторы не вырабатывают гарантийного срока эксплуатации, из-за погрешностей в программировании, а также несвоевременного мониторинга параметров стимуляции медицинским персоналом в отдаленном периоде [14, 15].

Учитывая изложенное, основной целью представленного исследования, является повышение эффективности лечения больных брадиаритмиями, путем выявления факторов риска дисфункций системы ЭКС на дооперационном периоде и разработки возможных мер профилактики, с последующей оценкой отдаленных результатов лечения.

## Материалы и методы

Исследование выполнено на клинической базе кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии, в Центральной клинической больнице «РЖД-Медицина».

**Критерии включения:** пациенты с различными формами брадиаритмий.

**Критерии исключения из исследования:** острые инфекционно-воспалительные заболевания сердца (эндокардит, миокардит, перикардит), первичные тахиаритмии (синдром удлиненного и укороченного интервала QT, катехоламинергическая желудочковая тахикардия, синдром Бругада, идиопатическая фибрилляция желудочков), недостаточность кровообращения IV ФК по NYHA, пациенты с постоянной формы фибрилляции

предсердий, нуждающиеся в имплантации ЭКС с режимом стимуляции VVI и VVIR.

Исследование состояло из двух этапов. На I этапе ретроспективно изучены истории болезни и амбулаторные карты 948 пациентов с различными формами брадиаритмий, оперированных в клинике с 2006 по 2021 год, с целью выявления дисфункций системы ЭКС, возникших как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде. Все пациенты были оперированы в одном центре.

Анализировались: клиничко-демографические показатели пациентов табл. 1, морфофункциональные параметры сердца по данным трансторакальной эхокардиографии, данные рентгенографии грудной клетки и холтеровского мониторирования ЭКГ, а также параметры кардиостимуляции, на основании которых, у 78 (8,23 %) пациентов, были выявлены наиболее частые виды и факторы риска дисфункции системы ЭКС на различных сроках наблюдения.

Таблица 1.

Клиничко-демографическая характеристика пациентов с дисфункциями системы ЭКС

Показатель	(n=78)
Пол:	
Мужской пол (n, %)	48 (61,5 %)
Женский пол (n, %)	30 (38,5 %)
Средний возраст, лет (M±σ)	67,64±10,9
Табакокурение (n, %)	27 (34,6 %)
Гиперхолестеринемия (n, %)	44 (56,4 %)
Артериальная гипертония (n, %)	63 (80,8 %)
Стенокардия напряжения II–III ФК (n, %)	48 (61,5 %)
Постинфарктный кардиосклероз (n, %)	32 (41 %)
ХСН I ФК (NYHA) (n, %)	30 (38,5 %)
ХСН II ФК (NYHA) (n, %)	27 (34,6 %)
ХСН III ФК (NYHA) (n, %)	21 (26,9 %)
Сахарный диабет 2 типа (n, %)	26 (33,3 %)
ИМТ 18,5–24,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	27 (34,6 %)
ИМТ 25–29,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	16 (20,5 %)
ИМТ 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	21 (26,9 %)
ИМТ 35–39,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	8 (10,3 %)
ИМТ ≥ 40,0 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	6 (7,7 %)
Приобретенные пороки сердца:	
митрального клапана (n, %)	22 (28,2 %)
аортального клапана (n, %)	7 (9 %)
	15 (19,2 %)
Кардиомиопатия (n, %)	7 (9 %)
Нарушение мозгового кровообращения в анамнезе (n, %)	14 (17,9 %)
Атеросклероз артерий нижних конечностей (n, %)	26 (33,3 %)

Показатель	(n=78)
Атеросклероз брахиоцефальных артерий (n, %)	24 (30,7 %)
Нарушение функции почек (n, %)	22 (28,2 %)
Хроническая подагра (n, %)	10 (12,8 %)
Хроническая обструктивная болезнь легких (n, %)	28 (35,9 %)
Системные заболевания соединительной ткани (n, %)	12 (15,4 %)
Злокачественные новообразования (n, %)	11 (14,1 %)
Операция на открытом сердце в анамнезе (n, %)	22 (28,2 %)

Среди всех пациентов с выявленными дисфункциями, основную долю составляли больных атриовентрикулярной блокадой III ст. — 39,8 %. Примерно 30 % пациентов были с синдромом слабости синусового узла. Остальные пациенты были с атриовентрикулярной блокадой II ст., либо с синоатриальной блокадой.

Большинству пациентов были имплантированы кардиостимуляторы отечественного производства, тогда как зарубежные модели были имплантированы лишь у 45,6 % пациентов. Среди эндокардиальных электродом, зарубежные модели были имплантированы у 35,8 % пациентов. Биполярные электроды имплантированы у 65,3 %, а монополярные — у 34,7 % пациентов. Желудочковые электроды были имплантированы как в верхушку правого желудочка, так и в среднюю треть межжелудочковой перегородки у 97,5 и 2,5 % пациентов соответственно.

Методом факторного анализа, были выявлены наиболее частые виды дисфункций, изучены причины их развития, а также взаимосвязь с сопутствующими заболеваниями и программированием параметров стимуляции, на основании чего, были усовершенствованы существующие меры профилактики дисфункций.

В ходе II (пилотного) этапа исследования оперировано 188 больных за период 2019–2021 г. В исследование на данном этапе было включено только 72 (38,3 %) пациента, у которых были выявлены факторы риска развития дисфункций на дооперационном этапе. Все пациенты оперированы с использованием предложенных и усовершенствованных мер профилактики дисфункций.

Показания к имплантации ЭКС определялись согласно Российским клиническим рекомендациям по брадикардии и нарушения проводимости.

Имплантация ЭКС выполнялась либо через *v. cephalica*, либо через *v. subclavia*. При невозможности проведения электрода через *v. subclavia*, выделяли наружную яремную вену. Имплантацию электрода в межжелудочковую перегородку выполняли с помощью изогнутого под большим радиусом стилета с дистальной

кривизной кзади. Данная модификация стилета не затрудняла прохождение электрода через отверстие трехстворчатого клапана, и позволяла позиционировать электрод в наиболее оптимальной области межжелудочковой перегородки.

Протокол исследования подразумевал наблюдение за пациентами через 6, 12 и 24 месяца. Данная работа посвящена анализу двухлетнего периода наблюдения за пациентами.

*Повторный визит через 24 месяца:* ЭКГ, оценки параметров ЭКС с помощью программатора, рентгенография грудной клетки, холтеровское мониторирование ЭКГ, трансторакальная эхокардиография, тест 6-минутной ходьбы, ультразвуковое исследование вен верхних конечностей.

*Критерии оценки отдаленных результатов:* необходимости перепрограммирования параметров стимуляции, вследствие дисфункций систем ЭКС, отсутствие необходимости в повторных вмешательствах, в связи с дисфункций систем ЭКС, отсутствие кардиальных осложнений на фоне дисфункций систем ЭКС (кардиальная смерть, ухудшение функционального класса сердечной недостаточности), отсутствие отклонений в морфофункциональных параметрах сердца.

Статистический анализ результатов проводился с использованием пакета программ Statistica 10.0 для MS Windows (США). Полученные результаты клинического исследования анализировали с помощью методов вариационной статистики с вычислением средней арифметической (*M*), среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ), средней ошибки средней арифметической (*m*). Качественные признаки описывали простым указанием количества и доли в процентах для каждой категории. Проводили проверку нормальности распределения количественных признаков с использованием критерия Шапиро-Уилка. В случае, когда закон распределения измеряемых величин можно было считать нормальным, был использован *t*-критерий Стьюдента. Для признаков, не отвечающих требованиям нормального распределения, использовали непараметрический тест Манна-Уитни (*U*-тест). Значения в таблице представлены в виде медианы и межквартильного интервала. Оценку эффективности проводимого лечения осуществляли согласно принципам доказательной медицины по показателям снижения относительного и абсолютного риска осложнений, отношения шансов.

## Результаты

В ходе I (ретроспективного) этапа исследования, среди 78 пациентов, с выявленными дисфункциями системы ЭКС, у 7 (9 %) пациентов зарегистрировано преждевре-

менное истощение источника питания ЭКС, вследствие неадекватное программирование ЭКС (не использован режим «Autocapture») и дефект изоляции электродов, у 5

(6,4 %) пациентов — синдром ЭКС, вследствие наличие вентрикуло-атриального проведения и диссинхронии миокарда, еще у 24 (30,8 %) пациентов, зарегистрирова-

Таблица 2.

## Основные причины дисфункций системы ЭКС

Причины дисфункций	Виды дисфункций	Коэффициент корреляции (r)	p-значение
<b>Кардиальные факторы</b>			
Прогрессирование клапанных пороков сердца	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции	0,77–0,84	0,001
Постинфарктный кардиосклероз	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции	0,71–0,89	0,001
Воспалительные заболевания миокарда и эндокарда	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции	0,81–0,87	0,018
Диссинхрония миокарда, вследствие апикальной желудочковой стимуляции	нарушение чувствительности; синдром ЭКС	0,77–0,82	0,032
Кардиомиопатии	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции синдром ЭКС	0,74–0,98	0,001
Наличие вентрикуло-атриального проведения до имплантации ЭКС	нарушение чувствительности; синдром ЭКС.	0,77–0,88	0,012
Операция на открытом сердце	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции	0,76–0,88	0,001
<b>Внекардиальные факторы</b>			
Декомпенсация сахарного диабета	повышение импеданса; повышение порога стимуляции	0,62–0,68	0,024
Химио- и лучевая терапия по поводу онкологических заболеваний	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,68–0,88	0,001
ИМТ ниже 25 кг/м <sup>2</sup>	дислокация электрода	0,96	0,001
Длительный, а также неконтролируемый прием кортикостероидных препаратов и иммунодепрессантов, вследствие прогрессирования ХОБЛ и системных заболеваний соединительной ткани	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,82–0,94	0,001
Несвоевременное и неадекватное программирование ЭКС	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции; синдром ЭКС; преждевременное истощение источника питания	0,86–0,98	0,001
Дефект изоляции электрода	снижение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности; преждевременное истощение источника питания	0,88–0,94	0,001
Нарушение функции почек (пациенты на гемодиализе)	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,62–0,78	0,041
Кальцификация электродов, вследствие гиперурикемии	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,58–0,64	0,032

на неэффективную стимуляцию, вследствие дислокации эндокардиального электрода.

У 20 (25,6 %) пациентов, практически в четыре раза возросли значения порога стимуляции в отдаленном периоде наблюдения 7,55 Вольт (1,4–13,7, 95 % ДИ), по сравнению с данными, полученными при выписке пациента из стационара. Так, средние значения порога стимуляции в послеоперационном периоде, составили 1,75 Вольт (0,8–2,7, 95 % ДИ) при длительности импульса 0,5 мс (табл. 4).

Амплитуда внутрисердечного сигнала в послеоперационном периоде составила, в среднем, 7,7 мВ и не превышала более 12,2 мВ (3,2–12,2, 95 % ДИ), тогда как при повторном визите у 8 (10,3 %) пациентов, средние значения амплитуды внутрисердечного сигнала 10,32 (2,8–17,85, 95 % ДИ), превышали указанную границу на различных этапах наблюдения.

Средние показатели импеданса электродов, измеренного при выписке пациента из стационара, составил 751 Ом (527–975, 95 % ДИ). При повторных визитах, у 4 (5,1 %) пациентов, отмечено снижение импеданса от 225 до 103 Ом, а у 10 (12,8 %) пациентов — повышение от 2560 до 3745 Ом. При этом, средние показатели импеданса электродов, измеренного при повторных визитах, составил 1674 Ом (103–3745, 95 % ДИ).

Таким образом, среди представленных дисфункций, наиболее частыми были: дислокация эндокардиального электрода (30,8 %), повышение порога стимуляции (25,6 %), изменение импеданса эндокардиального электрода (17,9 %) и нарушение чувствительности (10,3 %).

Детальный анализ причин развития дисфункций представлен в табл. 2.

Выявлено, что чаще всего с дисфункциями ассоциируются расширенные правые камеры сердца на фоне клапанных пороков и дилатационной кардиомиопатии, ремоделирование миокарда на фоне химио- и лучевой терапии, постинфарктного кардиосклероза в зоне имплантации электрода, а также несвоевременное и неадекватное программирование ЭКС. Кроме того, интересной находкой была полученная взаимосвязь между развитием дисфункций и повышением уровня мочевой кислоты, мочевины и креатинина крови, длительным и неконтролируемым приемом стероидных препаратов и бронходилататоров.

Основываясь на полученных данных, в отношении пациентов с имеющимися факторами риска возникновения дисфункций системы ЭКС, нами были предложены и усовершенствованы меры их профилактики, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3. Меры профилактики дисфункций системы ЭКС у пациентов с факторами риска их развития.

— У пациентов с ХИБС — обязательное решение вопроса о необходимости реваскуляризации миокарда, во избежание нарушения систолической функции миокарда. Целесообразно уменьшение частоты стимуляции для увеличения диастолической перфузии коронарных артерий. При наличии в анамнезе ПИКС — имплантация желудочкового электрода в межжелудочковую перегородку. Возможно увеличение базовой частоты стимуляции, в целях профилактики усугубления клинических проявлений ХСН. Планирование более частых визитов, особенно, для низкокомплаентных пациентов.

— Кардиомиопатия. Желудочковый электрод имплантировать в верхушку правого желудочка, использовать электрод с активной фиксации. Пациентам старше 65 лет и противопоказаниями к выполнению спиртовой абляции или миоэктомии — обязательно программировать кардиостимулятор в режим DDD, в сочетании с укороченным АВ-интервалом. ХОБЛ. Обязательное выполнение спирометрии до имплантации ЭКС, а также оценка толщины миокарда методом эхокардиографии. Целесообразна имплантация желудочкового электрода в межжелудочковую перегородку. В послеоперационном периоде, при каждом плановом повторном визите, контролировать импеданс электродов и порог стимуляции — часто бывает увеличение указанных параметров, вследствие нарушения электролитного баланса, возникающего на фоне длительного приема бронходилататоров ( $\beta_2$ -агонисты и кортикостероиды). Обязательное выполнение трансторакальной эхокардиографии, с целью исключения возможного выпота в перикардиальной и плевральной полости, что влияет на изменение импеданса электродов.

— Хроническая болезнь почек и подагра. Следить за водно-электролитным балансом, как в пред-, так и в послеоперационном периоде. Нормализовать уровень мочевой кислоты, во избежание избыточной кальцификации электродов.

— Злокачественные новообразования. Увеличить кратность проверки параметров стимуляции (до 1 раза в 3 месяца), и особенно, во время прохождения курса химио- или лучевой терапии. При каждом повторном визите, выполнять трансторакальную эхокардиографию, с целью исключения выпота в плевральной или перикардиальной полости и оценки морфофункциональных параметров (возможно ремоделирование миокарда с последующей дислокацией электродов). После курса лучевой терапии, целесообразно выполнение МРТ сердца с контрастированием, для оценки величины фиброза миокарда и последующим изменением параметров стимуляции, в случае увеличения его объема.

На II этапе, в исследование вошли 72 из 188 оперированных больных, у которых были выявлены факторы риска развития дисфункций на дооперационном этапе, среди пациентов у 25 % были приобретенные пороки сердца, около 40 % пациентов имели постинфарктный кардиосклероз, у 20 % кардиомиопатия и воспалительные заболевания миокарда и эндокарда, операция на открытом сердце в анамнезе имели 25 % пациентов, у 33 % декомпенсация сахарного диабета, химио— и лучевая терапия по поводу онкологических заболеваний у 13 %, у 33 % ИМТ был ниже 25 кг/м<sup>2</sup>, больше 40 % пациентов имели длительный прием кортикостероидных препаратов и иммунодепрессантов, вследствие прогрессиру-

вания ХОБЛ и системных заболеваний соединительной ткани, нарушение функции почек (пациенты на гемодиализе) были 22 % и гиперурикемии вследствие подагры у 12,5 % пациентов.

Следует отметить, что данная когорта пациентов также была с отягощенным коморбидным фоном (табл. 4).

Таблица 4.

Клинико-демографическая характеристика пациентов на II этапе исследования

Показатель	(n=72)
Пол:	
Мужской пол (n, %)	44 (61,1 %)
Женский пол (n, %)	28 (38,9 %)
Средний возраст, лет (M±σ)	68,1±9,3
Табакокурение (n, %)	29 (40,3 %)
Гиперхолестеринемия (n, %)	37 (51,4 %)
Артериальная гипертония (n, %)	68 (94,4 %)
Стенокардия напряжения II–III ФК (n, %)	40 (55,5 %)
Постинфарктный кардиосклероз (n, %)	30 (41,7 %)
ХСН I ФК (NYHA) (n, %)	28 (38,9 %)
ХСН II ФК (NYHA) (n, %)	24 (33,3 %)
ХСН III ФК (NYHA) (n, %)	20 (27,8 %)
Сахарный диабет 2 типа (n, %)	39 (54,2 %)
ИМТ 18,5–24,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	30 (41,7 %)
ИМТ 25–29,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	12 (16,7 %)
ИМТ 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	18 (25 %)
ИМТ 35–39,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	8 (11,1 %)
ИМТ ≥ 40,0 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	4 (5,6 %)
Приобретенные пороки сердца:	
митрального клапана (n, %)	18 (25 %)
аортального клапана (n, %)	5 (6,9 %)
13 (18,1 %)	
Кардиомиопатия (n, %)	8 (11,1 %)
Нарушение мозгового кровообращения в анамнезе (n, %)	9 (12,5 %)
Атеросклероз артерий нижних конечностей (n, %)	22 (30,6 %)
Атеросклероз брахиоцефальных артерий (n, %)	20 (27,8 %)
Нарушение функции почек (n, %)	16 (22,2 %)
Хроническая подагра (n, %)	9 (12,5 %)
Хроническая обструктивная болезнь легких (n, %)	22 (30,6 %)
Системные заболевания соединительной ткани (n, %)	9 (12,5 %)
Злокачественные новообразования (n, %)	10 (13,9 %)
Операция на открытом сердце в анамнезе (n, %)	18 (25 %)

Среди пациентов у 30 % была диагностирована атриовентрикулярная блокада II ст., примерно у 45 % пациентов — синдромом слабости синусового узла. Остальные

пациенты были с атриовентрикулярной блокадой III ст., либо с синоатриальной блокадой.

Количество имплантированных отечественных и зарубежных кардиостимуляторов, было в равных соотношениях и достоверно не различалось. Всем пациентам были имплантированы биполярные электроды, при этом, 77,8 % желудочковых электродов были с активным типом фиксации, а 22,2 % — с пассивным. Предсердные электроды у всех пациентов имплантировали в ушко правого предсердия. Желудочковые электроды были имплантированы в среднюю треть межжелудочковой перегородки и верхушку правого желудочка в соотношении — 83,3 и 16,7 % соответственно.

Через 24 месяцев после операции, у 2 (2,8 %) пациентов, наблюдалось повышение порога стимуляции до 5,46 и 8,35В соответственно, а также зарегистрирован неэффективные стимулы желудочковых электродов. Причиной данных нарушений была гиперкалиемия у одного пациента до 7,2, у другого до 8,3 ммоль/л вследствие хронической почечной недостаточности на фоне сахарного диабета, а также выявлен низкая приверженность обеих пациентов (пациенты вовремя не получает гемодиализ). После проведения ультрафильтрация крови (гемодиализ) обеих пациентов, параметры порога стимуляции восстановились до нормальных значений.

Таблица 5.

Морфофункциональные показатели левого желудочка

Показатель	(n=72)		p-значение
	До операции	Через 24 месяца	
Конечный диастолический размер ЛЖ, см	6,7±0,48	6,37±0,28	0,0731
Конечный систолический размер ЛЖ, см	6,2±0,31	6,0±0,18	0,1824
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл	121,3±12,8	118,2±10,3	0,6248
Конечный систолический объем ЛЖ, мл	68,4±7,22	66,9±4,28	0,3355
ТЗСЛЖ, мм	1,2±0,07	1,18±0,06	0,9418
ТМЖП, мм	1,3±0,09	1,28±0,02	0,8788
Правый желудочек, см	3,4±0,4	3,3±0,35	0,9267
ФВ ЛЖ, %	47,32±1,45	48,43±1,25	0,2154

Примечания:

ТЗСЛЖ — толщина задней стенки левого желудочка

ТМЖП — толщина межжелудочковой перегородки

У 1 (1,4 %) пациента наблюдалось повышение импеданса желудочкового электрода до 2175 Ом с интермиттирующим эпизодом асинхронной стимуляции. Причиной данных нарушений был перелом внесосудистый

часть желудочкового электрода неясного происхождения. Выполнена трансвенозная экстракция электрода с последующей заменой на новый аналогичный электрод.

Таким образом, общая частота дисфункций составила 4,2 %, при этом перепрограммирование параметров стимуляции потребовалось у 2,8 % пациентов, частота повторных вмешательств, в связи с дисфункцией ЭКС составила 1,4 %. Кардиальных осложнений на фоне возникших дисфункций не наблюдалось.

Морфофункциональные параметры сердца представлены в табл. 5.

Следует отметить, что эффективность предложенного персонализированного подхода к лечению пациентов с факторами риска возникновения дисфункций системы ЭКС, отразилась и на морфофункциональных параметрах сердца, которые продемонстрировали отсутствие отрицательного ремоделирования миокарда через 24 месяцев наблюдения.

### Обсуждение

Вместе со значительным ростом имплантаций ЭКС, прямо пропорционально возрастает и частота развития их дисфункций, при этом вопрос о тактике лечения таких пациентов, всегда вызывает большое количество вопросов [16, 17].

Дисфункции ЭКС, возникающие в отдаленном периоде, почти в половине наблюдений требуют повторного хирургического вмешательства (экстракция электрода, замена аппарата) [18, 19]. В свою очередь, повторные вмешательства по поводу дисфункций, в значительной степени увеличивают риск инфекционных и тромбоэмболических осложнений [10, 20].

Данные о частоте повторных операций, связанных с развитием дисфункций, довольно противоречивы. Так, по данным 17-го годового отчета Немецкого регистра кардиостимуляторов и дефибрилляторов, в 2017 г. в Германии было имплантировано 77 283 кардиостимулятора, заменено 17 085 единиц и проведено 11 383 ревизионных операций, системных замен и эксплантаций. При этом частота показаний к ревизионным вмешательствам из-за дисфункций, увеличилась с 0,9 % в 2015 г. до 2,8 % в 2017 г. [21].

H.C. Bowman et al. (2021 г.) провели проспективное исследование со средним периодом наблюдения 7,2 года и выявили дисфункцию ЭКС у 50 (24 %) из 208 пациентов. Незапланированное повторное вмешательство по поводу дисфункции ЭКС потребовалось у 47 (22 %) пациентов [3].

Tseng Z.H. и соавт. (2015) провели проспективное исследование пациентов с имплантированными сердечными устройствами для выявления случаев внезапной смерти в Сан-Франциско, в течение 35-месячного периода наблюдения. Так, из 517 общих случаев внезапной смерти, в период исследования, 14 случаев — были у пациентов с имплантированными сердечными устройствами, при этом 7 дисфункцирующими кардиостимуляторов, непосредственно способствовали смерти больных (4 аппаратная дисфункция, 1 раннее истощение батареи с внезапным прекращением стимуляции и 2 перелома электродов) [22].

Имеются данные, что дефекты электродов встречаются чаще, чем дефекты самого устройства и имеют устойчивую тенденцию к увеличению [23, 24]. При этом экстракция электродов, в связи с их дисфункцией, по данным регистра ELECTRa, выполняется у 38,1% пациентов от общего числа таких нарушений [25].

Ограничением данного исследования является небольшая выборка пациентов, а также одноцентровый характер исследования. При этом убедительность полученных данных подтверждается тем, что все исследуемые пациенты наблюдались согласно четкого протокола, с обязательной явкой на амбулаторный прием в стационар, где была выполнена операция, что позволяло своевременно предотвратить возможные осложнения на фоне возникших дисфункций.

