

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№8-2 2023 (АВГУСТ)

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>

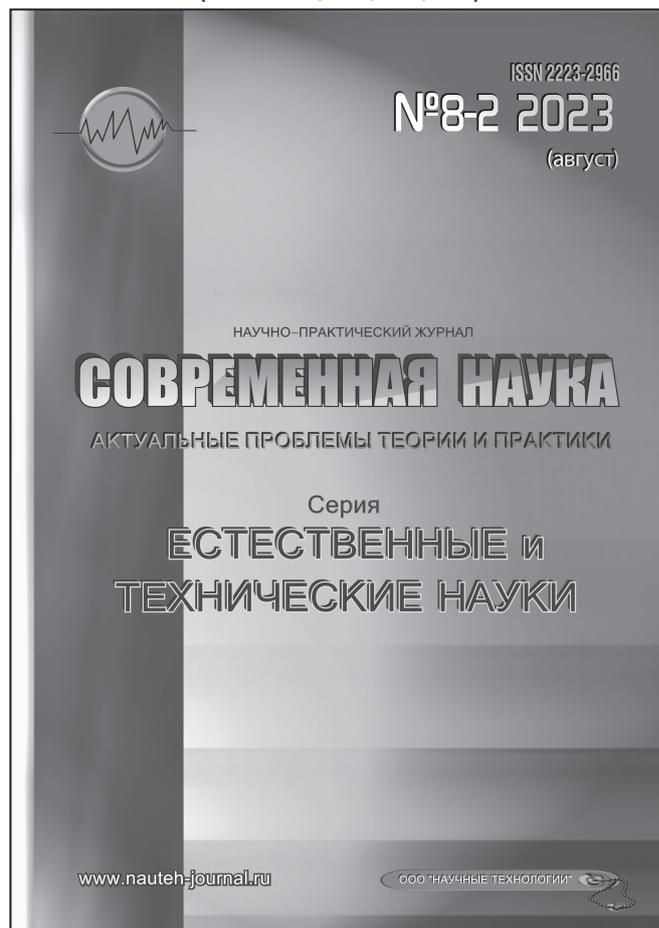
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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)



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# СОВРЕМЕННАЯ НАУКА

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

Серия

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ООО «НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### В НОМЕРЕ:

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

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

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука»

Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 25.08.2023 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



9 772223 296607

# 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

**Антипова Е.М.** — Методы изучения природных и урбанизированных флор в лесостепной зоне средней Сибири  
*Antipova E.* — Methods of studying natural and urbanized flora in the forest-steppe zone of central Siberia .....6

**Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Галиева А.С., Давыдова Н.Г., Жиборт Е.Л.** — Полиморфизм генов вазоактивных факторов эндотелия и показатели интенсивности кариеса зубов  
*Bebyakova N., Levitsky S., Galiyeva A., Davydova N., Zhibort E.* — Endothelial vasoactive factor gene polymorphism and dental caries intensity indicators .....13

**Газя Г.В., Еськов В.М., Газя Н.Ф., Еськов В.В.** — Влияние промышленных электромагнитных полей на организм работников нефтегазовой отрасли Сибири  
*Gazyu G., Eskov V., Gazyu N., Eskov V.* — Influence of industrial electromagnetic fields on the organism of employees of the oil and gas industry of Siberia ...18

**Гараев С.Г., Соколова В.В.** — Характеристика реликтов третичного периода дендрофлоры Азербайджана по историческим группам  
*Garayev S., Sokolova V.* — Characteristics of relicts of tertiary period of dendroflora of Azerbaijan according to historical groups .....22

**Иванова Н.В., Бугеро Н.В., Повторейко А.В., Ильина Н.А., Сливинский Д.С.** — Пандемия COVID-19 и антибиотикорезистентность. Региональные аспекты  
*Ivanova N., Bugero N., Povtorejko A., Ilina N., Slivinskij D.* — COVID-19 pandemic and antibiotic resistance. Regional aspects .....29

**Алшаби А.Д., Аль-Ани М.М., Аль-Азави А.Я., Конев А.А.** — Система обнаружения вторжений на основе процесса выбора функций на основе ансамбля  
*Alshaibi A., Al-Ani M., Al-Azzawi A., Konev A.* — An intrusion detection system based on an ensemble-based feature selection process .....36