### Заключение

Хирургическое лечение больных брадиаритмиями, имеющих факторы риска развития дисфункций ЭКС, оперированных с соблюдением предложенных мер профилактики, показало высокую эффективность в снижении частоты их возникновения, а также кардиальных осложнений, связанных с неадекватной стимуляцией в отдаленном периоде наблюдений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Kloppe A., Schiedat F., Mügge A., Mijic D. Sachgerechtes Vorgehen bei Herzschrittmacher— und ICD-Fehlfunktion [Appropriate procedure for pacemaker and ICD malfunction]. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol.* 2020; 31(1): 64–72 (in German). DOI: 10.1007/s00399-020-00669-9
2. Barros RT., Carvalho SM., Silva MA., Borges JB. Evaluation of patients' quality of life aspects after cardiac pacemaker implantation. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2014; 29(1): 37–44. DOI: 10.5935/1678-9741.20140009
3. Bowman H.C., Shannon K.M., Biniwale R., Moore J.P. Cardiac implantable device outcomes and lead survival in adult congenital heart disease. *Int. J. Cardiol.* 2021; (1) 324: 52–59. DOI: 10.1016/j.ijcard.2020.09.027

4. Осмоловский А.Н. Временная трансвенозная эндокардиальная электрокардиостимуляция: Способ репозиции эндокардиального электрода в полости правого желудочка сердца. Казанский медицинский журнал. 2016; 97 (3): 453–457. Osmolovsky A.N. Temporary transvenous endocardial electrocardiostimulation: A method of endocardial electrode reposition in the cavity of the right ventricle of the heart. Kazan Medical Journal. 2016; 97 (3): 453–457 (in Russ.).
5. Gomez-Polo J.C., Higuera Nafria J., Martínez-Losas P., Cañadas-Godoy V., Bover-Freire R., Pérez-Villacastín J. et al. Poor knowledge of potentially lethal electrocardiographic patterns in asymptomatic patients among noncardiologist physicians, and underestimation of their seriousness. Rev. Esp. Cardiol. (Engl. Ed). 2017; 70 (6): 507–508. DOI: 10.1016/j.rec.2016.09.021
6. Domagała S.J., Domagała M., Chyła J., Wojciechowska C., Janion M., Polewczyk A. Ten-year study of late electrotherapy complications. Single-centre analysis of indications and safety of transvenous leads extraction. Kardiologia. 2018; 76 (9): 1350–1359. DOI: 10.5603/KP.a2018.0142
7. Palmisano P., Dell’Era G., Pellegrino P.L., Ammendola E., Ziacchi M., Guerra F. et al. Causes of syncopal recurrences in patients treated with permanent pacing for bradyarrhythmic syncope: Findings from the SYNCOPACED registry. Heart Rhythm. 2021; 18 (5): 770–777. DOI: 10.1016/j.hrthm.2021.01.010
8. Domagała S., Domagała M., Chyła J., Wojciechowska C., Janion M., Polewczyk A. Complications of electrotherapy — the dark side of treatment with cardiac implantable electronic devices. Adv. Interv. Kardiologia. 2018; 14 (1): 15–25. DOI: 10.5114/aic.2018.74351
9. Ghani A., Delnoy P.P., Ramdat Misier A.R., Smit J.J., Adiyaman A., Ottervanger J.P. et al. Incidence of lead dislodgement, malfunction and perforation during the first year following device implantation. Neth Heart J. 2022 (6): 286–291. DOI: 10.1007/s12471-014-0556-6
10. Колпаков Е.В. Отдаленные перспективы имплантации кардиостимуляторов. Медицинский альманах. 2017; 3 (48): 104–111. Kolpakov E.V. Long-term prospects of implantation of pacemakers. Medical Almanac. 2017; 3 (48): 104–111 (in Russ.).
11. Liaquat M.T., Ahmed I., Alzahrani T. Pacemaker Malfunction. 2023. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
12. Sabbagh E., Abdelfattah T., Karim M.M., Farah A., Grubb B., Karim S. Causes of failure to capture in pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. J. Innov. Card. Rhythm. Manag. 2020; 11 (2): 4013–4017. DOI: 10.19102/icrm.2020.110207
13. Higuera J., Olmos C., Palacios-Rubio J., Gómez-Polo J.C., Martínez-Losas P., Ruiz-Pizarro V. et al. TBC: a simple algorithm to rule out abnormalities in electrocardiograms of patients with pacemakers. Cardiol. J. 2018; 27 (2): 136–141. DOI: 10.5603/CJ.a2018.007
14. Caloian B., Sitar-Taut A.V., Gusetu G.N., Pop D., Zdrenghea D.T. The Influence of Cardiac Pacemaker Programming Modes on Exercise Capacity. In Vivo. 2018; 32 (2): 419–424. DOI: 10.21873/invivo.11256
15. Montgomery J.A., Ellis C.R. Longevity of Cardiovascular Implantable Electronic Devices. Card Electrophysiol Clin. 2018; 10 (1): 1–9. DOI: 10.1016/j.ccep.2017.11.001
16. Fumagalli S., Potpara T.S., Bjerregaard Larsen T., Haugaa KH., Dobeanu D., Proclemer A. et al. Frailty syndrome: an emerging clinical problem in the everyday management of clinical arrhythmias. The results of the European Heart Rhythm Association survey. Europace. 2017; 19 (11): 1896–2002. DOI: 10.1093/europace/eux288
17. Cingolani E., Goldhaber J.I., Marbán E. Next-generation pacemakers: from small devices to biological pacemakers. Nat. Rev. Cardiol. 2018; 15 (3): 139–150. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.165
18. Al-Bawardy R., Krishnaswamy A., Rajeswaran J., Bhargava M., Wazni O., Wilkoff B. et al. Tricuspid regurgitation and implantable devices. Pacing Clin Electrophysiol. 2015; 38 (2): 259–266. DOI: 10.1111/pace.12530
19. Kirkfeldt R.E., Johansen J.B., Nohr E.A., Jørgensen O.D., Nielsen J.C. Complications after cardiac implantable electronic device implantations: an analysis of a complete, nationwide cohort in Denmark. Eur Heart J. 2014; 35 (18): 1186–1194. DOI: 10.1093/eurheartj/ehf511.
20. Lee R.C., Friedman S.E., Kono A.T., Greenberg M.L., Palac R.T. et al. Tricuspid Regurgitation Following Implantation of Endocardial Leads: Incidence and Predictors. Pacing Clin Electrophysiol. 2015; 38 (11): 1267–1274. DOI: 10.1111/pace.12701
21. Markewitz A. Bundesfachgruppe Herzschrittmacher und Defibrillatoren. Jahresbericht 2017 des Deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillator-Registers — Teil 2: Implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren (ICD). Herzschrittmach. Elektrophysiol. 2019; 30 (4): 389–403. DOI: 10.1007/s00399-019-00648-9
22. Tseng Z.H., Hayward R.M., Clark N.M., Mulvanny C.G., Colburn B.J., Ursell P.C. et al. Sudden death in patients with cardiac implantable electronic devices. JAMA Intern Med. 2015; 175 (8): 1342–1350. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.2641
23. Polewczyk A., Kutarski A., Tomaszewski A., Polewczyk M., Janion M. Late complications of electrotherapy — a clinical analysis of indications for transvenous removal of endocardial leads: a single centre experience. Kardiologia. 2013; 71 (4): 366–372. DOI: 10.5603/KP.2013.0064
24. Midha D., Chen Z., Jones D.G., Williams H.J., Lascelles K., Jarman J. et al. Pacing in congenital heart disease — A four-decade experience in a single tertiary centre. Int J Cardiol. 2017; 15 (241): 177–181. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.151
25. Bongioni M.G., Kennergren C., Butter C., Deharo J.C., Kutarski A., Rinaldi C.A., Blomström-Lundqvist C., ELECTRa Investigators. The European Lead Extraction Controlled (ELECTRa) study: a European Heart Rhythm Association (EHRA) Registry of Transvenous Lead Extraction Outcomes. Eur Heart J. 2017; 38 (40): 2995–3005. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx080

© Кадыралиев Саматбек Орозбекович (samatbekkadyraliev@mail.ru); Файбушевич Александр Георгиевич (faibushevich.a@gmail.com);

Максимкин Даниил Александрович (danmed@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РЕПРОДУКТИВНЫЕ ИСХОДЫ ПРИ НАСТУПЛЕНИИ СПОНТАННОЙ БЕРЕМЕННОСТИ У ВИЧ-ИНФИЦИРОВАННЫХ ЖЕНЩИН

## REPRODUCTIVE OUTCOMES OF A SPONTANEOUS PREGNANCY IN HIV-INFECTED WOMEN

**V. Kuzmicheva  
K. Krasnopolskaya  
M. Kapustina  
K. Isakova**

*Summary.* Nowadays, human immunodeficiency virus (HIV) infection has become a chronic disease since the advent of combination antiretroviral therapy (ART) and a modern person living with HIV has a better quality of life compared to the last century. It is also worth considering that the majority of HIV-infected people around the world are of reproductive age, and therefore the desire to realize their reproductive function has become one of the main problems among this population group. Our study showed that there is no clear relationship between the duration of antiretroviral therapy and the reproductive outcome in HIV-infected women. However, in order to reduce the risks of reproductive losses and vertical transmission of HIV infection, it is necessary to start taking ART if a woman did not take antiretroviral therapy before pregnancy.

*Keywords:* HIV Infection, Pregnancy, Reproductive Outcomes, Highly Active Antiretroviral Therapy.

**Кузьмичева Варвара Сергеевна**

Аспирант, ГБУЗ МО Московский областной  
НИИ акушерства и гинекологии, Москва

**Краснопольская Ксения Владиславовна**

Доктор медицинских наук, профессор,  
член-корреспондент РАН, ВРТ ГБУЗ МО Московский  
областной НИИ акушерства и гинекологии  
deti222@mail.ru

**Капустина Марина Вячеславовна**

Кандидат медицинских наук, врач высшей категории,  
главный врач Московский областной  
НИИ акушерства и гинекологии  
mvkapustina@yandex.ru

**Исакова Камила Муслимовна**

Кандидат медицинских наук, врач, ГБУЗ МО Московский  
областной НИИ акушерства и гинекологии  
isa-kama@yandex.ru

*Аннотация.* В настоящее время, благодаря появлению комбинированной антиретровирусной терапии (АРТ), заболевание, вызванное вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ), стало хроническим, а современный человек, живущий с ВИЧ, имеет лучшее качество жизни по сравнению с прошлым столетием. Во всем мире большинство ВИЧ-инфицированных людей находится в репродуктивном возрасте, в связи с этим желание реализовать свою репродуктивную функцию стало одной из основных проблем среди данной группы населения. Проведенное нами исследование показало, что нет четкой зависимости между длительностью приема антиретровирусной терапии и репродуктивным исходом у ВИЧ-инфицированных женщин. Однако с целью снижения рисков репродуктивных потерь и вертикальной передачи ВИЧ-инфекции необходимо начать прием АРТ в случае, если женщина до беременности не принимала антиретровирусные препараты.

*Ключевые слова:* ВИЧ-инфекция, беременность, репродуктивные исходы, антиретровирусная терапия.

### Введение

Появление комбинированной антиретровирусной терапии (АРТ) в 1990-х годах позволило перевести ВИЧ-инфекцию из статуса смертельно опасного в хроническое заболевание, которое поддается лечению. Помимо улучшения качества жизни людей, живущих с ВИЧ, увеличилась и ее продолжительность, что подтверждается данными Британского совместного когортного исследования ВИЧ-инфекции. [1] По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) на конец 2022 года в мире насчитывалось около 39 миллионов человек с ВИЧ-инфекцией. В России эпидемиологическая ситуация по ВИЧ-инфекции и СПИД также не является благополучной, о чем свидетельствуют

данные Федерального научно-методического центра по профилактике и борьбе со СПИДом, который находится в ведении Роспотребнадзора, согласно которым на 31 декабря 2022 года количество зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции среди граждан Российской Федерации 1629955 человек, причем около 50 % случаев приходится на лиц репродуктивного возраста (20–40 лет). [2] В Западной Европе и Центральной Азии за период с 2010 года по 2018 год увеличилось число впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции на 29 %. [3] Учитывая, что во всем мире большинство ВИЧ-инфицированных людей находится в репродуктивном возрасте, желание реализовать свою репродуктивную функцию стало одной из основных проблем среди данной группы населения. [4] В связи с тем, что ВИЧ-инфекция может про-

воцировать развитие системных заболеваний, стресс, потерю веса и другие биологические изменения, которые могут повлиять на функцию репродуктивных органов, что в свою очередь может привести к бесплодию. Также стоит принимать во внимание возможность развития психологической травмы и снижения сексуального влечения у людей с недавно диагностированной ВИЧ-инфекцией. [5] Длительность персистенции ВИЧ также негативно влияет на фертильность и снижение рождаемости у ВИЧ-серопозитивных женщин. [6] Также не стоит забывать о некоторых сопутствующих заболеваниях, связанных с ВИЧ либо синдромом приобретенного иммунодефицита (СПИД), таких как орхит, острый эпидидимит и воспалительные заболевания органов малого таза, которые напрямую связаны с бесплодием. Такие распространенные инфекции, передающиеся половым путем (ИППП), возбудителями которых являются *Treponema pallidum*, *Chlamydia trachomatis*, *Trichomonas vaginalis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *herpes simplex virus-2* и *Ureaplasma urealyticum* могут оказать негативное влияние на репродуктивную систему, включая развитие выраженного спаечного процесса в малом тазу, и привести к бесплодию. [7] Хотя и различия в фертильности между ВИЧ-позитивными и ВИЧ-негативными женщинами со временем сокращаются по мере того, как АРТ становится все более широко доступной для людей живущих с ВИЧ [8, 9], некоторые препараты, используемые в антиретровирусной терапии, включая нуклеозидные ингибиторы обратной транскриптазы, являются токсичными для клеточных митохондрий и могут влиять на митохондриальный биогенез сперматозоидов и яйцеклеток. [10, 11, 12, 13]

Рассматривая вопрос фертильности у ВИЧ-инфицированных пациенток, стоит также уделить особое внимание вопросу репродуктивных потерь. Так, например, исследование, проведенное в Уганде, показало, что из 127 беременностей 55 (43 %) завершились живорождением, 67 (53 %) — самопроизвольным выкидышем, 1 (<1%) — мертворождением. Также сообщается, что три четверти (75 %) выкидышей произошли в первом триместре (в среднем = 11,3 недели гестации). Наблюдались относительно низкие показатели беременности и высокие показатели выкидышей среди выбранной когорты ВИЧ-позитивных женщин, желающих забеременеть. [14]

Основное опасение при наступлении беременности у ВИЧ-положительных женщин вызывает прогрессирование основного заболевания, связанного с иммунологическими и физиологическими изменениями в организме женщины во время беременности, а также с высокими рисками инфицирования ребенка. Несмотря на то, что обследование на наличие ВИЧ-инфекции по современным стандартам проводится 2–3 раза в течение беременности (Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 октября 2020 г. N 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи

по профилю «акушерство и гинекология»), начало приема антиретровирусной терапии бывает отсрочено или по каким-либо причинам (чаще социальным) она вообще не проводится, что значительно повышает риски вертикальной передачи инфекции от матери к плоду. [15] Стоит напомнить, что передача инфекции от матери ребенку является основным путем, с помощью которого дети во всем мире заражаются ВИЧ-инфекцией. [16, 17] Передача инфекции происходит в течение трех основных временных периодов: внутриутробно, интранатально и во время грудного вскармливания. [18] Стратегии сокращения вертикальной передачи инфекции сосредоточены на этих периодах воздействия и включают использование АРТ матерью, кесарево сечение до начала родов или разрыва плодных оболочек и полный отказ от грудного вскармливания. [19] Там, где эти комбинированные вмешательства доступны, риск инфицирования плода составляет всего 1–2 %. [20] На сегодняшний день одной из основных политических целей национальных программ по ВИЧ (Объединенная программа Организации Объединенных Наций по ВИЧ и СПИДу (UNAIDS)) является ликвидация вертикальной передачи ВИЧ-инфекции посредством предоставления антиретровирусного лечения всем ВИЧ-серопозитивным беременным женщинам. [21]

*Цель:* оценить риски репродуктивных потерь среди ВИЧ-серопозитивных женщин молодого репродуктивного возраста (до 35 лет), а также оценить влияние антиретровирусной терапии на исход беременности.

#### Материалы и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ исходов беременностей среди женщин молодого репродуктивного возраста (моложе 35 лет) с ВИЧ-инфекцией, состоящих в отношениях с ВИЧ-негативным партнером, у которых в анамнезе наступала желанная беременность на фоне основного заболевания. Из исследования были исключены случаи беременностей, которые закончились искусственным прерыванием.

В исследование были включены 21 женщина молодого репродуктивного возраста, у которых наступали беременности на фоне ВИЧ-инфекции. 11 женщин (52,4 %) забеременели самостоятельно на фоне основного заболевания и применения АРТ, 2 (9,5 %) начали принимать АРТ во время беременности. Оставшиеся 8 (38,1 %) ВИЧ-инфицированных женщин отказались от приема антиретровирусной терапии во время беременности.

На группу женщин, которые полностью отказались от приема АРТ, пришлось 12 беременностей: 3 неразвивающиеся беременности до 12 недель — 25 %, 1 ранний самопроизвольный выкидыш — 8,3 %, 8 беременностей закончились родами — 66,7 %. Важно отметить, что в 2-х

случаях зафиксирована передача ВИЧ-инфекции от матери ребенку.

В группе женщин, которые начали прием АРТ уже во время беременности зарегистрировано 4 (10,8 %) беременности от общего числа, все из которых закончились родами. Стоит отметить, что в 2 (50 %) случаях беременность наступила на фоне ВИЧ-инфекции, которая протекала менее 5 лет, и 2 (50 %) беременности наступили на фоне основного заболевания длительностью от 5 до 9 лет. Что не позволяет нам сделать вывод о возможном влиянии длительности ВИЧ-инфекции на исход беременности.

Стоит также отметить, что у большей части ВИЧ-позитивных женщин беременности наступали на фоне приема АРТ. Данная группа представила для нас наибольший интерес в связи с возможным токсичным влиянием некоторых антиретровирусных препаратов на митохондриальный биогенез яйцеклеток и сперматозоидов, а также тератогенный эффект некоторых из них. Поэтому данную группу пациенток мы разделили на подгруппы по длительности приема антиретровирусной терапии до момента наступления беременности: 1 группа — 1 год +/- 6 месяцев, 2 группа — от 2 до 5 лет, 3 группа — 6 и более лет. В группе пациенток, которая принимала АРТ 1 год +/- 6 месяцев было зарегистрировано 4 беременности, из которых 3 закончились родами (75 %), а 1 — ранним самопроизвольным выкидышем (25 %). Необходимо отметить, что в случае с ранним самопроизвольным выкидышем пациентка принимала АРТ, включающую в себя препараты, относящиеся к группе ингибиторов интегразы, которые противопоказаны при планировании, а также во время беременности, в связи с их тератогенным эффектом.

Среди женщин, принимающих АРТ от 2 до 5 лет зарегистрировано 5 беременностей, и них: 4 закончились родами (80 %), 1 женщина находится на 2 триместре беременности в настоящий момент (20 %).

В третьей группе пациенток было зарегистрировано 7 беременностей: 2 родов — 28,6 %, 4 беременны

в настоящий момент (2 и 3 триместр беременности) — 57,1 %, 1 неразвивающаяся беременность на сроке 9 недель — 14,3 % (длительность приема АРТ составила в данном случае 15 лет).

Хотелось бы также отметить, что во второй и третьей группах ВИЧ-инфицированных женщин также встречались случаи наступления беременности на фоне приема ингибиторов интегразы — 3 беременности, однако 2 из них закончились родами, а одна женщина на момент исследования находилась на 2-ом триместре беременности. То есть, если отдельно рассматривать группу пациенток, у которых наступила беременность на фоне приема АРТ с использованием ингибиторов интегразы, то лишь в 25 % случаев беременность закончилась самопроизвольным выкидышем, и в 50 % случаев закончилась живорождением.

Как уже говорилось ранее, нуклеозидные ингибиторы обратной транскриптазы, могут быть токсичны для клеточных митохондрий и могут влиять на митохондриальный биогенез сперматозоидов и яйцеклеток. Однако при анализе полученных данных, 13 из 16 беременностей наступили на фоне приема АРТ, с включением данной группы препаратов, из которых 7 закончились живорождением (53,8 %), 5 беременны в настоящий момент (38,5 %), и в 1 случае зарегистрирован самопроизвольный выкидыш — 7,7 % (в данном случае АРТ женщины включало сочетание двух нуклеозидных ингибиторов обратной транскриптазы и ингибитора интегразы).

## Результаты

Проанализировав полученные данные, мы можем сделать вывод, что нет четкой зависимости между длительностью приема антиретровирусной терапии и исходом беременности. Однако с целью снижения рисков репродуктивных потерь и передачи инфекции от матери ребенку необходимо начать прием АРТ в случае, если женщина до беременности не принимала антиретровирусные препараты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. May M, Gompels M, Delpech V, Porter K, Post F, Johnson M, et al. Impact of late diagnosis and treatment on life expectancy in people with HIV-1: UK Collaborative HIV Cohort (UK CHIC) Study. *BMJ* 2011; 343: d6016. doi: 10.1136/bmj.d6016.
2. Федеральный научно-методический центр по профилактике и борьбе со СПИДом ФБУН Центрального НИИ эпидемиологии Роспотребнадзора. «Справка ВИЧ-инфекция в Российской Федерации на 31 декабря 2022 г.»
3. UNAIDS (2019) URL: [AIDSinfo.unaids.org](https://aidsinfo.unaids.org)
4. Kushnir VA, Lewis W. Human immunodeficiency virus/acquired immunodeficiency syndrome and infertility: emerging problems in the era of highly active antiretrovirals. *Fertil Steril* 2011; 96: 546–553.
5. Brian W. Pence, Kristen Shirey, Kathryn Whetten, Bernard Agala, Dafrosa Itemba, Julie Adams, Rachel Whetten, Jia Yao, John Shao Prevalence of Psychological Trauma and Association with Current Health and Functioning in a Sample of HIV-infected and HIV-uninfected Tanzanian Adults Published: May 14, 2012 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036304>

6. Marston M, Nakiyingi-Miiri J, Kusemererwa S, Urassa M, Michael D, Nyamukapa C, Gregson S, Zaba B, Eaton JW; ALPHA network. The effects of HIV on fertility by infection duration: evidence from African population cohorts before antiretroviral treatment availability. *AIDS*. 2017 Apr;31 Suppl 1:S69–S76. doi: 10.1097/QAD.0000000000001305. PMID: 28296802.
7. Thana Khawcharoenporn and Beverly E. Sha. HIV Infection and Infertility. *Genital Infections and Infertility*. Published: June 29th 2016 DOI: 10.5772/62390
8. Marston M, Nakiyingi-Miiri J, Hosegood V, Lutalo T, Mtenga B, Zaba B; ALPHA network. Measuring the Impact of Antiretroviral Therapy Roll-Out on Population Level Fertility in Three African Countries. *PLoS One*. 2016 Mar 25;11(3):e0151877. doi: 10.1371/journal.pone.0151877. PMID: 27015522; PMCID: PMC4807830.
9. Yeatman S, Eaton JW, Beckles Z, Benton L, Gregson S, Zaba B. Impact of ART on the fertility of HIV-positive women in sub-Saharan Africa. *Trop Med Int Health*. 2016 Sep;21(9):1071–85. doi: 10.1111/tmi.12747. Epub 2016 Jul 22. PMID: 27371942.
10. Duong Van Huyen, Jean-Paul & Landau, Alain & Piketty, Christophe & Bélair, Marie-France & Batisse, Dominique & Gonzalez Canali, Gustavo & Weiss, Laurence & Jian, Raymond & PhD, Michel & Bruneval, Patrick. (2003). Toxic Effects of Nucleoside Reverse Transcriptase Inhibitors on the Liver Value of Electron Microscopy Analysis for the Diagnosis of Mitochondrial Cytopathy. *American journal of clinical pathology*. 119. 546–55. 10.1309/8B8B-J6AP-5KGV-7C1H.
11. Koczor CA, Lewis W. Nucleoside reverse transcriptase inhibitor toxicity and mitochondrial DNA. *Expert Opin Drug Metab Toxicol*. 2010 Dec;6(12):1493–504. doi: 10.1517/17425255.2010.526602. Epub 2010 Oct 7. PMID: 20929279.
12. Nagiah S, Phulukdaree A, Chuturgoon A. Mitochondrial and oxidative stress response in HepG2 cells following acute and chronic exposure to antiretroviral drugs. *J Cell Biochem*. 2015;116(9):1939–46.
13. Ahmad G, Moïnard N, Jouanolou V, Daudin M, Gandia P, Bujan L. In vitro assessment of the adverse effects of antiretroviral drugs on the human male gamete. *Toxicol In Vitro*. 2011;25(2):485–91.
14. Finocchiaro-Kessler S, Goggin K, Staggs V, Wanyenze RK, Beyeza-Kashesya J, Mindry D, Birungi J, Wagner GJ. High report of miscarriage among women living with HIV who want to conceive in Uganda. *BMC Res Notes*. 2018 Oct 22;11(1):753. doi: 10.1186/s13104-018-3857-9. PMID: 30348201; PMCID: PMC6198531.
15. Целкович Людмила Савельевна, Ибрагимова Алина Ришатовна, Руденко Юлия Александровна, Балтер Регина Борисовна, Ильченко О.А., Котельников Виталий Владимирович, Прибытков Дмитрий Леонидович. «Течение беременности, родов и послеродового периода у ВИЧ-инфицированных женщин в зависимости от сроков применения антиретровирусной терапии» Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье, no. 2 (38), 2019, pp. 72–79.
16. Мельников Аркадий Сергеевич, Рукояткина Елена Алексеевна, Фунден Роман Азизович, Латышева Инга Борисовна Женщина и ВИЧ-инфекция, современное состояние проблемы // Педиатр. 2015. №1.
17. Пирогова И.А. «Вич-инфекция у беременных» Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области, vol. 2, no. 2 (21), 2018, pp. 57–61.
18. Завалко Александр Федорович, Котельников Виталий Владимирович. «Особенности течения, ведения беременности и родов у ВИЧ-инфицированных женщин (обзор литературы)» Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье, no. 4 (20), 2015, pp. 31–37.
19. Завалко А.Ф., Котельников В.В. «Пути профилактики вертикальной передачи ВИЧ инфекции от матери к плоду (обзор литературы)» Вестник новых медицинских технологий, vol. XXIII, no. 4, 2016, pp. 287–293.
20. Sturt AS, Dokubo EK, Sint TT. Antiretroviral therapy (ART) for treating HIV infection in ART-eligible pregnant women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010 Mar 17;(3):CD008440. doi: 10.1002/14651858.CD008440. PMID: 20238370.
21. UNAIDS Global Plan Towards the Elimination of New HIV Infections Among Children by 2015 and Keeping Mothers Alive Geneva: Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS), 2011.

---

© Кузьмичева Варвара Сергеевна; Краснопольская Ксения Владиславовна (deti222@mail.ru);  
Капустина Марина Вячеславовна (mvkapustina@yandex.ru); Исакова Камила Муслимовна (isa-kama@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ДИСКОЛОРИТ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА ВСЛЕДСТВИЕ ДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

## DISCOLORITIS OF THE HARD TISSUES OF THE TOOTH DUE TO THE ACTION OF FOOD DYES

**A. Lonshakova  
L. Smyshnikova  
O. Mayorova**

*Summary.* In this article, the authors identify the cause of tooth staining under the influence of external factors — pigments acting on the hard tissues of the tooth when eating. Experimentally, with the help of eight different reagents, the degree of staining of tooth enamel was assessed over the time of primary exposure during the day, and then a week. After that, the authors carried out bleaching using toothpastes and mouthwashes. The results obtained are presented in a table reflecting the coloring power of eight reagents in descending order. The conclusion is made about the resistance of tooth enamel to the procedure of home bleaching.

*Keywords:* dentistry, whitening, tooth enamel, discoloration, home whitening, tooth enamel health.

**Лоншакова Алина Владимировна**

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет  
имени Г.Р. Державина»  
marka.ali@mail.ru

**Смышникова Любовь Ивановна**

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Тамбовский  
государственный университет имени Г.Р. Державина»  
grigorova\_tsu@mail.ru

**Майорова Олеся Николаевна**

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Тамбовский  
государственный университет имени Г.Р. Державина»  
olesya\_mayorova@mail.ru

*Аннотация.* В этой статье авторы выявляют причину окрашивания зубов под действием внешних факторов — пигментов, действующих на твердые ткани зуба при приеме пищи. Опытным путем при помощи восьми различных реагентов со временем первичного воздействия в течение суток, а затем и недели оценивалась степень окрашивания зубной эмали. После чего авторами проводилось отбеливание при помощи зубных паст и ополаскивателей для полости рта. Полученные результаты представлены в таблице, отражающей силу окрашивания восьми реагентов по убыванию. Сделано заключение об устойчивости зубной эмали к процедуре домашнего отбеливания.

*Ключевые слова:* стоматология, отбеливание, зубная эмаль, дисколорит, домашнее отбеливание, здоровье эмали зуба.

### Актуальность

**Д**исколорит — это аномальное изменение цвета эмали и/или дентина зубов, вызванное внешними или внутренними факторами. По статистике у 85 % людей в возрасте от 25 до 44 лет выявляется данная патология, причём у мужчин в 60 % случаев, а у женщин в 40 % случаев, что, вероятно коррелирует с большим процентом курения и употребления красящих продуктов питания, таких как кофе, чай, коньяк. Как можно увидеть, дисколорит является распространённой и полифакторной патологией, в первую очередь представляющей собой эстетическую проблему. Для ее решения обычно прибегают к методике отбеливания в домашних или клинических условиях.

Актуальность проблемы дисколорита поднимает в своей работе Винниченко Ю.А., Дмитрова А.Г. и Сыч М.Ю., представляя результаты исследования с использованием аппарата спектрофотометра EasyShade (ЗМ), которые показывают, что растительные компоненты в составе зубной пасты не оказывают негативного влияния на цвет твердых тканей зубов.

Так же Флейшер Г.М. в своей статье приводит данные о причинах изменения естественного цвета зубов, описывая виды и причины дисколорита зубов.

### Цель

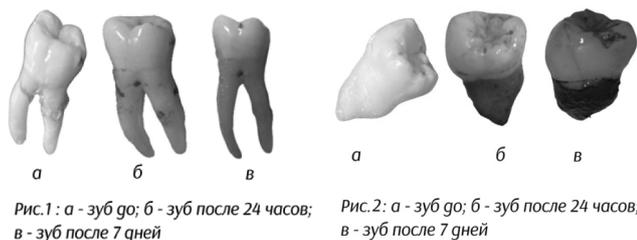
Изучение основных пищевых пигментов, окрашивающих зубную эмаль и установление возможности устранения дисколорита в домашних условиях.

### Методика исследования

В настоящем исследовании использовано действие восьми красящих реагентов — напиток сильногазированный «кола», коньяк, чай черный, кофе, напиток энергетический, вино домашнее ежевичное, пищевой краситель красный и голубой на удаленных зубах (интактные и с кариозными полостями). Также для последующего отбеливания использовалась зубная паста с отбеливающим эффектом для домашнего использования; ополаскиватель для полости рта с отбеливающими свойствами. После чего каждый зуб был помещен в отдельную тару с одним из реагентов. Первые результаты по степени окрашивания были получены через 24 часа. Затем через 7 суток снова произвели оценку.

Результаты исследования

Первый зуб (рис. 1) с небольшой кариозной полостью и внешне интактный. Цвет эмали: изначально, т.е. до окрашивания В2-В3, естественный цвет эмали без яркой желтизны. Зуб был помещен в реагент «энергетик». Красящие вещества: сок яблочный и апельсиновый концентрированный, экстракт апельсина, краситель хлорофилла медные комплексы — это натуральная пищевая добавка (Е141). Она имеет характерный зеленый оттенок, но совершенно без запаха. Продуктам питания придает ярко-зеленоватый стойкий цвет. Вещество благоприятно влияет на самочувствие и общее состояние здоровья человека, если попадает в организм в составе БАДа (нормализует уровень гемоглобина в крови). Но если пищевая добавка попадает в организм с пищей, то от нее пользы будет мало. Касательно вреда Е141, то отрицательное влияние на организм не было установлено. Ученые провели множество исследований и тестов и пришли к выводу, что если не превышать суточную норму пищевой добавки, то о риске появления негативных последствий можно не беспокоиться. Через 24 часа эмаль зуба осталась такого же оттенка. Через 7 дней изменений не выявлено.



Второй зуб (рис. 2) внешне интактный. Цвет эмали С2-С3. Яркий белый натуральный цвет. Зуб был помещен в реагент «кола». Красящие вещества: краситель колер сахарный Е150d. Карамельный колер IV является наиболее опасной добавкой в группе Е150. Результаты серии научных исследований утверждают, что сахарный колер IV является слабым канцерогеном, и может послужить причиной раковых заболеваний и проблем с желудочно-кишечным трактом. Через 24 часа окрасились естественные углубления зуба (фиссуры). Внешне цвет эмали стал желтее. После 7 дней фиссуры стойко окрасились. Четко видно шейку зуба.

Третий зуб (рис. 3) внешне интактный. Цвет эмали ВЛ4-А1. Зуб был помещен в черный чай, изначально горячий, затем не подогревался. Красящие вещества: танины (дубильные вещества) — отвечают за вкусовые характеристики, обладают антимикробным действием, нормализуют пищеварительный процесс. Проникая в поры эмали, они соединяются с клетками зубной ткани, придавая зубам желтоватый оттенок. Через 24 часа окрасились фиссуры зуба и корень. Через 7 дней естественные углубления и корень окрасились ярче.

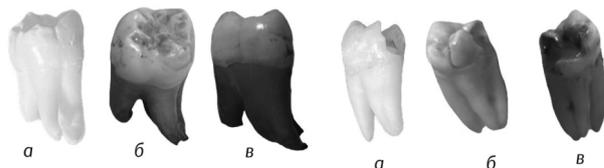


Рис.3 : а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Рис.4 : а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Четвертый зуб (рис. 4) с полостью, не кариозной, в полости виден дентин. Цвет эмали D3. Зуб был помещен в коньяк. Красящие вещества: коньячный дистиллят и пищевая добавка сахарный колер. Карамельный колер IV является наиболее опасной добавкой в группе Е150. Результаты серии научных исследований утверждают, что сахарный колер IV является слабым канцерогеном, и может послужить причиной раковых заболеваний и проблем с желудочно-кишечным трактом. Через 24 часа эмаль зуба приобрела легкий желтоватый оттенок. Во время оценки зуба было замечено, что край коронки отломился, хотя до проведения опыта не было замечено трещины с этой стороны. Но достоверного вывода о разрушающем действии коньяка мы сделать не можем. Через 7 дней было замечено более яркое окрашивание фиссур.

Пятый зуб (рис. 5) имеет наличие большой полости, внешне не кариозной, кончики корней отсутствуют. Цвет эмали А2-А3. Зуб был помещен в кофе растворимый, сначала в горячий, затем стоял в течение остального времени без подогрева. Окрашивание происходит из-за дубильных веществ (танинов). Через 24 часа зуб полностью окрасился. Через 7 дней зуб полностью приобрел цвет кофе, особенно темно окрасилась полость.

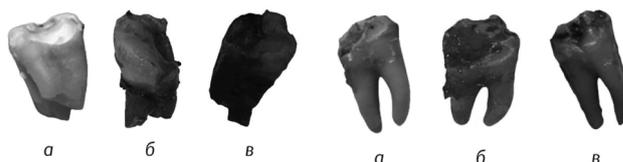


Рис.5 : а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Рис.6 : а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Шестой зуб (рис. 6) с кариозной полостью, достаточно большой. Цвет эмали В3-В4. Зуб был помещен в воду с добавлением поп-корна, окрашенного FCF блестящим синим (имеющий краситель Е133). Пищевая добавка Е133 оказывает негативное воздействие на организм человека. Являясь синтетическим красителем, она разрушительно влияет на органы желудочно-кишечного тракта и на организм в целом. «Синий блестящий FCF» плохо всасывается в органах ЖКТ и большая его часть покидает организм в неизменном виде. Но даже та небольшая часть, которая всасывается в кишечнике, причиняет организму определённый вред. После 24 часов зуб полностью окрасился, не осталось ни одного свет-

лого места. Через 7 дней изменений больше не наступило.

Седьмой зуб (рис. 7) интактный, кончики корней отломлены. Цвет эмали А1. Зуб был помещен в ежевичное вино. Окрашивание зуба происходит из-за сочетания 3 факторов: пигменты пищи (танины и антоцианы), низкий уровень pH, этанол. После 24 часов зуб ярко окрасился, после 7 дней зуб стал темно-красного цвета.

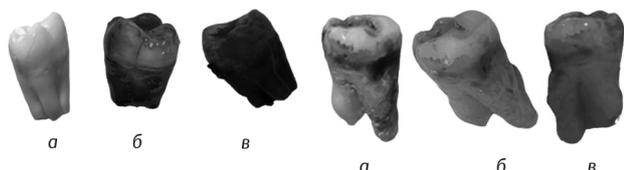


Рис. 7: а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Рис. 8: а - зуб до; б - зуб через 24 часа; в - зуб после 7 дней

Восьмой зуб (рис. 8) имеет кариозную полость, пигментацию в коронковой области, мелкие полости на всем протяжении коронки зуба. Цвет эмали не включая пигментации — А4. Зуб был помещен в воду с до-

бавлением красного жидкого пищевого красителя. Красители проникают в твердые ткани зуба через дефекты развития или приобретенные дефекты, в результате заболеваний твердых тканей — например. После 24 часов окрашивание в большей степени заметно в области пигментации и мелких дефектов зуба. Но и так называемая интактная эмаль окрасилась тоже. Через 7 дней цвет окрашенных зон стал ярче.

### Заключение

В ходе проделанной работы были получены следующие закономерности: зубная эмаль легко окрашивается как натуральными, так и искусственными пищевыми красителями, но самые стойкие пигменты находятся в кофе и, особенно, в вине, ведь окрашивание зуба происходит из-за сочетания 3 факторов: пигменты пищи (танины и антоцианы), низкий уровень pH, этанол, усиливающий проникновение данных пигментов в эмаль. Это говорит о высокой устойчивости именно со стороны натуральных окрашивающих веществ, с которыми человек сталкивается часто в повседневной жизни.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович А.В., Новак М.О. Частота встречаемости методик клинического отбеливания зубов в коммерческих стоматологических клиниках Российской Федерации, *Парадонтология*, 2017, Т. 22, № 2.
2. Акулович А.В., Ялышев Р.К. Домашнее отбеливание как важнейший элемент комплексного подхода к устранению дисколоритов зубов. *Эстетическая стоматология*, 2015, № 1–2.
3. Hattab F., Oudeimat M., al-Rimawi H. Dental discoloration: an overview. *J Esthet Dent*. 1999.
4. Житков М.Ю., Поповкина О.А., Вагнер В.Д. Сравнительная оценка влияния различных средств для домашнего отбеливания на твердые ткани зуба. — Институт стоматологии. — 2007.
5. Поповкина О.А. Сравнительная характеристика эффективности и безопасности использования средств и систем для домашнего отбеливания зубов: автореф. дис. канд. мед. наук. — М., 2009.
6. Сарап Л.Р., Подзорова Е.А., Матело С.К., Купец Т.В. Использование R.O.C.S. Medical Minerals в стоматологической практике // *Клиническая стоматология*. — 2005.
7. Леонтьев В.К., Пахомов Г.Н. Профилактика стоматологических заболеваний. — М., 2006.
8. Кузьмина Э.М. Профилактика стоматологических заболеваний. — М., 2001.
9. Флейшер Г.М. Причины развития дисколорита зубов. 2018. № 10 (40).
10. Винниченко Ю.А., Дмитрова А.Г., Сыч М.Ю. Клиническое исследование влияния натуральных растительных компонентов в составе зубных паст на возможность окрашивания эмали зубов. *Стоматология для всех*. 2011. № 2.
11. Григорян М.М., Короткая А.Р. Причины дисколорита зубов и методы его лечения путем отбеливания. Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 2–4

© Лоншакова Алина Владимировна (marka.ali@mail.ru); Смышникова Любовь Ивановна (grigorova\_tsu@mail.ru);

Майорова Олеся Николаевна (olesya\_mayorova@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НМРЛ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ — ЮГРА

## INDIVIDUALIZATION OF SPECIFIC MOLECULAR AND GENETIC CHANGES OF NSCLC PATIENTS WITH MOLECULAR GENETIC MUTATIONS IN THE KHANTY- MANSIYSK AUTONOMOUS DISTRICT — UGRA

**A. Mordovskii**  
**A. Aksarin**  
**P. Troyan**  
**S. Kopeyka**  
**J. Karabaev**  
**A. Pakhtusov**

*Summary.* The article presents clinicopathologic, gender, demographic and anamnestic characteristics of NSCLC patients with molecular genetic changes in Khanty-Mansiysk autonomous district-Ugra. The clinical material for the study consisted of 266 NSCLC patients. The characterization of mutations in EGFR, ALK, ROS1, BRAF, ERBB2 (HER2), KRAS, MET oncogenes, as well as PD-L1 expression level is presented. Lung adenocarcinoma showed the highest proportion of genetic aberrations — 33 % (87/266), in comparison with other histologic subtypes — 6 % (16/266). The relative chance of developing genetic aberrations in EGFR, KRAS, ALK oncogenes was 21.08; 9.04 and 10.84 times higher in lung adenocarcinomas; 15.87, 2.18 10.2 times higher among never smokers than in control groups, respectively. The relative chance of developing genetic alterations in EGFR and ALK oncogenes among those living in Yugra at the time of diagnosis  $\geq 30$  years was 0.42 and 0.31 times higher, than in the control group. PD-L1 expression status did not affect the frequency of genetic changes in EGFR, ALK, KRAS, and HER2 oncogenes.

*Keywords:* lung cancer, morbidity, mortality, adenocarcinoma, squamous cell cancer, biological marker, oncogene, molecular genetic diagnosis, target therapy.

**Мордовский Алексей Александрович**  
Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского  
автономного округа — Югры  
«Сургутская окружная клиническая больница»  
a-mordovskiy@mail.ru

**Аксарин Алексей Александрович**  
Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского  
автономного округа-Югры  
«Сургутская окружная клиническая больница»;  
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-  
Мансийского автономного округа — Югры  
«Сургутский государственный университет»  
aksarinaa@surgutokb.ru

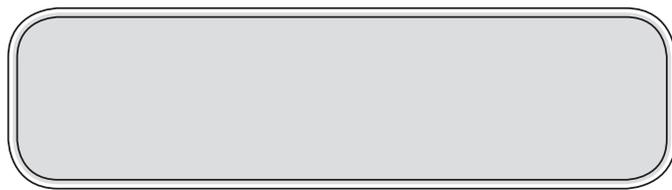
**Троян Павел Петрович**  
Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского  
автономного округа-Югры  
«Сургутская окружная клиническая больница»  
troyanpp@surgutokb.ru

**Копейка Сергей Михайлович**  
Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского  
автономного округа-Югры  
«Сургутская окружная клиническая больница»  
KopeykaSM@surgutokb.ru

**Карабаев Жамшид Бахадырович**  
Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского  
автономного округа-Югры  
«Сургутская окружная клиническая больница»  
zkarabaev94@gmail.com

**Пахтусов Алексей Иванович**  
Бюджетное учреждение высшего образования  
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры  
«Сургутский государственный университет»,  
pahтусov@bk.ru

*Аннотация.* В статье представлены клинико-патологические, гендерные, демографические и анамнестические характеристики больных НМРЛ с молекулярно-генетическими изменениями в Ханты-Мансийском автономном округе — Югра. Клинический материал для исследования составили 266 больных НМРЛ. Представлена характеристика мутаций в онкогенах EGFR, ALK, ROS1, BRAF, ERBB2 (HER2), KRAS, MET, а также уровень экспрессии PD-L1. При аденокарциноме лёгкого наблюдался наибольший удельный вес генетических aberrаций — 33 % (87/266), в сравнении с другими гистологическими подтипами — 6 % (16/266). Относительный шанс развития генетических aberrаций в онкогенах EGFR, KRAS, ALK был в 21,08; 9,04 и 10,84 раза выше при аденокарциноме лёгкого; в 15,87, 2,18 10,2 раза соответственно выше среди никогда не куривших, чем в группах контроля. Относительный шанс развития генетических изменений онкогенов EGFR и ALK среди лиц, проживающих в Югре на момент постановки диагноза  $\geq 30$  лет был в 0,42 и 0,31 раза выше, чем в группе контроля. Статус экспрессии PD-L1



## Введение

**Р**ак лёгкого (РЛ) относится к числу самых гетерогенных по механизму канцерогенеза и одним из сложных по молекулярной основе заболевания среди злокачественных новообразований, характеризующийся высокой смертностью как среди мужчин, так и женщин. Высокая одногодичная летальность (48,8 %) и низкие показатели пятилетней выживаемости при раке лёгкого особенно при IIIA — 36 %, IIIB — 26 %, IIIC — 13 %, IVA — 10 %, и IVB — 0 % стадиях, объясняются, как правило, большим числом местно-распространённых и запущенных форм заболевания, на которых был диагностирован процесс [4, 16].

По мировым данным, только от рака лёгкого в 2020 году умерло около 1,8 млн человек, с прогностическим ростом смертности до 3,01 млн человек через 20 лет [12].

Рост стандартизованного показателя заболеваемости РЛ в динамике за 2001–2020 гг. наблюдается и в ХМАО–Югре, превышая показатели по Российской Федерации в целом (27,5 против 20,3 на 100 тыс. населения — 2020 год) [4, 7].

Рак лёгких принято делить на две большие группы: немелкоклеточный и мелкоклеточный (НМРЛ — 80–85 % и МРЛ — 10–15 % соответственно) [19].

Немелкоклеточный рак лёгкого, так же подразделяется на три основных гистологических подтипа: аденокарциному — 40 %, плоскоклеточный рак — 20–30 % и крупноклеточную карциному (от 9 до 19 % всех случаев РЛ) [9, 30]. Другие, гистологические подтипы рака лёгкого, такие как аденосквамозная, саркоматоидная, плеоморфные (включая веретенкоклеточные и гигантоклеточные) карциномы лёгкого встречаются значительно реже [30].

В настоящее время достижения в области молекулярной биологии и генетики повышают шансы по выявлению молекулярных маркёров рака лёгкого, которые зачастую и обеспечивают возможные мишени для лекарственной терапии [13].

Генетические аберрации лучше изучены и чаще наблюдаются при аденокарциноме лёгкого, но в последние годы растёт интерес и к молекулярной панели других гистологических подтипов, предлагая все новые

не повлиял на частоту встречаемости генетических изменений в онкогенах EGFR, ALK, KRAS, HER2.

*Ключевые слова:* рак лёгкого, заболеваемость, смертность, аденокарцинома, плоскоклеточный рак, биологический маркер, онкоген, молекулярно-генетическая диагностика, таргетная терапия.

потенциальные терапевтические мишени и опции для терапии НМРЛ.

Если в мире наблюдается рост числа аденокарциномы лёгкого, то в ряде работ российских авторов доминирующей гистологической формой НМРЛ в регионах Российской Федерации, в том числе и ХМАО–Югре остаётся плоскоклеточный рак [1, 2, 3, 6].

Ряд исследований показал, что пациенты с НМРЛ, несущие активирующие мутации в рецепторе эпидермального фактора роста (EGFR), демонстрировали более длительную общую выживаемость и выживаемость без прогрессирования при лечении ингибиторами тирозинкиназы (ИТК), в том числе при проведении адъювантной терапии по сравнению с пациентами, получавшими только стандартные режимы химиотерапевтического лечения [22, 28].

Пациенты с транслокацией онкогена ALK или ROS1 хорошо реагируют на терапию селективным низкомолекулярным ингибитором рецепторов тирозинкиназы (Кризотиниб), селективными ингибиторами протеинкиназы ALK (Алектиниб, Лорлатиниб), в том числе эффективность Кризотиниба наблюдалась и при утрате 14-го экзона гена MET, а у пациентов с мутацией гомолога в гене BRAF возможна терапия комбинацией ингибиторов BRAF и MEK [15, 25]. Существует ещё ряд известных специфических генетических изменений, в частности в генах HER2, NTRK, KRAS (G12C) для которых уже существует целевая (таргетная) терапия, результаты которой, так же показывают неплохие отдалённые результаты в клинических исследованиях [23, 26].

В последние годы, значимая роль отводится и группе иммунотерапевтических препаратов, направленных против лиганда запрограммированной смерти 1 (PD-L1) и его рецептора (PD-1), которые улучшили общую выживаемость у пациентов как с локальными, так и распространёнными формами рака лёгкого. Экспрессия белка PD-L1 стала биомаркером, предсказывающим, какие пациенты с большей вероятностью ответят на данный вид лечения [14, 27, 29]. Уровень экспрессии белка PD-L1 может быть различным в зависимости от статуса табакокурения, гистологического типа, степени дифференцировки и других патогистологических особенностей опухоли.

Удельный вес геномных биомаркеров варьирует в зависимости от расовой принадлежности, пола, статуса та-

бакокурения, гистологического подтипа, степени дифференцировки и региона проживания: EGFR (10–30 %), ALK (3–7 %), ROS1 (1–2 %), BRAF (1–3 %), ERBB2 (1–4 %), KRAS (25–30 %), MET (2–4 %), RET (1–2 %), NTRK1/2/3 (<1 %), PD-L1 (<1 % до 67 %, 1–49 % до 22%, ≥50 % до 10 %) [10, 11, 17, 18, 20, 24].

Клиническая значимость биомаркеров опухоли может влиять непосредственно как на эффективность лечения, в том числе и выборе последующих линий лекарственной терапии при развитии резистентности, так и судить о прогнозе заболевания при их наличии. Одним из таких распространенных примеров генетических изменений, можно считать приобретение мутации T790M гена EGFR при терапии ИТК 1 и 2 поколения и как следствие показанием к терапии ИТК 3 поколения, а также наличие мутации гена KRAS являющийся прогностическим маркером для низкой общей выживаемости у пациентов с НМРЛ [5, 21].

*Цель работы:* изучить клинико-патологические, гендерные, демографические и анамнестические особенности больных НМРЛ с молекулярно-генетическими изменениями, а также различия с группой контроля, не имеющей драйверных мутаций в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре.

*Материалы:* клинический материал для исследования составили 266 больных с диагнозом НМРЛ, проходивших лечение в окружном онкологическом центре БУ «Сургутская окружная клиническая больница», ХМАО–Югры за период 2020–2023 гг. Всем пациентам было проведено молекулярно-генетическое тестирование на наличие генетических aberrаций: EGFR, ALK, ROS1, BRAF, ERBB2 (HER2), KRAS, MET, RET, NTRK1/2/3, экспрессия PD-L1. Все случаи были подтверждены при патогистологическом исследовании как НМРЛ, а стадия опухоли установлена по восьмому изданию классификации TNM. У всех пациентов анализировали пол, возраст, анамнез курения, стадия заболевания, локализация опухолевого процесса, гистологический тип опухоли, экспрессия PD-L1 и количество лет, прожитых в ХМАО–Югре на момент постановки диагноза. Основная группа — 106 больных с наличием специфических молекулярно генетических изменений. Контрольная группа — 160 больных без наличия специфических молекулярно генетических изменений.

*Методы:* для анализа статистических факторов использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни и критерий Фишера. Рассчитывался относительный шанс развития события в основной группе по сравнению с группой контроля. Статистически значимое различие показателей устанавливалась при  $p < 0,05$  — обычный уровень, т.е. получен статистически значимый результат и при  $p \leq 0,01$  — высокий уровень,

т.е. выявлена выраженная закономерность. Для расчета использовались программы STATISTICA 10 и MS EXCEL.

## Результаты и обсуждение

Из всех обследованных больных, у 39,8 % (106/266) имелись специфические генные изменения. Эти больные составили основную группу. У 160 больных (60,2 %) драйверных мутаций не было выявлено, и они составили группу контроля. Количество мужчин в 2 раза преобладало над количеством женщин (74 % и 26 % соответственно). Среди всех исследуемых, 31,2% случаев составили пациенты с I–II стадией заболевания и 68,8 % с III–IV стадией заболевания. Периферическая локализация опухолей лёгкого встречалась в 2,6 раза чаще, чем центральная (72,2 % и 27,8 % соответственно). Большое количество пациентов (71 %) имело в анамнезе табакокурение, из которых 28,6 % — бывшие курильщики, а 42,4 % продолжали курить. Наибольшее число случаев пришлось на возрастную группу заболевших в возрасте ≥ 48 лет — 91,7 % и только 8,3 % были моложе 48 лет. Из них, на момент начала заболевания количество лет прожитых в Югре составляло в группе ≥ 30 лет — 42,5 % и в группе <30 лет — 57,5 %.

Среди гистологических подтипов рака лёгкого наиболее частыми являлись аденокарцинома — 54,1 % и плоскоклеточная карцинома — 38,4 %. Крупноклеточный, аденосквамозный и недифференцированный рак составили менее 8 % случаев. В структуре всех случаев НМРЛ, имеющих разные гистологические подтипы, наибольший удельный вес наблюдался у пациентов с мутацией в гене EGFR (exon 19, 20, 21) — 15,4 % и в гене KRAS (кодны 12, 13, 61) — 13,5 %. Генетические aberrации в генах ALK, ROS-1 HER2, BRAF и MET в 14 экзоне составили 5,3 %, 1,5 %, 3,0 %, 0,8 % и 0,4 % случаев соответственно. Высокая (≥50 %) и средняя (1–49 %) экспрессия гена PD-L1 наблюдалась лишь в 4,5 % и 16,2 % случаев, в то время как основной удельный вес пришелся на группу с низким уровнем (<1 %) экспрессии гена PD-L1 — 63,2 %. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основная информация 266 пациентов с НМРЛ

Клинико-патологические параметры		Число случаев	Удельный вес (%)
Пол	Мужской	198	74,0
	Женский	68	26,0
Стадия TNM	I	65	24,4
	II	18	6,8
	III	92	34,6
	IV	91	34,2

Клинико-патологические параметры		Число случаев	Удельный вес (%)
Локализация опухоли	Периферический	192	72,2
	Центральный	74	27,8
Курение в анамнезе	Никогда не курили	77	29,0
	Курили ранее	76	28,6
	Продолжают курить	113	42,4
Гистология	Аденокарцинома	144	54,1
	Плоскоклеточный	102	38,4
	Крупноклеточный	11	4,1
	Аденосквамозный	7	2,6
	Недифференцированный	2	0,8
Мутация/ Транслокация/ Амплификация	<b>EGFR экзон (19, 20, 21)</b>	<b>41</b>	<b>15,4</b>
	<b>ALK</b>	<b>14</b>	<b>5,3</b>
	<b>ROS1</b>	<b>4</b>	<b>1,5</b>
	<b>ERBB2 (HER2)</b>	<b>8</b>	<b>3,0</b>
	<b>BRAF</b>	<b>2</b>	<b>0,8</b>
	<b>KRAS (кодоны 12, 13, 61)</b>	<b>36</b>	<b>13,5</b>
	<b>MET в 14 экзоне</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>
	<b>RET</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>NTRK1/2/3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Отсутствует (группа контроля)</b>	<b>160</b>	<b>60,1</b>
Экспрессия PD-L1	Высокая: $\geq 50\%$	12	4,5
	Средняя: 1–49 %	43	16,2
	Низкая: $< 1\%$	168	63,2
	Не исследовался	43	16,2
Возраст (лет)	$\geq 48$ лет	244	91,7
	$< 48$ лет	22	8,3
Прожито в Югре (лет)	$\geq 30$ лет	113	42,5
	$< 30$ лет	153	57,5

Основными генетическими абберациями среди аденокарцином лёгкого по частоте выявляемости наблюдались в генах EGFR (19, 20, 21 экзоны) — 25,7 % (37/144), KRAS — 20,8 % (30/144), ALK — 8,3 % (12/144), ROS1 — 2,8 % (4/144), ERBB2 (HER2) — 2,1 % (3/144), BRAF — 0,7 % (1/144) случаев. Единичный случай мутации гена MET в 14 экзоне наблюдался лишь при плоскоклеточной карциноме лёгкого.

Удельный вес мутаций гена EGFR (19 и 21 экзоны) в структуре аденокарциномы лёгкого всех исследуемых больных составил — 25,0 % (36/144), что в целом выше, чем по данным исследований в Российской Федера-

ции — 18–20,2 % [17, 20]. Доля случаев с генетическими изменениями в генах ALK, ROS-1, ERBB2(HER2), BRAF и KRAS при аденокарциноме лёгкого, в целом, соответствует среднестатистическим данным мировой литературы. Удельный вес уровней экспрессии PD-L1 (низкий, средний, высокий), так же сопоставимы с данными научной литературы других авторов.

Мутации гена EGFR в 19 экзоне наблюдались в 2,3 и 13,5 раза чаще (27 случаев), чем в 21 и 20 экзонах соответственно, и на практике характеризуется более благоприятным ответом на терапию ИТК 1–3 поколения

Генетические абберации в гене EGFR, ROS1 наблюдались преимущественно у женщин в отличие от гендерных особенностей при генетических изменениях в онкогенах KRAS, HER2, ALK, MET, BRAF, где основную долю составили мужчины.

Транслокации ROS1 наблюдались исключительно среди некурящих, при аденокарциноме лёгкого и в 3 раза чаще среди женщин, чем мужчин (3 и 1 случай соответственно). Мутации в генах MET (14 экзон) и BRAF наблюдались исключительно у курящих мужчин при плоскоклеточном, аденокарциноме и крупноклеточном раке лёгкого соответственно.

В по возрастной структуре наибольшее число случаев среди всех пациентов с генетическими изменениями приходится на группу 45 лет и старше. Частота случаев генетических изменений в генах EGFR, ALK, ROS1, KRAS встречается практически во всех возрастных группах начиная с 25–29 лет с максимальными значениями в более старших возрастных группах (45 и старше лет). Генетические изменения в генах ERBB2(HER2), MET и BRAF наблюдались преимущественно в возрастной группе 45–74 лет.

Для оценки различий среди групп пациентов с наличием и без молекулярно-генетических изменений по различным клинико-патологическим, гендерным и анамнестическим данным, а также относительным шансом развития в различных подгруппах мы провели статистический анализ, результаты которого представлены в таблицах 2–5. Генетические изменения в онкогенах ROS1, BRAF и MET в 14 экзоне не были включены в расчёты в связи с небольшим числом случаев.

По результату анализа были получены статистически значимые различия в контрольной и основных подгруппах со специфическими молекулярными генетическими изменениями по полу для онкогенов EGFR (преимущественно у женщин)  $p < 0,001$  и ALK (преимущественно у мужчин)  $p = 0,015$ , возрасту  $\geq 48$  лет  $p = 0,002$  и стадии заболевания ( $\leq III$ )  $p = 0,012$  для онкогена ALK, локализации опухолевого процесса (преимущественно периферическое) для онкогенов EGFR  $p < 0,001$  и KRAS  $p = 0,019$

Таблица 2.

Характеристика пациентов с наличием и отсутствием специфических молекулярно-генетических изменений по полу, возрасту и стадии заболевания

Группы сравнения:	Пол: Мужчины Женщины	Возраст: ≥ 48 лет	Стадия: I–IV	Стадия: ≤ III	Локализация: Периферический Центральный
1 — Контрольная (нет мутации) n=160 <sup>1</sup>	137 (85.6 %)	137 (85.6 %)	137 (85.6 %)	137 (85.6 %)	137 (85.6 %)
2 — (EGFR del19 и L858R) n=39 <sup>2</sup>	11 (28.9 %)	11 (28.9 %)	11 (28.9 %)	11 (28.9 %)	11 (28.9 %)
3 — (KRAS) n=36 <sup>3</sup>	29 (80.6 %)	29 (80.6 %)	29 (80.6 %)	29 (80.6 %)	29 (80.6 %)
4 — (ALK) n=14 <sup>4</sup>	8 (57.1 %)	8 (57.1 %)	8 (57.1 %)	8 (57.1 %)	8 (57.1 %)
5 — (HER2) n=8 <sup>5</sup>	8 (100.0 %)	8 (100.0 %)	8 (100.0 %)	8 (100.0 %)	8 (100.0 %)
p-value ОШ (95 % ДИ)	p <sup>1-2</sup> =0.07 [0.03–0.16] p <sup>1-3</sup> =0.70 [0.27–1.77] p <sup>1-4</sup> =0.22 [0.07–0.70]	p <sup>1-2</sup> =0.26 [0.07–0.89] p <sup>1-3</sup> =0.24 [0.07–0.84] p <sup>1-4</sup> =0.07 [0.02–0.27]	p <sup>1-2</sup> =0.07 [0.03–0.16] p <sup>1-3</sup> =0.70 [0.27–1.77] p <sup>1-4</sup> =0.22 [0.07–0.70]	p <sup>1-2</sup> =0.07 [0.03–0.16] p <sup>1-3</sup> =0.70 [0.27–1.77] p <sup>1-4</sup> =0.22 [0.07–0.70]	p <sup>1-2</sup> =0.07 [0.03–0.16] p <sup>1-3</sup> =0.70 [0.27–1.77] p <sup>1-4</sup> =0.22 [0.07–0.70]
По критерию Фишера, p; По критерию Манна-Уитни, p	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> =0.447 p <sup>1-4</sup> =0.015 p <sup>1-5</sup> =0.6	p <sup>1-2</sup> =0.137 p <sup>1-3</sup> =0.354 p <sup>1-4</sup> =0.002 p <sup>1-5</sup> =1.0	p <sup>1-2</sup> =0.251 p <sup>1-3</sup> =0.664 p <sup>1-4</sup> =0.008 p <sup>1-5</sup> =0.422	p <sup>1-2</sup> =0.175 p <sup>1-3</sup> =0.23 p <sup>1-4</sup> =0.012 p <sup>1-5</sup> =0.233	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> =0.019 p <sup>1-4</sup> =0.143 p <sup>1-5</sup> =0.712

Таблица 3.

Характеристика пациентов с наличием и отсутствием специфических молекулярно-генетических изменений в зависимости от анамнеза табакокурения и количества лет прожитых в Югре

Группы сравнения	Статус курения			Кол-во лет прожито в Югре	Кол-во лет прожито в Югре: ≥ 30
	не курит	курил ранее	продолжает курить		
1 — Контрольная (нет мутации) n=160 <sup>1</sup>	24 (15.0 %)	55 (34.4 %)	80 (50.0 %)	35.1 (26.0–46.0)	113 (70.6 %)
2 — (EGFR del19 и L858R) n=39 <sup>2</sup>	28 (73.7 %)	8 (21.1 %)	2 (5.3 %)	30.6 (24.0–40.0)	19 (50.0 %)
3 — (KRAS) n=36 <sup>3</sup>	10 (27.8 %)	9 (25.0 %)	17 (47.2 %)	34.1 (29.0–43.0)	25 (69.4 %)
4 — (ALK) n=14 <sup>4</sup>	9 (64.3 %)	2 (14.3 %)	3 (21.4 %)	24.6 (15.0–38.0)	6 (42.9 %)
5 — (HER2) n=8 <sup>5</sup>	0 (0.0 %)	1 (12.5 %)	7 (87.5 %)	35.1 (30.0–40.0)	6 (75.0 %)
p-value ОШ (95 % ДИ)	p <sup>1-2</sup> =15.87 [6.83–36.84] p <sup>1-3</sup> =2.18 [0.93–5.09] p <sup>1-4</sup> =10.20 [3.15–33.07]	p <sup>1-2</sup> =0.51 [0.22–1.19] p <sup>1-3</sup> =0.64 [0.28–1.45] p <sup>1-4</sup> =0.32 [0.07–1.47] p <sup>1-5</sup> =0.27 [0.03–2.27]	p <sup>1-2</sup> =0.06 [0.01–0.24] p <sup>1-3</sup> =0.89 [0.43–1.85] p <sup>1-4</sup> =0.27 [0.07–1.01] p <sup>1-5</sup> =7.00 [0.84–58.21]		p <sup>1-2</sup> =0.42 [0.20–0.86] p <sup>1-3</sup> =0.95 [0.43–2.08] p <sup>1-4</sup> =0.31 [0.10–0.95] p <sup>1-5</sup> =1.25 [0.24–6.41]
По критерию Фишера, p; По критерию Манна-Уитни, p	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> =0.087 p <sup>1-4</sup> <0.001 p <sup>1-5</sup> =0.603	p <sup>1-2</sup> =0.125 p <sup>1-3</sup> =0.329 p <sup>1-4</sup> =0.149 p <sup>1-5</sup> =0.271	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> =0.854 p <sup>1-4</sup> =0.051 p <sup>1-5</sup> =0.065	p <sup>1-2</sup> =0.053 p <sup>1-3</sup> =0.482 p <sup>1-4</sup> =0.013 p <sup>1-5</sup> =0.657	p <sup>1-2</sup> =0.021 p <sup>1-3</sup> =1.0 p <sup>1-4</sup> =0.04 p <sup>1-5</sup> =1.0

с относительным шансом развития в 0,07 и 0,7 раз соответственно.

По результату анализа были получены статистически значимые различия в контрольной и основных подгруппах со специфическими молекулярными генетическими изменениями по статусу курения для онкогенов EGFR p<0,001 и ALK p<0,001 с высоким ОШ развития в 15,87 и 10,2 раз соответственно среди не курящих. Так же на-

блюдались статистически значимые различия в исследуемых подгруппах среди лиц, проживающих в Югре на момент постановки диагноза ≥ 30 лет: в онкогенах EGFR p=0,021 и ALK p=0,04 с ОШ развития в 0,42 и 0,31 раза соответственно.

По результату анализа были получены статистически значимые различия в контрольной и основных подгрупп-

Таблица 4.

Характеристика пациентов с наличием и отсутствием специфических молекулярно-генетических изменений в зависимости от гистологического подтипа опухоли

Группы сравнения	Гистологический подтип карциномы				
	плоскоклеточный	аденокарцинома	аденосквамозный	крупноклеточный	недифференцированный
1 — Контрольная (нет мутации) n=160 <sup>1</sup>	91 (56.9 %)	57 (35.6 %)	3 (1.9 %)	8 (5.0 %)	1 (0.6 %)
2 — (EGFR del19 и L858R) n=39 <sup>2</sup>	0 (0.0 %)	35 (92.1 %)	2 (5.3 %)	1 (2.6 %)	0 (0.0 %)
3 — (KRAS) n=36 <sup>3</sup>	4 (11.1 %)	30 (83.3 %)	1 (2.8 %)	1 (2.8 %)	0 (0.0 %)
4 — (ALK) n=14 <sup>4</sup>	2 (14.3 %)	12 (85.7 %)	0 (0.0 %)	0 (0.0 %)	0 (0.0 %)
5 — (HER2) n=8 <sup>5</sup>	4 (50.0 %)	3 (37.5 %)	0 (0.0 %)	0 (0.0 %)	1 (12.5 %)
p-value ОШ (95 % ДИ)	p <sup>1-3</sup> =0.09 [0.03–0.28] p <sup>1-4</sup> =0.13 [0.03–0.58] p <sup>1-5</sup> =0.76 [0.18–3.14]	p <sup>1-2</sup> =21.08 [6.21–71.60] p <sup>1-3</sup> =9.04 [3.55–23.00] p <sup>1-4</sup> =10.84 [2.34–50.15] p <sup>1-5</sup> =1.08 [0.25–4.70]	p <sup>1-2</sup> =2.91 [0.47–18.04] p <sup>1-3</sup> =1.50 [0.15–14.80]	p <sup>1-2</sup> =0.51 [0.06–4.23] p <sup>1-3</sup> =0.54 [0.07–4.48]	p <sup>1-5</sup> =22.71 [1.28–401.96]
По критерию Фишера, p; По критерию Манна-Уитни, p	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> <0.001 p <sup>1-4</sup> =0.004 p <sup>1-5</sup> =0.729	p <sup>1-2</sup> <0.001 p <sup>1-3</sup> <0.001 p <sup>1-4</sup> <0.001 p <sup>1-5</sup> =1.0	p <sup>1-2</sup> =0.245 p <sup>1-3</sup> =0.559 p <sup>1-4</sup> =1.0 p <sup>1-5</sup> =1.0	p <sup>1-2</sup> =1.0 p <sup>1-3</sup> =1.0 p <sup>1-4</sup> =1.0 p <sup>1-5</sup> =1.0	p <sup>1-2</sup> =1.0 p <sup>1-3</sup> =1.0 p <sup>1-4</sup> =1.0 p <sup>1-5</sup> =0.093

Таблица 5.

Характеристика пациентов с наличием и отсутствием специфических молекулярно-генетических изменений в зависимости от уровня экспрессии PD-L1

Группы сравнения	Уровень экспрессии PD-L1		
	низкий	средний	высокий
1-Контрольная (нет мутации) n=160 <sup>1</sup>	87 (54.4 %)	29 (18.1 %)	9 (5.6 %)
2 — (EGFR del19 и L858R) n=39 <sup>2</sup>	19 (50.0 %)	4 (10.5 %)	0 (0.0 %)
3 — (KRAS) n=36 <sup>3</sup>	24 (66.7 %)	6 (16.7 %)	2 (5.6 %)
4 — (ALK) n=14 <sup>4</sup>	5 (35.7 %)	3 (21.4 %)	0 (0.0 %)
5 — (HER2) n=8 <sup>5</sup>	7 (87.5 %)	0 (0.0 %)	1 (12.5 %)
p-value ОШ (95 % ДИ)	p <sup>1-2</sup> =0.84 [0.41–1.70] p <sup>1-3</sup> =1.68 [0.79–3.59] p <sup>1-4</sup> =0.47 [0.15–1.45] p <sup>1-5</sup> =5.87 [0.71–48.85]	p <sup>1-2</sup> =0.53 [0.17–1.61] p <sup>1-3</sup> =0.90 [0.34–2.37] p <sup>1-4</sup> =1.23 [0.32–4.70]	p <sup>1-3</sup> =0.99 [0.20–4.78] p <sup>1-5</sup> =2.40 [0.27–21.64]
По критерию Фишера, p; По критерию Манна-Уитни, p	p <sup>1-2</sup> =0.718 p <sup>1-3</sup> =0.197 p <sup>1-4</sup> =0.264 p <sup>1-5</sup> =0.079	p <sup>1-2</sup> =0.337 p <sup>1-3</sup> =1.0 p <sup>1-4</sup> =0.724 p <sup>1-5</sup> =0.353	p <sup>1-2</sup> =0.211 p <sup>1-3</sup> =1.0 p <sup>1-4</sup> =1.0 p <sup>1-5</sup> =0.395

пах со специфическими молекулярными генетическими изменениями в онкогенах EGFR p<0,001, KRAS p<0,001, ALK p<0,001, при аденокарциноме легкого с ОШ развития в 21,08; 9,04 и 10,84 раза соответственно, что в десять раз выше, чем при плоскоклеточном раке.

По результату анализа статистически значимых различий в контрольной и основных подгруппах со специфическими молекулярными генетическими изменениями

(EGFR, ALK, KRAS, HER2) по уровню экспрессии PD-L1 не выявлено.

### Заключение

Среди гистологических подтипов рака лёгкого наиболее частыми являлись аденокарцинома и плоскоклеточная карцинома в 54,1 % и 38,4 % случаях соответственно. При аденокарциноме лёгкого наблюдался наибольший

удельный вес генетических аберраций — 33 % (87/266), в сравнении с другими гистологическими подтипами — 6 % (16/266).

Удельный вес молекулярно-генетических изменений онкогенов EGFR, KRAS, ALK, ROS1, ERBB2(HER2), BRAF при аденокарциноме лёгкого, в целом, соответствует среднестатистическим данным мировой литературы. Транслокации ROS1 наблюдались исключительно среди некурящих, при аденокарциноме лёгкого и в 3 раза чаще среди женщин, чем мужчин (3 и 1 случай соответственно). Мутации в генах MET (14 экзон) и BRAF наблюдались исключительно у курящих мужчин при плоскоклеточном, аденокарциноме и крупноклеточном раке лёгкого соответственно.

Отмечаются более высокие показатели встречаемости мутаций в онкогенах EGFR в Югре, превышающие данные по Российской Федерации (25,7 % против 20,2 %). Удельный вес уровней экспрессии PD-L1 (низкий, средний, высокий), сопоставимы с данными научной литературы других авторов. В по возрастной структуре наибольшее число случаев среди всех пациентов

с генетическими изменениями приходится на группу 45 лет и старше.

Относительный шанс развития генетических аберраций в онкогенах EGFR, KRAS, ALK был в 21,08; 9,04 и 10,84 раза выше при аденокарциномах лёгкого; в 15,87, 2,18 10,2 раза соответственно выше среди никогда не куривших, чем в группах контроля и других гистологических подтипах.

Относительный шанс развития генетических изменений онкогенов EGFR и ALK среди лиц, проживающих в Югре на момент постановки диагноза  $\geq 30$  лет в 0,42 и 0,31 раза, соответственно выше, чем в группе контроля. Статус экспрессии PD-L1 не повлиял на частоту встречаемости генетических изменений в онкогенах EGFR, ALK, KRAS, HER2.

Таким образом, изучение молекулярно-генетических изменений НМРЛ в Югре позволяет разработать правильные организационные мероприятия по лекарственному обеспечению, выбрать индивидуальную тактику лечения и дать оценку прогноза на любом этапе лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксарин, А.А. Аспекты хирургического лечения немелкоклеточного рака легкого / А.А. Аксарин, М.Д. Тер-Ованесов, А.А. Мордовский // Хирург. — 2014. — № 7. — С. 20–27.
2. Аксенова, И.А. Анализ выживаемости пациентов со злокачественными новообразованиями лёгких в Челябинской области / И.А. Аксенова, А.С. Доможирова, Т.С. Новикова // Эффективная фармакотерапия. — 2019. — Т. 15. — № 3. — С. 18–22.
3. Имянитов Е.Н. Молекулярная онкология: клинические аспекты / Е.Н. Имянитов, К.П. Хансон. — Санкт-Петербург: Издательский дом СПбМАПО, 2007. — 213 с.
4. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению в России в 2020 году. М., 2021. 222 с.
5. Лясников К.А., Шляхтунов Е.А. Клиническая значимость молекулярно-генетических маркеров при диагностике и персонализации терапии рака легкого // Вестник Витебского государственного медицинского университета. — 2020. — Т. 19. — № 2. — С. 7–18
6. Мерабишвили В.М, Барчук А.С., Барчук А.А., и др. Заболеваемость, диагностика, динамика гистологической структуры, эффективность лечения больных раком легкого различных возрастно-половых групп на современном этапе // Профилактическая и клиническая медицина. — 2015. — № 3(56). — С. 88–97.
7. Мордовский А.А. и др. Эпидемиологическая характеристика заболеваемости и смертности от рака легкого в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре // Сибирский онкологический журнал. — 2021. — Т. 20. — № 4. — С. 30–38.
8. Поляков И.С., Имянитов Е.Н. Молекулярная патология рака лёгкого: клинические аспекты // Сибирский онкологический журнал. — 2013. — № 6 (60).
9. Смирнова Е.А. и др. Морфологические критерии крупноклеточного рака легкого: диагностика и прогноз // Вестник РОНЦ им. НН Блохина РАМН. — 2008. — Т. 19. — № 3. — С. 57–63.
10. Троян П.П. и др. Клинические, патологические, гендерные и демографические особенности больных НМРЛ с молекулярно-генетическими мутациями в Ханты-Мансийском автономном округе — Югра // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 2-2. — С. 203–210.
11. Шнейдер О.В. и др. Биомаркеры и таргетная терапия при раке легких // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. — 2021. — Т. 3. — №1. — С. 74–94.
12. Cancer Today. Estimated number of new cases in 2020 worldwide, both sexes, all ages [Internet]. URL: [https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-table?v=2018&mode=cancer&mode\\_population=continents&population=900&populations=900&key=asr&sex=0&cancer=39&type=0&statistic=5&prevalence=0&population\\_group=0&ages\\_group\[\]=0&ages\\_group\[\]=17&nb\\_items=5&group\\_cancer=1&include\\_nmsc=1&include\\_nmsc\\_other=1](https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-table?v=2018&mode=cancer&mode_population=continents&population=900&populations=900&key=asr&sex=0&cancer=39&type=0&statistic=5&prevalence=0&population_group=0&ages_group[]=0&ages_group[]=17&nb_items=5&group_cancer=1&include_nmsc=1&include_nmsc_other=1) (cited 18.08.2023).
13. Cooper W.A. et al. Molecular biology of lung cancer // Journal of thoracic disease. — 2013. — Т. 5. — №. Suppl 5. — С. S479
14. Ettinger D.S., et al. Non-Small Cell Lung Cancer, Version 5.2017, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. J. Natl. Compr. Canc. Netw. Harborside Press, LLC, 2017. Vol.15, №4, P. 504–535

15. Friedlaender A. et al. Diagnosis and treatment of ALK aberrations in metastatic NSCLC // *Current treatment options in oncology*. — 2019. — Т. 20. — P. 1–17.
16. Goldstraw P., et al. The IASLC lung cancer staging project: Proposals for revision of the TNM stage groupings in the forthcoming (eighth) edition of the TNM Classification for lung cancer. *J. Thorac. Oncol.* 2016. Vol.11, №1, P. 39–51
17. Han B. et al. EGFR mutation prevalence in Asia-Pacific and Russian patients with advanced NSCLC of adenocarcinoma and non-adenocarcinoma histology: The IGNITE study // *Lung Cancer*. — 2017. — Т. 113. — P. 37–44.
18. Harrison P.T., Vyse S., Huang P.H. Rare epidermal growth factor receptor (EGFR) mutations in non-small cell lung cancer // *Seminars in cancer biology*. — Academic Press, 2020. — Т. 61. — P. 167–179.
19. Heighway J., Betticher D.C. Solid Tumour Section Mini Review Atlas of Genetics and Cytogenetics in Oncology and Haematology Lung tumors: an overview. *Atlas Genet Cytogenet Oncol Haematol.* 2004. Vol.8, №2
20. Imyanitov E.N., Demidova I.A., Gordiev M.G., et al. Distribution of EGFR Mutations in 10,607 Russian Patients with Lung Cancer. *Mol Diagn Ther.* 2016 Aug; 20 (4): 401-6.
21. Kosaka T. et al. Prognostic implication of EGFR, KRAS, and TP53 gene mutations in a large cohort of Japanese patients with surgically treated lung adenocarcinoma // *Journal of thoracic oncology*. — 2009. — Т. 4. — №. 1. — С. 22–29.
22. Mok T.S. et al. Gefitinib or carboplatin–paclitaxel in pulmonary adenocarcinoma // *New England Journal of Medicine*. — 2009. — Т. 361. — №. 10. — P. 947–957.
23. Oberndorfer F., Müllauer L. Molecular pathology of lung cancer: current status and perspectives // *Current opinion in oncology*. — 2018. — Т. 30. — №. 2. — P. 69–76.
24. Pawelczyk K. et al. Role of PD-L1 expression in non-small cell lung cancer and their prognostic significance according to clinicopathological factors and diagnostic markers // *International journal of molecular sciences*. — 2019. — Т. 20. — №. 4. — P. 824.
25. Planchard D. et al. Phase 2 study of dabrafenib plus trametinib in patients with BRAF V600E-mutant metastatic NSCLC: updated 5-year survival rates and genomic analysis // *Journal of Thoracic Oncology*. — 2022. — Т. 17. — №. 1. — P. 103–115
26. Ricciuti B. et al. How to manage KRAS G12C-mutated advanced non-small-cell lung cancer // *Drugs in Context*. — 2022. — Т. 11.
27. Wakelee H.A. et al. IMpower010: Primary results of a phase III global study of atezolizumab versus best supportive care after adjuvant chemotherapy in resected stage IB-IIIa non-small cell lung cancer (NSCLC). — 2021
28. Wu Y.L. et al. Osimertinib in resected EGFR-mutated non-small-cell lung cancer // *New England journal of medicine*. — 2020. — Т. 383. — №. 18. — P. 1711–1723
29. Zappa C., Mousa S.A. Non-small cell lung cancer: current treatment and future advances // *Translational lung cancer research*. — 2016. — Т. 5. — №. 3. — P. 288.
30. Zheng M. Classification and pathology of lung cancer // *Surgical Oncology Clinics*. — 2016. — Т. 25. — №. 3. — P. 447–468.

---

© Мордовский Алексей Александрович (a-mordovskiy@mail.ru); Аксарин Алексей Александрович (aksarinaa@surgutokb.ru);  
Троян Павел Петрович (trojanpp@surgutokb.ru); Копейка Сергей Михайлович (KopeykaSM@surgutokb.ru);  
Карабаев Жамшид Бахадурович (zkarabaev94@gmail.com); Пахтусов Алексей Иванович (pahtusov@bk.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## РОЛЬ СЕРДЕЧНОГО БЕЛКА, СВЯЗЫВАЮЩЕГО ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ ПРИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

### THE ROLE OF HEART FATTY ACIDS-BINDING PROTEIN IN HEART FAILURE

**L. Pakhnova  
O. Bashkina  
L. Voronina  
O. Tsverkunova**

*Summary.* Cardiovascular disease remains a global pandemic and the leading cause of death worldwide. Despite the fact that several guidelines have been developed for the control of the development of cardiovascular diseases, their prevalence continues to grow up to the present. Relevant is the identification of cardiovascular biomarkers that can fully reflect the pathogenetic mechanisms of the pathological process and allow predicting the development and course of chronic heart failure. In recent years, increasing attention has been paid to the potential role of individual biomarkers — fatty acid binding proteins (H-FABP; FABP3). The review considers in detail the relationship between H-FABP and the development of heart failure in patients with concomitant cardiac pathology (myocardial infarction, coronary heart disease).

*Keywords:* cardiovascular disease, heart failure, biomarkers, fatty acid binding proteins, H-FABP.

По данным Всемирной организации здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются причиной 17 000 000 смертей в мире, причем более 70 % случаев приходится на развивающиеся страны. Каждый год диагностируется 25 миллионов новых случаев ССЗ (ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность, врожденные пороки сердца, артериальная гипертензия, заболевания периферических артерий, ревматические, цереброваскулярные заболевания и другие) [1, 2].

Сердечная недостаточность (СН) является одним из заключительных этапов сердечно-сосудистого континуума, что определяет медицинскую, социальную и экономическую роль данной нозологии в обществе.

**Пахнова Лия Руслановна**  
кандидат медицинских наук, ассистент, Астраханский государственный медицинский университет  
pahnova@mail.ru

**Башкина Ольга Александровна**  
доктор медицинских наук, профессор, Астраханский государственный медицинский университет  
bashkina1@mail.ru

**Воронина Людмила Петровна**  
доктор медицинских наук, профессор, Астраханский государственный медицинский университет  
voroninaluda74@mail.ru

**Цверкунова Ольга Владимировна**  
заведующая кардиологическим отделением,  
врач кардиолог  
Александро-Мариинская областная клиническая больница (г. Астрахань)  
olgatsverkunova@yandex.ru

*Аннотация.* Сердечно-сосудистые заболевания остаются глобальной пандемией и ведущей причиной смертности во всем мире. Несмотря на то, что было разработано несколько руководств по контролю развития сердечно-сосудистых заболеваний, их распространенность продолжает расти и до настоящего времени. Актуальным является выявление сердечно-сосудистых биомаркеров, которые могут в полной мере отражать патогенетические механизмы патологического процесса и позволят прогнозировать развитие и течение хронической сердечной недостаточности. В последние годы все большее внимание уделяется потенциальной роли отдельных биомаркеров — белкам, связывающим жирные кислоты сердечного типа (H-FABP; FABP3). В обзоре рассмотрена связь между H-FABP и развитием сердечной недостаточности у пациентов на фоне сопутствующей кардиальной патологии (инфаркт миокарда, ишемическая болезнь сердца).

*Ключевые слова:* сердечно-сосудистые заболевания, сердечная недостаточность, биомаркеры, белки, связывающие жирные кислоты, H-FABP.

Во всем мире регистрируется порядка 23 миллиона человек, страдающих СН [3]. Расходы на здравоохранение, связанные с диагностикой, лечением СН, последующей кардиореабилитацией представляют собой серьезное экономическое бремя практически для всех систем здравоохранения в мире.

СН, по мнению некоторых исследователей, представляет собой комплексный синдром с вовлечением многих систем и органов. Биологические маркеры при данной патологии приобретают все большее значение в современной медицинской практике, поскольку они предлагают простой способ либо диагностировать патологическое состояние, либо отслеживать его динамику. Было доказано, что у пациентов с СН ряд сердечно-со-

судистых биомаркеров (сердечные тропонины, мозговой натрийуретический пептид В-типа (BNP)), которые отражают гемодинамический стресс и повреждение миокарда в результате нейрогормональных и воспалительных поражений сердца, способны предсказать риск исходов [4, 5, 6]. Тем не менее, как и многие другие биомаркеры, повышенные уровни BNP также могут указывать на альтернативные состояния, а его высвобождение может отставать в состояниях с острым началом, таких как внезапный отек легких или правосторонняя острая СН их использование может быть рекомендовано для исключения СН, но не для постановки диагноза [7].

Тем не менее, в последние годы все большее внимание в исследованиях уделяется потенциальной роли отдельных биомаркеров — белков, связывающих жирные кислоты сердечного типа (H-FABP; FABP3). Липиды организма физиологически необходимы: помимо того, что они служат эффективными долгосрочными хранилищами метаболической энергии, клеточные липиды играют сигнальную роль во многих метаболических и воспалительных процессах. Например, эйкозаноиды, такие как простагландины, образуются в результате метаболизма жирных кислот и опосредуют развитие острых воспалительных реакций [8].

Изучение опосредованной липидами передачи сигналов в метаболических, воспалительных путях и последующих биологических реакциях необходимо для понимания критических клеточных реакций, а также фундаментальной роли, которую эти липиды играют в патогенезе ряда заболеваний, связанных с метаболическими процессами. В настоящее время импорт липидов в клетку через транспортеры, такие как транслоказа жирных кислот и другие, хорошо изучены, но внутриклеточная модуляция липидных медиаторов еще находится в стадии изучения.

Уровень липидов в адипоцитах определяет выработку ими цитокинов и адипокинов, таких как лептин и адипонектин, которые оказывают влияние на процессы воспаления и метаболизма. Например, H-FABP представляют собой небольшие глобулярные белки массой 14–15 кДа, принадлежащие к семейству липид — связывающих белков [9].

В настоящее время известно по крайней мере девять тканеспецифичных изоформ FABP, которые имеют 20–70 % гомологичных аминокислотных последовательностей и очень похожие третичные структуры. Идентифицированные девять членов семейства FABP (1–9) соответствуют ткани, в которой они обильно экспрессируются: FABP1 (L-FABP, печень), FABP2 (I-FABP, кишечник), FABP3 (H-FABP, мышцы и сердце), FABP4 (A-FABP, адипоциты), FABP5 (E-FABP, эпидермис), FABP6 (IL-FABP, подвздошная кишка), FABP7 (B-FABP, головной мозг), FABP8 (M-FABP, миелин) и FABP9 (T-FABP, яичко).

Уникальная функция каждой изоформы FABP остается областью различных исследований. Их роль в клетках, вовлеченных в процесс атеросклероза коронарных, магистральных или периферических артерий, включая адипоциты, макрофаги и эндотелиальные клетки, предполагает важность FABP в развитии или прогрессировании ССЗ [10].

Основной механизм действия H-FABP связан с участием в процессах метаболизма жирных кислот. H-FABP отвечает за связывание и транспортировку длинноцепочечных жирных кислот от клеточных мембран в митохондрии. H-FABP играет ключевую роль в митохондриальном  $\beta$ -окислении посредством распределения длинноцепочечных жирных кислот. H-FABP преимущественно распределяется в сердечных миоцитах и поэтому чаще называется белком, связывающим жирные кислоты сердечного типа. H-FABP в меньшей степени, но все-же верифицируется и во множестве других тканей: в головном мозге, семенниках, почках, надпочечниках и др. [10].

Тем не менее, H-FABP является единственным представителем семейства FABP, обнаруживаемым в миокарде и красных скелетных мышцах. В проводимых экспериментальных исследованиях на мышцах было продемонстрировано, что при выключении гена H-FABP поглощение и окисление длинноцепочечных жирных кислот значительно снижалось от 45 % до 65 %, а окисление глюкозы в кардиомиоцитах увеличивалось в среднем на 80 %. Также было выявлено, что уровни экспрессии других типов FABP при этом не изменялись. Кроме того, экспериментальные данные продемонстрировали непременность физических нагрузок мышцами и развитие локальной гипертрофии миокарда при старении, что может свидетельствовать о важной роли H-FABP в поддержании метаболизма в сердце [8, 10, 11].

Исследования секвенирования одноклеточной рибонуклеиновой кислоты (РНК) показали, что повышение экспрессии H-FABP от эмбриональных кардиомиоцитов к зрелым объясняет метаболический переход от эмбрионального гликолиза к постнатальному окислению митохондриальных жирных кислот. Экспрессия H-FABP регулируется микроРНК (miR-1), роль которой в прогрессировании СН продолжает активно изучаться. МикроРНК представляют собой эндогенные малые РНК, содержащие 20–24 нуклеотида, которые посредством взаимодействия с областью специфических РНК-мишеней, способствуют трансляции белков и регулируют экспрессию генов на посттранскрипционном уровне. Данные демонстрируют факт того, что микроРНК играют критическую роль в различных биологических процессах, включая пролиферацию клеток, клеточный цикл, апоптоз, дифференцировку, миграцию клеток и передачу внутриклеточных сигналов [12]. Известно, что ми-

кроРНК участвуют в регуляции нормального развития сердца. Кластер miR-1 / miR-133 представляет собой наиболее распространенную малую РНК, экспрессируемую в сердце, и является первой и наиболее широко изученной микроРНК среди специфичных для развития сердца. Сверхэкспрессия miR-1 приводит к истончению стенки желудочка и гибели эмбриона на 13,5-й день эмбрионального развития, дефицит miR-1-2 — к плохой пролиферации желудочковых миоцитов. Кроме того, miR-1 способствовала дифференцировке эмбриональных стволовых клеток в кардиомиоциты при ряде исследований, выполненных *in vitro*. Аномальная экспрессия микроРНК связана с патофизиологическими изменениями, обусловленными развитием и прогрессированием хронических кардиометаболических заболеваний. Так, в исследовании, F. Varrone et al. (2013) было отмечено, что уровни miR-1 и H-FABP в образцах сердечной ткани и плазмы крови мышинных моделей, а также пациентов были количественно определены с помощью количественной полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией и твердофазного иммуноферментного анализа соответственно. Авторами была обнаружена обратная связь между экспрессией miR-1 в миокарде и уровнем циркулирующего H-FABP в плазме как *in vitro*, так и *in vivo* при различных патологических состояниях. Исследователи предположили, что оценка уровней H-FABP в плазме крови у пациентов может быть использована для косвенного измерения активности сердечной miR-1 [13].

Установлена корреляционная связь между показателями концентрация H-FABP и BNP у пациентов с острой СН. Механический стресс, а также клеточное повреждение, в том числе в результате ишемических или воспалительных процессов, в дальнейшем усугубляются нарушением миоцитарного гомеостаза, снижением внутриклеточного содержания H-FABP и прогрессированием СН [15, 16]. H-FABP является не только индикатором клеточного повреждения, но и маркером миоцитарного дисгомеостаза и, следовательно, дисфункции сердечной мышцы. H-FABP принимает участие в активации фактора некроза опухоли (TNF), что объясняет патофизиологическую роль некроза и / или апоптоза кардиомиоцитов у пациентов с прогрессирующей ХСН [17].

Также сообщается, что H-FABP играет важную роль в развитии инфаркта миокарда (ИМ) и рестеноза в стенке. Более того, в клинических исследованиях H-FABP определяется как маркер ишемического повреждения сердца, его экспрессия связана с серьезными неблагоприятными сердечными исходами и высокой вероятностью развития повторного ИМ [18]. В настоящее время единственным золотым стандартом лабораторной диагностики ИМ является сердечный тропонин, особенно специфические для сердца субъединицы I и T, которые можно обнаружить через 2–4 часа после начала загру-

дных болей давящего или сжимающего характера. H-FABP предложен в качестве эффективного биологического маркера повреждения миокарда. В нормальных условиях отношение присутствия H-FABP в цитозоле миокарда к плазме крови значительно выше, а концентрация H-FABP в плазме незначительна. В течение 30 минут после появления боли в грудной или загрудинной области уровень H-FABP в сыворотке или плазме крови начинает расти и достигает пика через несколько часов, после чего возвращается к исходному уровню через почечный клиренс примерно через 24 часа [19].

Недавно опубликованные данные свидетельствуют о том, что циркулирующий H-FABP является независимым предиктором сердечно-сосудистых исходов у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС). В работе M. Lichtenauer et al. (2017) авторами на примере исследования 65 пациентов с дилатационной кардиомиопатией и 59 пациентов с ИБС, страдающих СН со сниженной фракцией выброса, были отмечены значительно повышенные уровни H-FABP в обеих популяциях пациентов по сравнению с контрольной группой без признаков СН или ИБС. Более того, уровни H-FABP коррелировали не только пропорционально функциональному классу по NYHA (классы сердечной недостаточности по системе Нью-Йоркской кардиологической ассоциации), но и обратно пропорционально фракции выброса [20].

Новые биомаркеры расширяют наше понимание как физиологии ССЗ, так и патофизиологических процессов, ведущих к ремоделированию сердца и развитию СН. Путем определения соответствующей популяции пациентов в клинической практике в будущем вполне может быть получена дополнительная диагностическая ценность H-FABP как биомаркера при СН.

#### Вывод

Новые биомаркеры позволяют улучшить стратификацию риска, управление исходами и выбор оптимального метода лечения пациентов с СН. Представленный обзор литературы указывает на возможную диагностическую и прогностическую роль H-FABP в оценке СН. H-FABP участвуют в активном метаболизме и транспорте длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот, являющихся основным источником энергии для сердечной и скелетных мышц жирных. Также H-FABP оказывают модулирующее влияние на рост и пролиферацию клеток. H-FABP отличаются важными диагностическими характеристиками: растворимы в цитоплазме; высоко тканеспецифичны; содержатся в клетке в высокой концентрации; имеют низкую молекулярную массу, что позволяет рассматривать повышение данного биомаркера в крови в качестве чувствительного и специфического маркера в клинической кардиологической практике при диагностике СН

## ЛИТЕРАТУРА

1. Cardiovascular Diseases (CVDs). Available online. Electronic resource; 2022. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
2. Cheema K.M., Dicks E., Pearson J., Samani N.J. Long-term trends in the epidemiology of cardiovascular diseases in the UK: insights from the British Heart Foundation statistical compendium // *Cardiovascular Research*. — 2022. — Vol. 118. — № 10. — P. 2267–2280. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac053>.
3. Российское кардиологическое общество. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации. 2020 // *Российский кардиологический журнал*. — 2020. — Т. 25. — № 11. — С. 4083. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4083>.
4. Дымова О.В. Современные биомаркеры в кардиологии // *Медицинский совет*. — 2018. — № 16. — С. 118–123. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-16-118-123>.
5. Мареев Ю.В., Гарганеева А.А., Тукиш О.В., Реброва Т.Ю., Аникина Д.В., Мареев В.Ю. Сложности в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса в реальной клинической практике: диссонанс между клиникой, эхокардиографическими изменениями, величиной натрийуретических пептидов и шкалой H2FPEF // *Кардиология*. — 2019. — Т. 59. — № 12S. — С. 37–45. <https://doi.org/10.18087/cardio.n695>.
6. Гаспарян А.Ж., Шлевков Н.Б., Скворцов А.А. Возможности современных биомаркеров для оценки риска развития желудочковых тахикардий и внезапной сердечной смерти у больных хронической сердечной недостаточностью // *Кардиология*. — 2020. — Т. 60. — № 4. — С. 101–108. <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.4.n487>.
7. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграббекова Ю.Л., Васюк Ю.А., Гарганеева А.А., Гендлин Г.Е., Глезер М.Г., Готье С.В., Довженко Т.В., Кобалава Ж.Д., Козилова Н.А., Коротеев А.В., Мареев Ю.В., Овчинников А.Г., Перепеч Н.Б., Тарловская Е.И., Чесникова А.И., Шевченко А.О., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н., Галявич А.С., Гиляревский С.Р., Драпкина О.М., Дупляков Д.В., Лопатин Ю.М., Ситникова М.Ю., Скибицкий В.В., Шляхто Е.В. Клинические рекомендации ОССН–РКО–РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение // *Кардиология*. — 2018. — Т. 58. — № 6S. — С. 8–158. <https://doi.org/10.18087/cardio.2475>.
8. Rezar R., Jirak P., Gschwandtner M., Derler R., Felder T.K., Haslinger M., Kopp K., Seelmaier C., Granitz C., Hoppe U.C., Lichtenauer M. Heart-type fatty acid-binding protein (H-FABP) and its role as a biomarker in heart failure: what do we know so far? // *Journal of Clinical Medicine*. — 2020. — Vol. 9. — № 1. — P. 164. <https://doi.org/10.3390/jcm9010164>.
9. Li B., Syed M.H., Khan H., Singh K.K., Qadura M. The Role of Fatty Acid Binding Protein 3 in Cardiovascular Diseases // *Biomedicines*. — 2022. — Vol. 10. — № 9. — P. 2283. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092283>.
10. Nguyen H.C., Qadura M., Singh K.K. Role of the Fatty Acid Binding Proteins in Cardiovascular Diseases: A Systematic Review // *Journal of clinical medicine*. — 2020. — Vol. 9. — № 1. — P. 3390. DOI: 10.3390/jcm9113390.
11. Zelencova-Gopejenko D., Videja M., Grandane A., Pudnika-Okinčica L., Sipola A., Vilks K., Dambrova M., Jaudzems K., Liepinsh E. Heart-Type Fatty Acid Binding Protein Binds Long-Chain Acylcarnitines and Protects against Lipotoxicity // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — № 6. — P. 5528. <https://doi.org/10.3390/ijms24065528>.
12. Chen J., Wang D.Z. MicroRNAs in cardiovascular development // *The Journal of Molecular and Cellular Cardiology*. — 2012. — Vol. 52. — № 5. — P. 949–957. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2012.01.012.
13. Varrone F., Gargano B., Carullo P., Di Silvestre D., De Palma A., Grasso L., Di Somma C., Mauri P., Benazzi L., Franzone A., Jotti G.S., Bang M.L., Esposito G., Colao A., Condorelli G., Catalucci D. The circulating level of FABP3 is an indirect biomarker of microRNA-1. *Journal of the American College of Cardiology*. — 2013. — Vol. 61. — № 1. — P. 88–95. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.08.1003.
14. Mueller C., McDonald K., de Boer R.A., Maisel A., Cleland J.G.F., Kozhuharov N., Coats A.J.S., Metra M., Mebazaa A., Ruschitzka F., Lainscak M., Filippatos G., Seferovic P.M., Meijers W.C., Bayes-Genis A., Mueller T., Richards M., Januzzi J.L. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology practical guidance on the use of natriuretic peptide concentrations // *European Journal of Heart Failure*. — 2019. — Vol. 21. — № 6. — P. 715–731. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1494>.
15. Алиева А.М., Байкова И.Е., Резник Е.В., Пинчук Т.В., Шнахова Л.М., Валиев Р.К., Сарыев М.Н., Рахаев А.М., Ковтюх И.В., Никитин И.Г. Сердечный белок, связывающий жирные кислоты, — перспективный биологический маркер при сердечной недостаточности // *Русский Медицинский Журнал. Медицинское обозрение*. — 2022. — Т. 6. — № 1. — С. 5–11. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-1-5-11.
16. Yen C.H., Lin J.L., Sung K.T., Su C.H., Huang W.H., Chen Y.Y., Chien S.C., Lai Y.H., Lee P.Y., Liu Y.Y., Tsai J.P., Tsai C.T., Hou C.J.Y., Chen Y.J., Hsieh Y.J., Hung C.L., Hung T.C., Yeh H.I. Association of free fatty acid binding protein with central aortic stiffness, myocardial dysfunction and preserved ejection fraction heart failure // *Scientific Reports*. — 2021. — Vol. 11. — P. 16501. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95534-1>.
17. Mohan I.K., Baba K.S.S.S., Iyyaru R., Thirumalasetty S., Satish O.S. Advances in congestive heart failure biomarkers // *Advances in Clinical Chemistry*. — 2023. — Vol. 112. — P. 205–248. DOI: 10.1016/bs.acc.2022.09.005.
18. Васильева Е.Ю., Казакова Е.Е., Вавилова Т.В. Белок, связывающий жирные кислоты, как прогностический маркер у пациентов с ишемической болезнью сердца, подвергшихся чрескожным коронарным вмешательствам // *Новости хирургии*. — 2018. — Т. 26. — № 4. — С. 431–439. DOI: 10.18484/2305-0047.2018.4.431.
19. Tarapur K., Bhat A.G.K., Bhat N., Hande M.H. Quantitative analysis of heart type fatty acid binding protein in early detection of acute coronary syndrome // *International Journal of Research in Medical Sciences*. — 2021. — Vol. 9. — № 5. — P. 1340–1345. DOI: <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20211430>.
20. Lichtenauer M., Jirak P., Wernly B., Paar V., Rohm I., Jung C., Scherthaner C., Kraus J., Motloch L.J., Yilmaz A., Hoppe U.C., Christian Schulze P., Kretzschmar D., Pistulli R. A comparative analysis of novel cardiovascular biomarkers in patients with chronic heart failure // *European Journal of Internal Medicine*. — 2017. — Vol. 4. — P. 31–38. DOI: 10.1016/j.ejim.2017.05.027.

# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГНОЙНЫХ РАН И ГНОЙНО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ОЧАГОВ

**Пономарев Антон Юрьевич**

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Пермский государственный университет им. ак. Е.А. Вагнера» МЗ РФ,  
Ukmz69@mail.ru

## METHODS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF SURGICAL TREATMENT OF PURULENT WOUNDS AND PURULENT-INFLAMMATORY FOCI

**A. Ponomarev**

*Summary.* The article is devoted to the study of methods that increase the efficiency of surgical treatment of purulent wounds and purulent-inflammatory foci. The author substantiates the relevance and significance of the research topic. A brief terminological description of purulent infections is given, the factors and conditions for their development are specified. It is noted that the treatment of purulent wounds determines the solution of two interrelated tasks — the suppression of the microbial pathogen and the creation of favorable conditions for the healing of a wound defect — which, among other things, involves the selection of functional methods and techniques. Methodological substantiation of the treatment program for patients with purulent-inflammatory diseases, according to the author, requires the use of differential and combined methods along with traditional ones. Three alternatives are considered (the method of air-plasma flows, NO-therapy and ozone therapy), which increase the effectiveness of surgical treatment of purulent wounds and purulent-inflammatory foci in patients. Particular attention is paid to the possibility of their synthesis.

*Keywords:* purulent wounds, purulent-inflammatory foci, treatment of purulent wounds, wound healing, surgical treatment, ultrasonic cavitation, ozone therapy, nitric oxide.

*Аннотация.* Статья посвящена изучению методов, повышающих эффективность хирургической обработки гнойных ран и гнойно-воспалительных очагов. Автором обосновывается актуальность и значимость темы исследования. Дается краткая терминологическая характеристика гнойных инфекций, уточняются факторы и условия их развития. Отмечается, что лечение гнойных ран обуславливает решение двух взаимосвязанных задач — подавления микробного возбудителя инфекции и создания благоприятных условий для заживления раневого дефекта, — что предполагает, помимо прочего, подбор функциональных методов и методик. Методологическое обоснование программы лечения пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями, по мнению автора, требует обращения наряду с традиционными, к дифференциальным и комбинированным методам. Рассмотрены три альтернативы (метод воздушно-плазменных потоков, NO-терапия и озонотерапия), доказательно повышающих эффективность хирургической обработки гнойных ран и гнойно-воспалительных очагов в пациентов. Особое внимание уделено возможности их синтезирования.

*Ключевые слова:* гнойные раны, гнойно-воспалительные очаги, лечение гнойных ран, раневый процесс, хирургическая обработка, ультразвуковая кавитация, озонотерапия, оксид азота.

**К** гнойно-воспалительным процессам кожи и подкожной клетчатки относится обширная группа заболеваний, которых объединяет острое или хроническое воспаление различной локации, сопровождаемое образованием гноя в отграниченной плоскости или клетчаточных пространствах. Согласно различным данным, частота таких заболеваний в структуре стационаров хирургического профиля составляет 30–35 %, при этом нагноение ран после плановых операций встречается в 2–5 % случаев [2]. В системе амбулаторного звена обращаемость по поводу раневых дефектов составляет 35–60 % [4]. В своей совокупности, как было отмечено на XXVIII Европейском конгрессе по клинической микробиологии и инфекционным заболеваниям (2018), гнойно-воспалительные заболевания составляют 30–40 % среди всех хирургических патологий [24]. В отсутствие

статистически значимого снижения данного показателя [14], по-прежнему актуальной и практически значимой остается задача поиска эффективных методов и средств лечения таких заболеваний, а также выработка функциональных способов их предотвращения.

Согласно мнению С.Я. Ивануса и соавт., тренд сохранения такой частоты в последние десятилетия, а также увеличение тяжести гнойной инфекции в хирургии обусловлена влиянием определенного спектра факторов, под влиянием которых, помимо прочего, также меняется ее *этиология*. Среди таких факторов: рост объема оперативных вмешательств, в том числе, у больных с высоким риском развития осложнений; применение различных методов инструментального обследования и лечения, сопровождающаяся инфицированием боль-

ного (внутрисосудистые катетеры, трахеотомические трубки, эндоскопические манипуляции и проч.); наличие внутрибольничных штаммов микроорганизмов (среди основных — стафилококк, штаммы — золотистого (MRSA) и эпидермального (MRSE), устойчивых к преимущественно используемым антибиотикам [3, с. 5].

По мнению профессора П.П. Курлаева, *гнойная инфекция* — это совокупность инфекционных процессов, возникающих в результате внедрения и размножения патогенных гноеродных микробов в макроорганизме и требующих хирургического вмешательства, а также раневые инфекции, связанные с попаданием данных микроорганизмов в рану [6]. Таким образом, гнойная инфекция является одной из форм взаимодействия микро- и макроорганизма, реализующееся местными и общими явлениями, признаками и симптомами. Для развития подобных инфекционных заболеваний необходимы три взаимосвязанных условия (см. рисунок 1), запускающих воспалительный процесс, который, по В.В. Новицкому и соавт., объединяет *три последовательные стадии* — альтерацию (повреждение клеток и тканей), расстройство микроциркуляции с экссудацией и эмиграцией, и пролиферацию (размножение клеток и восстановление целостности ткани) [8].

Так, на начальных этапах в зоне воспалительных реакций происходит разрушение клеток, сосудов и нервов, а под влиянием высвобождающихся медиаторов запускается перестройка обмена веществ, изменение микроциркуляции, клеточного состава вовлеченных тканей [9]. Для предотвращения осложнений на последующих стадиях раневого процесса и перехода гнойных заболеваний мягких тканей в хронические состояния, необходимо решение двух последовательных задач, а именно: подавление микробного возбудителя инфекции и создание благоприятных условий для заживления

раневого дефекта [11]. Согласно этой логике, выстраивается соответствующая *лечебная программа* которая включает: хирургическую санацию очага инфекции, антибактериальную, дезинтоксикационную, трансфузионную терапии, и нутритивную поддержку [1].

Особое внимание со стороны академического и медицинского сообщества в последние годы привлекает *методологическое сопровождение* данной программы, что обусловлено не только сохраняющейся погрешностью в успешном решении задач лечения гнойных ран, но и наличием, наряду с положительными результатами, недостатков биологического, технического и экономического ряда [25]. Более того, данный процесс сложен и многокомпонентен, а следовательно, требует дифференциации и комбинации существующих и разработки новых методов хирургической обработки раневого дефекта для улучшения результатов нерэктомии [16].

Так, для целей *повышения эффективности хирургической обработки гнойных ран* в современной медицинской практике используют методы, основанные на: механических колебаниях, изменении внешнего давления воздушной среды, на изменении температуры, использовании электрического тока, магнитного поля, а также электромагнитных колебаний оптического диапазона (см. рисунок 2) [3, с. 10]. Особый интерес также представляют комплексные методы, например, *метод воздушно-плазменных потоков* [17, 19]; они образуются при прохождении инертного газа (аргон, гелий) или струи атмосферного воздуха через дуговой разряд между электродами плазматрона. За счет мощной электромагнитной «бомбардировки» происходит ионизация молекул рабочего газа; процесс возбуждения электронов сопровождается переходом последних на более высокий энергетический уровень. В небольшом пространстве устройства образуется поток физической плазмы,

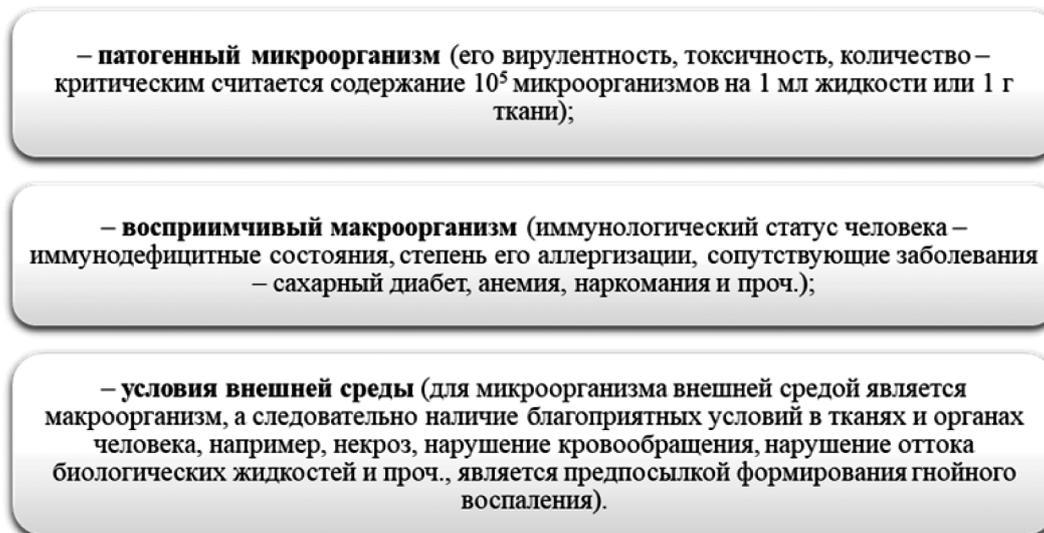


Рис. 1. Условия развития гнойной инфекции (по В.В. Новицкому и соавт.)

**МЕТОДЫ  
ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ХИРУРГИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ РАН**

– **методы, основанные на использовании механических колебаний:** обработка пульсирующей струей жидкости, обработка низкочастотным ультразвуком;

– **методы, основанные на изменении внешнего давления воздушной среды:** вакуумная обработка и вакуумная терапия, управляемая абактериальная среда, гипербарическая оксигенация;

– **методы, основанные на изменении температуры:** криовоздействие;

– **методы, основанные на использовании электрического тока:** постоянные токи низкого напряжения (электрофорез, электростимуляция), модулированные токи (электростимуляция);

– **методы, основанные на использовании магнитного поля:** низкочастотная магнитотерапия, воздействие постоянного магнитного поля;

– **использование электромагнитных колебаний оптического диапазона:** лазерное излучение: а) высокоэнергетическое, б) низкой интенсивности; ультрафиолетовое излучение.

Рис. 2. Методы, направленные на повышение эффективности хирургической обработки гнойных ран и гнойно-воспалительных очагов (по С.Я. Ивануса и соавт.)

воздействие которой на раневую поверхность дает возможность бескровно и точно дополнить санацию раны. Помимо преимуществ метода асептического и атравматического рассечения тканей, его представляется возможным использовать в работе с пациентами с кардиостимуляторами, так как генерация плазмы происходит внутри плазматрона и не оказывает электрического воздействия на тело пациента [18, 22].

В лечении инфекционных раневых осложнений также достаточно часто используется *NO-терапия*, основанная на использовании экзогенного оксида азота [13, 21, 22]. Оксид азота, являясь универсальным биологическим медиатором, оказывает многостороннее влияние на физиологические и патологические процессы в различных органах и системах. Опытные-экспериментальные исследования доказывают, что *NO-терапия* в сочетании с хирургическим лечением гнойно-некротических поражений — мощный стимулятор положительного действия на течение раневого процесса (в т.ч. в связи с эффектом ускоренного очищения раны от микрофлоры и некротических масс), особенно в осложненных случаях (гнойные, огнестрельные, трофические и диабетические язвы, длительно незаживающие раны в онкологии) [7]. Так, поясняют М.С. Кузнецов и соавт., «воздействуя на все фазы единого воспалительного-регенеративного процесса, нормализует микроциркуляцию, обладает выраженным бактерицидным и бактериостатическим эффектом, усиливает фагоцитоз, ингибирует свободные

радикалы, стимулирует секрецию цитокинов, усиливает пролиферацию фибробластов» [5]. Большой эффект терапии, по данным авторов, достигается в условиях ее комбинации с методом воздушно-плазменных потоков.

Еще один метод повышения эффективности хирургической обработки гнойных ран, который может составить актуальную конкуренцию вышеперечисленным — *озонотерапия* [20, 23]. Кислородно-озоновая смесь, отмечает А.А. Стручков, обладает мощным бактерицидным, фунгицидным и вируцидным эффектом, однако, важнейшее его достоинство заключается в том, что первичной мишенью озона являются мембраны клеток [10]. По данным микробиологических исследований озон способен эффективно воздействовать на все известные виды грамм-положительных и грамм-отрицательных бактерий, липо- и гидрофильные вирусы, споры и вегетативные формы всех известных патогенных грибов и простейших, что обеспечивает эффективную деkontamination раневой поверхности и повышение чувствительности микрофлоры к антибактериальным препаратам, а следовательно дает возможность более быстрого перехода к стадии полиферации и далее — ремоделирования. Данное достоинство является одной из предпосылок к комбинированию озонотерапии с другими методами хирургической обработки гнойных ране, включая перечисленные. Особый интерес представляет опыт объединения ее, например, *трансфузионную-инфузионную, вакуумной (VAC), лазерной* и другими видами

терапий [12, 15], широта апробации которого обуславливается их антиоксидантным, анальгезирующим, выраженным бактерицидным, противовоспалительным и другим лечебным эффектам. Названные и другие терапевтические практики, помимо прочего, позволяют значительно сократить время лечения пациентов.

В целом, проведенное исследование позволяет заключить о важности подбора методов хирургической обработки гнойных ран, в особенности, при планировании лечебной программы, в зависимости от клинической ситуации в каждом конкретном случае для обеспе-

чения нормального прохождения всех стадий раневого процесса, сокращения сроков заживления раны и нивелирования факторов, провоцирующих возникновение нежелательных осложнений, включая повторное инфицирование. Исследования последних лет убедительно доказывают результативность использования различных комбинаций методов, повышающих эффективности хирургической обработки гнойных ран и такие исследования важно продолжать, тем самым создавая предпосылку для сокращения количества случаев гнойно-воспалительных заболеваний в системе хирургических патологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брико Н.И., Божкова С.А., Брусина Е.Б. и др. Профилактика инфекций области хирургического вмешательства. Методические рекомендации. — Нижний Новгород: НП НАСКИ, 2022. — 74 с.
2. Григорьян А.Ю., Бежин А.И., Панкрушева Т.А., Жилыева Л.В., Ефанов С.А., Атрепьева Л.В. Ph-чувствительный перевязочный материал в мониторинге течения раневого процесса // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2023. №1. С. 59–62.
3. Ивануса С.Я., Зубарев П.Н., Рисман Б.В., Литвинов О.А. Современные принципы лечения гнойных ран: учеб. пособие / С.Я. Ивануса, П.Н. Зубарев, Б.В. Рисман, О.А. Литвинов. — СПб.: «Онли-Пресс», 2017. — 40 с.
4. Каторкин С.Е., Быстров С.А., Лисин О.Е., Розанова А.А., Безбородов А.И. Оценка эффективности применения современных перевязочных материалов в комплексном лечении гнойных ран // Амбулаторная хирургия. 2019. №1–2. С. 146–152.
5. Кузнецов М.С., Насрашвили Г.Г., Панфилов Д.С., Кожанов Р.С., Пряхин А.С., Шипулин В.М., Козлов Б.Н. Влияние комбинированного метода воздушно-плазменных потоков и NO-терапии на показатели системы крови при лечении инфекционных раневых осложнений в кардиохирургии // Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченка. 2021. №1. С. 30–40.
6. Курлаев П.П. Острая гнойная хирургическая инфекция: лекция XVI // База знаний ОпГМУ. — URL: <https://ipo.orgma.ru/files/kafedry/kafedra-obshchey-khirurgii/> (дата обращения: 05.07.2023)
7. Москаленко В.В. Лимфотропная и NO-терапия в комплексе лечения гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей в амбулаторно-поликлинических условиях: клиничко-экспериментальное исследование: автореф. дис. ... кандидата медицинских наук: 14.01.17. — Москва, 2018. — 27 с.
8. Новицкий В.В., Гольдберг Е.Д., Уразова О.И. Патофизиология: учеб. пособие [в 2 т.]. Т. 1. — 5-е изд. изм. и доп. — М.: ГЭОТАР — Медиа, 2022. — 896 с.
9. Нузова О.Б., Стадников А.А., Студеникин А.В., Смолягин А.И. Сравнительный анализ показателей клеточного иммунитета у больных с гнойными ранами на фоне сахарного диабета при различных способах местного лечения // Вятский медицинский вестник. 2022. №4 (76). С. 18–23.
10. Стручков А.А. К вопросу о наружном применении кислородно-озоновой газовой смеси при лечении гнойных ран // Биорадикалы и антиоксиданты. 2022. №1–2. С. 35–40.
11. Табалдыев А.Т. Эффективность препарата Пронтосан в комплексном лечении гнойных ран // Бюллетень науки и практики. 2023. №3. С. 211–217.
12. Теунов А.А., Базиев А.М., Солтанов Э.И. Озон и лазерное излучение в лечении неосложненных форм острых гнойных хирургических заболеваний мягких тканей // Кубанский научный медицинский вестник. 2014. № 3. С. 113–115.
13. Топчиев М.А., Паршин Д.С., Пьянков Ю.П., Топчиев А.М., Чухнина Ю.Г. Оксигенированные лекарственные препараты и экзогенный оксид азота в комплексном лечении гнойно-некротических поражений синдрома диабетической стопы // ТМБВ. 2018. №1. С. 148–152.
14. Третьяков А.А., Петров С.В., Неверов А.Н., Щетинин А.Ф. Лечение гнойных ран // Новости хирургии. 2015. №6. С. 680–687.
15. Федюшкин В.В., Пятаков С.Н., Барышев А.Г. и др. Первый опыт использования вакуумной терапии в профилактике нагноения ушитых ран мягких тканей // Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченка. 2022. № 9(4). С. 6–15.
16. Шабловская Т.А., Панченко Д.Н. Современные подходы к комплексному лечению гнойно-некротических заболеваний мягких тканей // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2013. №6. С. 498–517.
17. Шулуто А.М., Османов Э.Г., Семиков В.И., Мачарадзе А.Д. Плазменная хирургическая технология — от истоков до наших дней // Российский медицинский журнал. 2018. № 24(4). С. 199–205.
18. Шулуто А.М., Османов Э.Г., Чантурия М.О., Мачарадзе А.Д. Плазменные потоки в хирургической практике // Российский медицинский журнал. 2018. №2. С. 93–98.
19. Bekeschus S., von Woedtke T., Emmert S., Schmidt A. Medical gas plasma-stimulated wound healing: Evidence and mechanisms // Redox Biol. 2021 Oct. Vol. 46. pp.102–116.
20. Fitzpatrick E., Holland O.J., Vanderlelie J.J. Ozone therapy for the treatment of chronic wounds: A systematic review // Int Wound J. 2018 Aug. Vol. 15(4). pp.633–644.
21. Li M., Aveyard J., Doherty K.G et al. Antimicrobial Nitric Oxide-Releasing Electrospun Dressings for Wound Healing Applications // ACS MATERIALS AU, 2022. Vol. 2(2). pp. 190–203.
22. Negut I., Grumezescu V., Grumezescu A.M. Treatment Strategies for Infected Wounds // Molecules. 2018 Sep 18. Vol. 23(9). pp. 2392.
23. Romary D.J., Landsberger S.A., Bradner K.N., Ramirez M., Leon B.R. Liquid ozone therapies for the treatment of epithelial wounds: A systematic review and meta-analysis // Int Wound J. 2023 Apr. Vol. 20(4). pp. 1235–1252.
24. Shukla S.K., Sharma A.K., Gupta V., Yashavarddhan M.H. Pharmacological control of inflammation in wound healing // J. Tissue Viability. 2019. №28. С. 218–222.
25. Zabaglo M., Sharman T. Postoperative Wound Infection. 2022 Sep 19 // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32809368/> (дата обращения: 05.07.2023)

© Пономарев Антон Юрьевич (Ukmz69@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## Материалы и методы

Общее количество пациентов с наличием тромбоза подкожных вен и одномоментным наличием тромботических масс в просвете перфорантной вены за период с января 2018 по февраль 2023 года составило 122 пациента. Из данной когорты пациентов были исключены пациенты, принимающие заместительную гормональную терапию, имеющие установленные злокачественные новообразования, генетические заболевания, в том числе тромбофилии, а также пациенты с отсутствием комплаентности к лечению. Дополнительно были исключены пациенты, получившие оперативное лечение по поводу данного заболевания в первые сутки после обращения. Таким образом, была получена однородная группа пациентов из 86 человек. Эффективность используемого нового перорального антикоагулянта оценивалась по степени появления и выраженности реканализации по данным ультразвукового дуплексного сканирования (УЗДС) вен нижних конечностей, развитию кровотечений, эпизодов прогрессирования заболевания, субъективной оценки выраженности болевого синдрома и качества жизни пациентов в ходе наблюдения на контрольных осмотрах. Используемым аппаратом для выполнения УЗДС вен нижних конечностей являлся Philips Affiniti 70. Контрольные осмотры пациентов выполнялись на 7-е, 30-е, 90-е, 180-е сутки с обязательным выполнением УЗДС вен нижних конечностей. В первой группе пациенты получали ривароксабан в дозировке 15 мг дважды в сутки в течение 21 суток, далее по 20 мг однократно в сутки в течение всего периода наблюдения. Во второй группе пациенты получали стартовую терапию эноксапарином 1 мг/кг подкожно дважды в сутки в течение 5 суток, далее с переходом на дабигатрана этексилата по 150 мг дважды в сутки в течение всего периода наблюдения. В третьей группе пациенты получали апиксабан в дозировке 10 мг дважды в сутки в течение 7 дней, далее по 5 мг дважды в сутки в течение всего периода наблюдения. В первой группе количество пациентов составило 31 пациент (36,04 %), во второй 20 (23,26 %), в третьей 35 пациентов (40,69 %). Все пациенты были сопоставимы по полу, возрасту и данным ультразвукового исследования. Всем пациентам было рекомендовано обязательное ношение компрессионного трикотажа 2 класса компрессии в течение 3 месяцев, а также прием микронизированной очищенной фракции флавоноидов в течение 60 суток с момента начала заболевания. Ориентировочное время с момента предполагаемого начала заболевания до момента выявления на УЗДС и/или осмотра специалистом составило  $4,6 \pm 1,8$  сут. Путем использования корреляционного и однофакторного дисперсного анализа выполнялась обработка статистических данных. Коэффициент корреляции Пирсона был рассчитан для исследования взаимосвязи между параметрическими данными. Т-критерий Стьюдента использован при оценке существенности

различий средних величин. Статистически значимыми различия считались при  $p < 0,05$ . Статистические расчеты проводили с помощью программы Microsoft Excel 2007 (Statistica 6.0).

## Результаты

По половой характеристике: лиц мужского пола было 38 человек (44,19 %), лиц женского пола составило 48 человек (55,81 %). Средний возраст пациентов составил  $44,6 \pm 5,8$  лет. Минимальный возраст рассматриваемой когорты пациентов составил 20 лет и максимальный до 78 лет. Из 86 обследуемых пациентов у 58 пациентов (67,44 %) на руках имелось заключение ультразвукового дуплексного сканирования выполненного в частной медицинской клинике или поликлинике другой больницы с заключением тромбоза подкожных вен, которое при повторении УЗДС было дополнено выявленным тромбозом перфорантной вены. По локализации тромбоза в бассейне большой подкожной вены составило 67 пациентов (77,91 %), в бассейне малой подкожной вены 19 пациентов (22,03 %). Локализация пораженной перфорантной вены: у 2 пациентов (2,33 %) в области ягодичных перфорантных вен, у 10 пациентов (11,63 %) в области задней поверхности голени, у 62 пациентов (72,09 %) в области медиальной поверхности голени, у 12 пациентов (13,95 %) других локализаций.

Ультразвуковая доплерография после лечения показала полную реканализацию у 3,48 % (3 пациента) через 3 месяца. Из них 2 пациента (2,33 %) получали терапию препаратом ривароксабан, 1 пациент (1,16 %) получал терапию дабигатрана этексилатом. На сроке наблюдения 6 месяцев (180 суток) полная реканализация была зафиксирована у 11,63 % (10 пациентов). Из них 5 пациентов получали терапию ривароксабаном (5,81%), 3 пациента (3,49 %) получали терапию дабигатрана этексилатом и 2 пациента (2,33 %) получали терапию апиксабаном. На контрольном осмотре была зафиксирована реканализация у 51,16 % (44) пациентов. У 3 пациентов (3,49 %), получавших продолжающуюся антикоагулянтную терапию, произошел эпизод тромбоза бедренной вены (из них 1 пациент (1,16 %) получал терапию апиксабаном, 2 пациента (2,33 %) получали терапию ривароксабаном). В течение периода наблюдения у 7 пациентов (8,14 %) было отмечено смещение проксимальной границы тромботических масс в просвете подкожных вен; из которых у 1 пациента (1,16 %), потребовавшей выполнения экстренной кроссэктомии. Из данных пациентов у 6 пациентов (6,98 %) смещение границы тромботических масс было зафиксировано на сроке до 7 суток с начала лечения, у 1 пациента (1,16 %) на сроке до 30 суток с момента начала лечения. За весь период наблюдения больших кровотечений не было зафиксировано ни в одной из групп, 1 клинически значимое незначительное кровотечение было зафиксировано во второй группе, малые

кровотечения были зафиксированы во второй и третьей группах.

Оценка выраженности болевого синдрома по 100-бальной шкале составила  $67,2 \pm 5,22$  в начале лечения во всех группах, оценка качества жизни составила  $58,3 \pm 6,10$  в начале лечения во всех группах пациентов. С началом лечения оценка выраженности болевого синдрома на 7 сутки в первой группе составила  $59,3 \pm 4,28$ , во второй группе  $50,1 \pm 6,32$ , в третьей группе  $60,1 \pm 4,38$ . На контрольном осмотре на 30 сутки: в первой группе составила  $58,1 \pm 4,36$ , во второй группе  $49,4 \pm 4,13$ , в третьей группе  $52,3 \pm 3,59$ . На контрольном осмотре на 90 сутки: в первой группе составила  $28,3 \pm 2,12$ , во второй группе  $24,4 \pm 5,11$ , в третьей группе  $29,6 \pm 2,13$ . На контрольном осмотре на 180 сутки: в первой группе составила  $8,6 \pm 3,29$ , во второй группе  $9,4 \pm 3,37$ , в третьей группе  $11,2 \pm 2,24$ . С началом лечения оценка качества жизни по визуальной аналоговой шкале на 7 сутки в первой группе составила  $56,2 \pm 3,32$ , во второй группе  $59,6 \pm 5,59$ , в третьей группе  $55,3 \pm 5,58$ . На контрольном осмотре на 30 сутки: в первой группе составила  $43,2 \pm 2,25$ , во второй группе  $39,2 \pm 3,38$ , в третьей группе  $41,2 \pm 4,46$ . На контрольном осмотре на 90 сутки: в первой группе составила  $28,3 \pm 3,31$ , во второй группе  $26,4 \pm 4,31$ , в третьей группе  $27,1 \pm 3,82$ . На контрольном осмотре на 180 сутки: в первой группе составила  $12,4 \pm 2,02$ , во второй группе  $10,3 \pm 1,16$ , в третьей группе  $10,1 \pm 2,14$ .

### Обсуждение

Развитие венозных тромбоэмболических осложнений обусловлено многофакторным причинно-следственным механизмом. Нередко именно сочетание нескольких факторов приводит к развитию данной патологии. Соответственно с повышением количества провоцирующих причинных факторов повышается и риск развития венозного тромбоза [4]. Основополагающий механизм развития венозного тромбоза описал известный исследователь Рудольф Вирхов: повреждение стенки, изменение состава крови и изменение её гемодинамики. Высокая распространенность и возможность летальных осложнений обуславливает немедленное начало лечения тромбоза глубоких, поверхностных и перфорантных вен при их выявлении [5]. Без адекватного получаемого лечение у пациентов может развиваться тромбоз глубоких вен, отрыв фрагмента тромботических масс с развитием тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА), а также в зависимости от эффективности лечения и степени поражения, посттромбофлебитической болезни (ПТБ). ТЭЛА может привести как к летальному исходу, так и к развитию хронической легочной гипертензии, снижающей качество жизни. Таким образом, при установке диагноза необходимо немедленное начало лечения. Цель лечения представляет собой профилак-

тику развития тромбоза глубоких вен, тромбоэмболии легочной артерии и посттромбофлебитической болезни [11,12,13].

При лечении острого тромбоза глубоких вен выделяют: начальный этап лечения в острый период и продолженная долгосрочная терапия. Цель лечения в начальный этап — предотвращение новых эпизодов тромбоза других локализаций, профилактика перехода тромботических масс на более крупные глубокие вены и развития ТЭЛА [6,7,14]. В некоторых случаях тромбоз глубоких вен пациенты могут не замечать, особенно при отсутствии осложнений в течении заболевания. При наличии симптомного тромбоза глубоких вен у 40 процентов пациентов может выявляться бессимптомная тромбоэмболия легочной артерии [8, 9,10]. Терапия антикоагулянтами показана в сроки от 3 месяцев и более в зависимости от факторов риска, локализации и характеристик тромба. В некоторых случаях может быть назначена пожизненная терапия антикоагулянтами при рецидивах тромбоза глубоких вен, повторных случаях тромбоэмболии легочной артерии или генетических тромбофилиях. Необходимость продолженной антикоагулянтной терапии должна оцениваться с учетом пользы и риска геморрагических осложнений с определенной периодичностью [20]. Определяющим фактором в пролонгированной антикоагулянтной терапии является профилактика развития повторных эпизодов венозных тромбоэмболических осложнений, не связанных с острым тромбозом на данный момент.

В проведенном ретроспективном исследовании пациенты, получавшие новые оральные антикоагулянты получили хороший ранний результат лечения при наличии тромбофлебита подкожных вен с единичным тромбозом перфорантной вены в течение 3 месяцев лечения. Одним из стандартных, широко применяющихся антикоагулянтов является варфарин. Но имея узкое терапевтическое целевое окно и необходимость рутинного контроля международного нормализованного отношения (МНО) данный препарат в настоящее не является приоритетным выбором [16]. Важными факторами, отталкивающими от выбора данного лекарственного средства при лечении, являются высокое межлекарственное и пищевое взаимодействие, и более высокий риск кровотечения. Лекарственными препаратами выбора стали новые оральные антикоагулянты (НОАК) [21,22]. Было проведено не одно многопопуляционное проспективное двойное слепое рандомизированное исследование по применению НОАК в лечении венозных тромбоэмболических осложнений (ВТЭО). Согласно данным исследований НОАК 3 фазы эффективность НОАК доказана и в некоторых работах превосходит варфарин по предотвращению значимых ВТЭО, однако имея гораздо более низкую вероятность геморрагических осложнений [11,15,20]. При лечении с использованием НОАК при

ВТЭО в последнее время отдается предпочтение апиксабану и ривароксабану [17,18]. Дабигатрана этексилат используется реже из-за необходимости использования гепаринового мостика [19]. Однако, несмотря на очевидные преимущества у НОАК также имеются и недостатки: большая стоимость, ограничения при почечной или печеночной недостаточности. А также имеется недостаточно информации по ведению пациентов с ВТЭО и наличием сопутствующих редких патологиях, включая антифосфолипидный синдром.

### Выводы

Полученные при анализе данные пациентов: частота реканализации на различных сроках наблюдения, оцен-

ка качества жизни в ходе получаемого лечения позволяют отнести новые оральные антикоагулянты к эффективным средствам фармакологического лечения пациентов с тромбозом подкожных вен, осложненной тромбозом перфорантных вен.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

*Информация о спонсорстве.* Данная работа не финансировалась

### ЛИТЕРАТУРА

- Raval Amish N, Cigarroa Joaquin E, Chung Mina K, Diaz-Sandoval Larry J, Diercks Deborah, Piccini Jonathan P, et al. Management of Patients on Non-Vitamin K Antagonist Oral Anticoagulants in the Acute Care and Periprocedural Setting: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2017; 135: e604–33. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000477>.
- Bracey A, Shatila W, Wilson J. Bleeding in patients receiving non-vitamin K oral anticoagulants: clinical trial evidence. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2018;12:361–80. <https://doi.org/10.1177/1753944718801554>.
- Meinel TR, Frey S, Arnold M, Kendrou S, Fischer U, Kaesmacher J, et al. Clinical presentation, diagnostic findings and management of cerebral ischemic events in patients on treatment with non-vitamin K antagonist oral anticoagulants — A systematic review. *PLoS One* 2019;14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213379>.
- Rosendal FR. Risk factors for venous thrombosis: prevalence, risk, and interaction. *Semin Hematol*. 1997;34(3):171–87.
- Anderson FA, Spencer FA. Risk factors for venous thromboembolism. *Circulation*. 2003;107(23 Suppl 1): 9–16.
- Wells P, Forgie MA, Rodger MA. Treatment of venous thromboembolism *JAMA*. 2014;311(7):717–28.
- Kesime E, Kesime C, Jebbin N, Irekpa E, Dongo A. Deep vein thrombosis: clinical review. *Journal of Blood Medicine*. 2011; 2:59–69. doi: 10.2147/JBM.S19009
- İlkel E., Düzgün A.C. The Effectiveness of New Oral Anticoagulants in the Treatment of Lower Extremity Venous Thrombosis: A Retrospective Clinical Study. *Konuralp Medical Journal*. 2021; 13(2): 312–318.
- Tapson VF. Acute pulmonary embolism. *N Engl J Med*. 2008 Mar 6. 358(10):1037–52.
- Meignan M, Rosso J, Gauthier H, et al. Systematic lung scans reveal a high frequency of silent pulmonary embolism in patients with proximal deep venous thrombosis. *Arch Intern Med*. 2000 Jan 24. 160(2):159–64.
- Farzana Bacchus, Sam Schulman. Clinical Experience With the New Oral Anticoagulants for Treatment of Venous Thromboembolism. *Arterioscler Thromb Vasc Bio* 2015 Mar;35(3):513–9.
- Scott M. Stevens, Scott C. Woller, Lisa Baumann Kreuziger, Henri Bounameaux, Kevin Doerschug, Geert-Jan Geersing, Menno V. Huisman, Clive Kearon, Christopher S. King, Andrew J. Knighton, Erica Lake, Susan Murin, Janine R.E. Vintch, Philip S. Wells, Lisa K. Moores, Executive Summary: Antithrombotic Therapy for VTE Disease: Second Update of the CHEST Guideline and Expert Panel Report, *Chest*, Volume 160, Issue 6, 2021, Pages 2247–2259, ISSN 0012-3692. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.07.056>.
- Kearon C, Akl EA. Duration of anticoagulant therapy for deep vein thrombosis and pulmonary embolism. *Blood*. 2014;123(12):1794–801.
- Tekin G. Current Treatments of Deep Venous Thrombosis. *Archives Medical Review Journal*. 2015;24(4):415–431.
- Van Es N, Coppens M, Schulman S, Middeldorp S, Büller HR. Direct oral anticoagulants compared with vitamin K antagonists for acute venous thromboembolism: evidence from phase 3 trials. *Blood* 2014; 124(12): 1968–75.
- Lippi G., Favaloro E.J, Franchini M, Dangers in the practice of defensive medicine in hemostasis testing for investigation of bleeding or thrombosis: part I—routine coagulation testing, *Semin. Thromb. Hemost.*, 2014, 40(7), 812–824.
- Wang Y, Wang C, Chen Z, Zhang J, Liu Z, Jin B, et al., Rivaroxaban for the treatment of symptomatic deep-vein thrombosis and pulmonary embolism in Chinese patients: a subgroup analysis of the EINSTEIN DVT and PE studies, *Thromb. J.*, 2013, 11(1), 25.
- Farge D., Bounameaux H., Brenner B., Cajfinger F., Debourdeau P., Khorana A.A., et al., International clinical practice guidelines including guidance for direct oral anticoagulants in the treatment and prophylaxis of venous thromboembolism in patients with cancer, *Lancet Oncol.*, 2016, 17(10), e452–e66.
- Harper P, Young L, Merriman E. Bleeding risk with dabigatran in the frail elderly. *N Engl J Med*. 2012;366(9):864–6.
- Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C et al. 2019 Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *European Heart Journal* 2019;00:1–61 doi:10.1093/eurheartj/ehz405
- Massimo Franchini, PierMannuccio Mannucci. Direct oral anticoagulants and venous thromboembolism. *EurRespirRev* 2016; 25(141): 295–302.
- Счастливец И.В., Лобастов К.В., Баринов В.И., Воронцова А.В., Цаплин С.Н., Барина И.В., Бояринцев В.В. Эффективность и безопасность ривароксабана в сравнении с антагонистами витамина К при длительной терапии венозного тромбоза. *Флебология*. 2016; 10 (1): 17–25. DOI: 10.17116/флебо201610119-28

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОКСИЗИНА ГИДРОХЛОРИДА С ЦЕЛЮ ПРЕМЕДИКАЦИИ ПЕРЕД ОПЕРАЦИЕЙ АУГМЕНТАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТИ

## EXPERIENCE WITH THE USE OF HYDROXYZINE FOR PREMEDICATION BEFORE AUGMENTATION OF THE JAW BONE TISSUE

*Yu. Tsvetkov*

*Summary.* In the course of this study, a protocol was developed for the premedication of patients before bone tissue surgery, depending on the level of anxiety according to the Kerdo index, and the effectiveness of the anxiolytic and sedative effect of hydroxyzine hydrochloride 25 mg was evaluated on an outpatient basis. A comparative analysis of the clinical effects of hydroxyzine was carried out by assessing autonomic reactions. It has been established that the inclusion of hydroxyzine 25 mg in the list of drugs for premedication before bone tissue augmentation in patients has a prolonged sedative effect, which contributes to the speedy adaptation after surgery, reduces pain, reduces the severity of vegetative changes in the body in the majority of patients.

*Keywords:* premedication at a dental appointment, hydroxyzine hydrochloride, Atarax, valerian tincture, sedatives, anxiolytic effect.

**Цветков Юрий Андреевич**

Аспирант, ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет  
Минздрава России, Ярославль  
stomcvet@yandex.ru

*Аннотация.* В ходе настоящего исследования разработан протокол премедикации пациентов перед операцией аугментации костной ткани челюсти в зависимости от уровня тревожности пациента, произведена оценка эффективности анксиолитического и седативного действия гидроксилина гидрохлорид 25 мг в амбулаторных условиях. Осуществлен сравнительный анализ клинических эффектов гидроксилина 25 мг и настойки валерианы 20 % путем оценки вегетативных реакций. Установлено, что включение гидроксилина 25 мг в перечень препаратов для премедикации перед аугментацией костной ткани у пациентов оказывает пролонгированный седативный эффект, способствующий скорейшей адаптации после проведения оперативного вмешательства, снижает болевые ощущения, уменьшает выраженность вегетативных сдвигов в организме у преимущественного числа пациентов.

*Ключевые слова:* премедикация, гидроксилина гидрохлорид, настойка валерианы, аугментация костной ткани, анксиолитический эффект.

**А**ктуальность темы обусловлена широкой распространенностью в современной стоматологической практике операций аугментации костной ткани в случаях атрофии альвеолярного отростка челюсти и, вместе с тем, наличием тревожности и фобий у пациентов по поводу вышеуказанного хирургического вмешательства. Проведенный опрос у больных, показал, что в большинстве случаев (68 %) пациенты тревожатся по поводу боли, объема хирургического вмешательства и возможных осложнений.

Полученные данные демонстрируют, что даже в группе практически здоровых психологически лиц с умеренным уровнем тревожности, не описывающих выраженные вегетативные сдвиги в организме, более 20 % выбирали альтернативное ортопедическое лечение, не предусматривающие хирургическую подготовку костной ткани из-за тревожности перед проведением костной пластики, несмотря на то, что предполагаемое лечение съемными или частично-съемными конструкциями значительно ухудшало качество жизни по сравнению с протезированием на имплантах.

Интересен и тот факт, что у лиц, не страдающих генерализованными тревожными расстройствами, у кото-

рых желание улучшить эстетические функции улыбки, жевания и речи преобладали над страхами перед аугментацией костной ткани, в последующем появлялись излишняя тревожность и навязчивые страхи. Фобия оперативного вмешательства у пациентов с повышенным уровнем тревожности приводила к нарушениям качества проведения подготовительного и основного этапов лечения в нескольких аспектах:

1. Эмоциональный — неприятные переживания, страх, представление негативных последствий, навязчивые мысли о предстоящем оперативном вмешательстве;
2. Когнитивный — нарушения со стороны внимания, памяти и мышления;
3. Телесный — повышение АД (артериального давления), тахикардия, тремор, усиление секреции потовых желез, покраснение кожных покровов, гиперсаливация;
4. Поведенческий — повышенная раздражительность, избегание тех или иных ситуаций (например, перенос операции на другое время по несуществующей причине) в связи с психологической неготовностью.

Практика премедикации изменилась за последние несколько десятилетий. Использование препаратов с ярко выраженным седативным эффектом (например, морфина и гиосцина) для облегчения индукции и уменьшения слюноотделения было прекращено с появлением современных препаратов, которые имеют гораздо меньше побочных эффектов и более быстрое начало действия [1]. Тревога у пациентов, вызванная плановым хирургическим вмешательством, является серьезной проблемой из-за ее частоты, достигающей 70 % популяции, с краткосрочными, среднесрочными и долгосрочными последствиями [2-4]. Необходимость специальных программ по снижению тревожности у пациентов представляет особый интерес, если учесть неблагоприятные последствия операции, связанные с высокой предоперационной тревожностью (далее — ПТ). Ее высокие уровни ответственны за возникновение различных осложнений таких как: потребность в послеоперационной анальгезии, увеличение количества дней нетрудоспособности [5]. Ведение ПТ у пациентов является областью, которая постоянно пересматривается, а опубликованные на сегодняшний день исследования имеют разные, противоречивые и неубедительные результаты.

Чтобы уменьшить ПТ, были разработаны стратегические программы, которые пытаются минимизировать эмоциональное воздействие. Некоторые из этих стратегий включают седативную премедикацию [6] и методы отвлечения внимания [7], музыкальную терапию [8], проведение бесед врача с пациентом, объяснение сути операции. Фармакологические исследования, проведенные с предоперационными анксиолитическими препаратами, оценивают препараты, не зарегистрированные по прямому назначению (такие как клонидин), или препараты, требующие тщательного наблюдения и мер контроля (например, мидазолам) из-за связанных с ними серьезных побочных эффектов, таких как делирий и угнетение дыхания [9].

*Цель:* разработать протокол премедикации перед операцией костной ткани в зависимости от уровня тревожности пациентов с использованием препарата гидроксизина гидрохлорид.

*Задачи:* исследовать клиническую эффективность гидроксизина гидрохлорида в сравнении с настойкой валерианы 20 % у пациентов перед операцией аугментации костной ткани челюсти;

Оценить уровень тревожности пациента перед операцией аугментации костной ткани и выбрать оптимальную тактику премедикации в зависимости от уровня тревожности, выраженности вегетативных расстройств и наличия общесоматических патологий для успешного проведения хирургического стоматологического вмешательства; Разработать план-схему психологической беседы перед операцией костной ткани.

*Материалы и методы:* для достижения поставленной цели нами были исследованы 80 пациентов в возрасте 35–45 лет без наличия хронических общесоматических патологий: 40 пациентов, получавших премедикацию препаратом гидроксизина гидрохлорид в дозировке 25 мг в экспериментальной группе, и 40 пациентов, получавших премедикацию с использованием настойки валерианы 20 % 15 капель на 50 мл в контрольной группе.

Для определения уровня тревожности до начала премедикации было проведено анкетирование по Шкале самооценки тревоги, разработанной Цунгом в 1971 году (сокр. ZARS), которая «является ценным инструментом для измерения тревоги и обладает всеми преимуществами шкал самооценки. Оценка вегетативных нарушений таких как: состояние кожных покровов, функции слюнных желез, измерение артериального давления, (частоты сердечных сокращений (далее — ЧСС), а также расчет индивидуального вегетативного индекса Кердо проводились до начала премедикации и через 45 минут после премедикации.

### Содержание

Предоперационная тревога широко признана ожидаемой реакцией пациентов, которым предстоит хирургическое вмешательство [10, 11]. Она начинается, как только планируется хирургическое вмешательство, и достигает максимальной интенсивности при нахождении в медицинском учреждении [12]. Она описывается как неприятное эмоциональное переживание, которое включает в себя чувство напряжения, опасения, нервозность, высокую вегетативную активность (симпатическую и парасимпатическую) и эндокринную стимуляцию. Это может привести к неявке пациента на запланированное хирургическое стоматологическое вмешательство [13].

Предоперационная тревога была отмечена у 11–80 % взрослых пациентов [14]. Соответственно, растет интерес к изучению вмешательств, снижающих тревожность, и возможного влияния предоперационной тревожности на течение и результаты хирургического лечения. Несмотря на то, что было проведено много исследований препаратов, используемых для снятия предоперационной тревоги, до сих пор мало что известно о частоте или этиологии этого явления. Подобный тип тревоги, по-видимому, напрямую связан со страхом перед незнакомой средой, потерей контроля за ситуацией и страхом неудачного проведения медицинской стоматологической операции, вероятностью ошибки врача.

Снижение тревожности является важной задачей, так как патологическое поведение пациента может осложнить индукцию анестезии и изменить фармакокинетику терапевтических агентов, индуцируя высвобождение

катехоламинов [15]. В целом, предоперационная тревога и страх могут осложнить ведение анестезии и течение послеоперационного периода. Учитывая влияние тревоги пациентов, перенесших операцию, на их самочувствие, профилактические мероприятия, направленные на ее снижение, имеют важное значение.

Первым этапом премедикации должна явиться немедикаментозная психологическая подготовка пациента. Психологический момент предоперационной подготовки определяется беседой врача с пациентом. Даже краткое описание плана хода операции снимает страх неизвестности. Предоперационная подготовка в виде беседы и объяснения хода лечения очень эффективна в плане устранения беспокойства по сравнению с формальным подходом в виде распространения среди пациентов буклетов или других печатных изданий.

Часть пациентов может обращаться к непроверенным интернет-ресурсам, получая в результате искаженную, недостоверную информацию. Хотя беседа значительно снижает беспокойство у больного, в большинстве случаев необходима дополнительная медикаментозная премедикация, оказывающая одновременно седативное и анксиолитическое действие.

Рациональное использование препаратов для премедикации может обеспечить снижение тревожности. Наиболее важными вопросами в выборе препарата являются: путь и время их введения больному, противопоказания и побочные эффекты. При выборе времени введения медикамента необходимо помнить, что требуется, как минимум, 30 минут для достижения фармакологических терапевтических свойств.

Препаратом выбора для медикаментозной премедикации в нашем исследовании стал широко применяемый и доступный для безрецептурного отпуска гидроксизина гидрохлорид 25 мг — антигистаминный препарат с седативными свойствами, одобренный для анксиолитического применения как в Европе, так и в США [16]. Несмотря на широкое применение гидроксизина в клинической практике, его эффективность оценивалась лишь в нескольких исследованиях, большинство из которых проводилось в контексте малых одонтологических вмешательств [17,18].

Кроме того, отсутствуют валидные результаты клинических испытаний его использования в амбулаторной стоматологической хирургии. В настоящее время проведено недостаточно исследований, в которых сравнивалась бы эффективность отвлекающих анксиолитических методик с применением седативных препаратов. И, насколько известно, ни одно из них не было ориентировано на изучение возможного аддитивного эффекта комбинации этих вмешательств. Таким образом, целесо-

образно осуществить оценку эффективности гидроксизина для контроля и адекватности индукции анестезии в стоматологических амбулаторных хирургических операциях.

Уникальные особенности анксиолитического действия гидроксизина характеризуются быстрым наступлением терапевтического эффекта и отсутствием миорелаксации. Также в числе дополнительного положительного эффекта следует отметить отсутствие негативного влияния на когнитивные функции пациента, получающего данный вид премедикации. Это означает, что пациент может приступить к исполнению ряда своих социальных функций достаточно быстро, адаптировавшись к ситуации.

Производная дифенилметана, обладает умеренной анксиолитической активностью; оказывает седативное, противорвотное, антигистаминное и м-холиноблокирующее действие. Блокирует центральные м-холино- и H1-гистаминорецепторы и угнетает активность определенных субкортикальных зон. Не вызывает психической зависимости и привыкания. Клинический эффект наступает через 15–30 мин после перорального приема таблетированного вещества. Оказывает положительное влияние на когнитивные способности, улучшает память и внимание.

## Результаты и обсуждение

В результате расчета индекса Кердо до проведения премедикации были получены следующие результаты: первая группа пациентов со средним уровнем артериального давления 138, систолического давления 87, ЧСС 82–85 ударов в минуту и средним показателем индекса Кердо — 14,3. Вторая группа пациентов со средними значениями артериального давления 149, систолическим давлением 97 и значением индекса Кердо — 17,8. По оценке шкалы тревожности Цунга первая группа пациентов имела средний балл 54 и относилась к среднему уровню тревожности, тогда как вторая группа характеризовалась высоким уровнем тревожности со средним баллом 76.

В первой контрольной группе была проведена премедикация настойкой валерианы 20 % (15 капель на 50 мл) и пациенты экспериментальной группы получали премедикацию препаратом гидроксизина гидрохлорид 25 мг.

После проведения измерений через 45 минут после премедикации у пациентов контрольной группы уровни артериального давления и систолического давления нормализовались до средних терапевтических значений у 70 %, ЧСС снизилась до 70 ударов в минуту у 55 % пациентов и средним показателем индекса Кердо — 10,2.

Результативность премедикации у экспериментальной группы в подтверждается снижением артериального и систолического давления, ЧСС до нормальных терапевтических значений у 80 % пациентов. Значение индекса Кердо изменилось в экспериментальной группе до нормотомии.

### Выводы

Установлено, что достаточно простые мероприятия, инструктированный свод правил поведения для медицинского персонала при психологической и медикаментозной подготовке пациентов значительно повышает эффективность оказываемых услуг, повышает удовлетворенность пациентов получаемыми медицинскими услугами, улучшает процесс оказания медицинской сто-

матологической помощи, повышает экономические показатели деятельности медицинского учреждения за счет оказания медицинской помощи большему числу лиц вследствие более раннего освобождения кресла пациента и пространства стоматологической клиники.

Это позволяет сделать вывод о целесообразности использования препарата гидроксизина гидрохлорид 25 мг в качестве препарата выбора при проведении премедикации перед оперативным вмешательством для проведения аугментации костной ткани челюсти у пациентов средней возрастной группы 35–45 лет у пациентов с высоким уровнем тревожности и применением настойки валерианы 20 % (15 капель на 50 мл) у пациентов со средним уровнем стресса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Steeds C, Orme R; Premedication. *Anaesthesia and intensive care medicine* Volume 7, Issue 11, Pages 393–396 (November 2006).
2. Banchs R.J., Lerman J. Preoperative Anxiety Management, Emergence Delirium, and Postoperative Behavior. *Anesthesiology Clinics*. 2014;32(1):1–23. doi: 10.1016/j.anclin.2013.10.011.
3. Kain Z.N., Mayes L.C., Caldwell-Andrews A.A., Karas D.E., McClain B. C. Preoperative anxiety, postoperative pain, and Behavioral recovery in young children undergoing surgery. *Pediatrics*. 2006;118(2):651–658. doi: 10.1542/peds.2005–2920.
4. Kain Z.N., Caldwell-Andrews A.A., Maranets I., et al. Preoperative anxiety and emergence delirium and postoperative maladaptive Behaviors. *Anesthesia and Analgesia*. 2004;99: 1648–1654. doi: 10.1213/01.ANE.0000136471.36680.97.
5. Abbasi H., Saqib M., Jouhar R., et al. The efficacy of little lovely dentist, dental song, and tell-show-do techniques in alleviating dental anxiety in paediatric patients: a clinical trial. *Biomed Research International*. 2021;2021, article 1119710:7. doi: 10.1155/2021/1119710.
6. Cox R.G., Nemish U., Ewen A., Crowe M.J. Evidence-based clinical update: does premedication with oral midazolam lead to improved behavioural outcomes in children? *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2006;53(12):1213–1219. doi: 10.1007/BF03021583.
7. Michael J. Sheen, Fang-Lin Chang, Shung-Tai Ho, Anesthetic premedication: New horizons of an old practice, *Acta Anaesthesiologica Taiwanica*, Volume 52, Issue 3, 2014, Pages 134–142.
8. Wang S. M., Kulkarni L., Dolev J., Kain Z. N. Music and preoperative anxiety: a randomized, controlled study. *Anesthesia and Analgesia*. 2002;94(6):1489–1494. doi: 10.1213/00000539-200206000-00021.
9. Cao J., Shi X., Miao X., Xu J. Effects of premedication of midazolam or clonidine on perioperative anxiety and pain in children. *BioScience Trends*. 2009;3(3):115–118.
10. Norris W, Baird WL. Pre-operative anxiety: a study of the incidence and aetiology. *Br J Anaesth*. 1967; 39: 503–509.
11. Johnston M. Anxiety in surgical patients. *Psychol Med*. 1980; 10: 145–152.
12. Williams JG, Jones JR. Psychophysiological responses to anesthesia and operation. *JAMA*. 1968; 203: 415–417.
13. Erkilic E, Kesimci E, Soykut C, Doger C, Gumus T, Kanbak O. Factors associated with preoperative anxiety levels of Turkish surgical patients: from a single center in Ankara. *Patient Prefer Adherence*. 2017; 11: 291–296.
14. Caumo W, Schmidt AP, Schneider CN, Bergmann J, Iwamoto CW, Bandeira D, et al. Risk factors for preoperative anxiety in adults. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2001; 45: 298–307.
15. Woldegerima Y, Fitwi G, Yimer H, Hailekiros A. Prevalence and factors associated with preoperative anxiety among elective surgical patients at University of Gondar Hospital. Gondar, Northwest Ethiopia, 2017. A cross-sectional study. *International Journal of Surgery Open*. 2018; 10: 21–29.
16. Kopel HM. Hydroxyzine as a pre-operative sedative: a double blind study with apprehensive children. *Anesth Prog*. 1971 Nov-Dec;18(6):127-33. PMID: 4256332; PMCID: PMC2516167.
17. Köner O., Türe H., Mercan A., Menda F., Szübir S. Effects of hydroxyzine midazolam premedication on sevoflurane-induced paediatric emergence agitation: a prospective randomised clinical trial. *European Journal of Anaesthesiology*. 2011;28(9):640–645. doi: 10.1097/EJA.0b013e328344db1a.
18. Faytrouny M., Okte Z., Kucukyavuz Z. Comparison of two different dosages of hydroxyzine for sedation in the paediatric dental patient. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2007;17(5):378–382. doi: 10.1111/j.1365-263X.2007.00844.x.

Наши авторы

**Akhmetov K.** — Head of the Department of Ecology and Natural Resources of the Territorial Planning Department of the RSE «Gosrgadkadastr», Republic of Kazakhstan, Astana

**Aksarin A.** — Regional Oncology Dispensary, Surgut; Budgetary Institution of Higher Education of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra «Surgut State University»

**Alekseyev A.** — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don state agrarian university (Persianovsky)

**Avksentieva E.** — PhD, Associate Professor, ITMO University

**Badoeva A.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Tula State University

**Bakoev S.** — Candidate of Biological Sciences, leading analyst Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia (Moscow)

**Bashkina O.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Astrakhan State Medical University Russia

**Baytelova A.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University»

**Bazaev V.** — Doctor of Medical Sciences, Professor; Leading researcher of Urology Department of the Moscow Regional Research and Clinical Institute («MONIKI»)

**Belova P.** — Tula State University

**Bobylev Yu.** — candidate of medical sciences, associate professor, E.A. Vagner Perm State Medical University

**Bogomolova Yu.** — Assistant, Tver State Medical University

**Brusovankin V.** — senior teacher, Russian University of Sport «GTSOLIFK»

**Cherkesova L.** — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Don State Technical University

**Chiskidov S.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Khimki (Moscow region)

**Dmitrienko H.** — Professor, Doctor of Technical Sciences, Ulyanovsk State Technical University

**Dolgov A.** — Adjunct, Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow

Our authors

**Drobot D.** — MD, Professor, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Federal State Budgetary Institution «Federal Center of Cardio-Vascular Surgery»

**Dzhurov A.** — Postgraduate student, Don State Technical University

**Ermakova T.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow City University (MCU)

**Faibushevich A.** — PhD, Associate Professor, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, (Moscow)

**Fedorov A.** — Postgraduate student, ITMO University

**Getmantseva L.** — Doctor of Biological Sciences, leading analyst Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia (Moscow)

**Gorshenina E.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University»

**Gryzlova N.** — Postgraduate student, Tula State University; obstetrician-gynecologist, women's consultation GUZ GB No. 2

**Iosipchuk K.** — Senior Lecturer, Kabardino-Balkaria state university

**Ippolitova E.** — Researcher, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology

**Isakova K.** — Candidate of Medical Sciences, doctor, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology

**Kabieva Sh.** — Candidate of Biological Sciences, analyst Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia (Moscow)

**Kadyraliev S.** — Postgraduate student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, (Moscow)

**Kalmykova M.** — Candidate of medical sciences, Assistant, Kabardino-Balkaria state university

**Kapustina M.** — Candidate of Medical Sciences, doctor of the highest category, chief physician, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology

**Karabaev J.** — Budgetary institution of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra "Surgut District Clinical Hospital"

**Ketov A.** — candidate of the technical sciences, docent, FarEast State Transport University (Khabarovsk)

**Kireev D.** — cand. those. Sciences, Joint-Stock Company «Institute for the Training of Personnel in Mechanical Engineering and Instrument Engineering», Korolev

**Kopeyka S.** — Regional Oncology Dispensary, Surgut

**Korobeinikova A.** — Analyst, Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia (Moscow)

**Korochentsev D.** — Ph.D., Associate Professor, Don State Technical University

**Koshurnikova E.** — candidate of medical sciences, associate professor, E.A. Vagner Perm State Medical University

**Kozlovskaya M.** — candidate of medical sciences, associate professor, E.A. Vagner Perm State Medical University

**Krasnopolskaya K.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology

**Kravets P.** — Bauman Moscow State Technical University

**Kuzmicheva V.** — Graduate student, Moscow Regional Research Institute of Obstetrics and Gynecology

**Lesnichenko M.** — Moscow State Bauman Technical University, Moscow

**Lesnichenko R.** — cand. those. Sciences, Joint-Stock Company «Institute for the Training of Personnel in Mechanical Engineering and Instrument Engineering», Korolev

**Logvina L.** — Candidate of medical sciences, Associate Professor, Associate Professor, Kabardino-Balkaria state university

**Lonshakova A.** — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

**Martsynkovskaya N.** — Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University) (RAZUMOVSKY MSUTM (FCU))

**Martsynkovsky S.** — Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University) (RAZUMOVSKY MSUTM (FCU))

**Maximkin D.** — PhD, Associate Professor, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, (Moscow)

**Mayorova O.** — Senior lecturer, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

**Migalina T.** — candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

**Mishina A.** — Candidate of Biological Sciences, analyst Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia (Moscow)

**Mordovskii A.** — Regional Oncology Dispensary, Surgut

**Murasov T.** — Postgraduate student, Bashkir State Medical University; doctor of the Department of cardiac surgery of GBUZ RB GKB No. 21

**Muromtsev V.** — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor Russian State University for the Humanities

**Muromtseva A.** — Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Russian State University for the Humanities

**Musabaev T.** — Doctor of technical sciences, professor of ENU L.N. Gumilyov, Academician of NIA RK, Honored Worker of Science, Honorary Builder, Honorary Architect Kazakhstan, General Director of RSE «Gosgradkadastr», Republic of Kazakhstan, Astana

**Musabayeva A.** — Moscow State University, M.V. Lomonosov, Republic of Kazakhstan, Astana

**Odinokova E.** — candidate of Pedagogical Sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

**Orlova K.** — Ph.D., lecturer, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Moscow)

**Pakhnova L.** — Candidat of Medical Sciences, Assistant, Astrakhan State Medical University

**Pakhtusov A.** — Budgetary Institution of Higher Education of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra «Surgut State University», Surgut

**Paramonov S.** — Candidate of Biological sciences, associate professor, State Federal-Funded Educational Institution of Higher Education «Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation»,

**Pavlova Yu.** — Candidate of Medical Sciences; Researcher of Urology Department of the Moscow Regional Research and Clinical Institute («MONIKI»)

**Pomortsev P.** — cand. those. Sciences, Associate Professor, Joint-Stock Company «Institute for the Training of Personnel in Mechanical Engineering and Instrument Engineering», Korolev

**Ponomarev A.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Perm State University named after Academician E.A. Wagner of the Ministry of Health of the Russian Federation

**Potekhin S.** — Postgraduate student, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow

**Qouteshat Sultan Abdullah Ibrahim** — Resident doctor, Assistant, Kabardino-Balkaria state university Medical Academy

**Radyuk A.** — Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don state agrarian university (Persianovsky)

**Revyakina E.** — Ph.D., Associate Professor, Don State Technical University

**Romanets E.** — postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education DON STATE AGRARIAN UNIVERSITY (Persianovsky)

**Romanets T.** — Candidate of Agricultural Sciences, senior lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don state agrarian university (Persianovsky)

**Romanov A.** — K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

**Romashkova O.** — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

**Sakovich V.** — MD, Professor, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Federal State Budgetary Institution «Federal Center of Cardio-Vascular Surgery»

**Sapogov A.** — Graduate student, Russian State Social University (Moscow)

**Savchenkova E.** — Senior Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University»

**Schukina G.** — senior teacher, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

**Shcherbanich F.** — Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

**Shibaev A.** — M.D., Ph.D. doctoral candidate (M); Leading researcher of Urology Department of the Moscow Regional Research and Clinical Institute («MONIKI»)

**Shishkova E.** — senior teacher, Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

**Smyshnikova L.** — Senior lecturer, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

**Stolnikova I.** — Candidate of Medical Sciences, Tver State Medical University

**Timerbulatov M.** — MD, Professor, corresponding member AN RB, Bashkir State Medical University

**Troyan P.** — Regional Oncology Dispensary, Surgut

**Tsverkunova O.** — Cardiologist, head of cardiology department Alexander-Mariinsky Regional Clinical Hospital (Astrakhan)

**Tsvetkov Yu.** — Postgraduate student, Yaroslavl State Medical University

**Tsydenov V.** — Head of the design bureau, JSC «Ulan-Ude Aviation Plant»

**Tslyak E.** — Researcher, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology

**Tyurnev A.** — Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Irkutsk National Research Technical University

**Verkhovina T.** — Candidate of Medicine, Associate Professor, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education

**Vinnik Yu.** — MD, Professor, Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University

**Volkov D.** — PhD, Federal State Budgetary Institution «Federal Center of Cardio-Vascular Surgery», Krasnoyarsk

**Volkov V.** — MD, Professor, Tula State University; Professor, Federal State Medical University Belgorod State National Research University

**Volkov Yu.** — MD, Professor, Prof., V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University

---

**Vorobeva A.** — candidate technical sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

**Vorobyov Yu.** — Postgraduate student, Ulyanovsk State Technical University

**Voronina L.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Astrakhan State Medical University

**Vu Quang Thang** — Institute for Training of Foreign Citizens of the State Fire Service Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow

**Yakovleva O.** — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow

**Yashin D.** — candidate of Pedagogical Sciences, docent, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

**Zhetisheva I.** — Candidate of medical sciences, Associate professor, Kabardino-Balkaria 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 оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не 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.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).