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Амонов А.Х., Демидов Л.Н.** — Автоматизация учета призывников в военном комиссариате  
*Amonov A., Demidov L.* — Automation of registration of conscripts in the military commissariat .....41

**Атаманенко В.А.** — Искусственный интеллект как основа создания финансовых услуг нового поколения  
*Atamanenko V.* — Artificial intelligence as the basis for creating a new generation of financial services . .46

**Богданов Р.А., Самохина В.М.** — Изменение подходов к разработке динамических веб-сайтов  
*Bogdanov R., Samokhina V.* — Changing approaches to dynamic website development.....49

**Ван Чаочао, Афанасьев Г.И., Афанасьев А.Г.** — Алгоритм обнаружения слабых инфракрасных целей на сложном фоне посредством нейросетевой модели YOLOv5  
*Wang Ch., Afanasyev G., Afanasyev A.* — Algorithm for detecting weak infrared targets on a complex background using the YOLOv5 neural network model.....54

**Георгиева М.А., Езаова А.Г., Канукоева Л.В., Арванова С.М., Георгиева И.А., Тлепшева Д.А.** — Разработка калькулятора для аппроксимации функций  
*Georgieva M., Ezaova A., Kanukoeva L., Arvanova S., Georgieva I., Tlepsheva D.* — Developing a calculator for function approximation .....60

**Джуров А.А., Черкесова Л.В., Ревякина Е.А.** — Распознавание фейкового (поддельного) видеоконтента, синтезированного с помощью технологии DeepFake алгоритма Generative Adversarial Network (GAN)  
*Dzhurov A., Cherckesova L., Revyakina E.* — Recognition of fake (spurious) video content synthesized using DeepFake technology of the Generative Adversarial Network (GAN) algorithm.....68

**Джуров А.А., Черкесова Л.В., Ревякина Е.А.** — Распознавание фейкового (поддельного) видеоконтента, синтезированного с помощью технологии DeepFake алгоритма Generative Adversarial Network (GAN)  
*Dzhurov A., Cherckesova L., Revyakina E.* — Recognition of fake (spurious) video content synthesized using DeepFake technology of the Generative Adversarial Network (GAN) algorithm.....68

**Джуров А.А., Черкесова Л.В., Ревякина Е.А.** — Распознавание фейкового (поддельного) видеоконтента, синтезированного с помощью технологии DeepFake алгоритма Generative Adversarial Network (GAN)  
*Dzhurov A., Cherckesova L., Revyakina E.* — Recognition of fake (spurious) video content synthesized using DeepFake technology of the Generative Adversarial Network (GAN) algorithm.....68

**Джуров А.А., Черкесова Л.В., Ревякина Е.А.** — Распознавание фейкового (поддельного) видеоконтента, синтезированного с помощью технологии DeepFake алгоритма Generative Adversarial Network (GAN)  
*Dzhurov A., Cherckesova L., Revyakina E.* — Recognition of fake (spurious) video content synthesized using DeepFake technology of the Generative Adversarial Network (GAN) algorithm.....68

- Куровский С.В., Мишин Д.А., Петрушин А.В.** — IP-телефония как инструмент управления организационной системой в различных режимах  
*Kurovsky S., Mishin D., Petrushin A.* — IP telephony as a management tool of organizational system in different modes .....81
- Леухин Е.В.** — Методика и подходы повышения качества разрабатываемых продуктов в продуктовых командах  
*Leukhin Ye.* — Methods and approaches for improving the quality of developed products in product teams .....87
- Мансуров А.В., Лепендин А.А., Рудер Д.Д., Ладыгин П.С.** — Обнаружение и исключение обфусцированных каналов утечки данных в корпоративных сетях  
*Mansurov A., Lependin A., Ruder D., Ladygin P.* — Detection and prevention of obfuscated data leak channels in corporate networks .....94
- Овчинникова К.Р., Шерняев К.Р., Ромашкова О.Н.** — Компьютерная игровая система и ее звуковой ландшафт  
*Ovchinnikova K., Shernyaev K., Romashkova O.* — Computer game system and its soundscape ..... 101
- Павлов А.В.** — Атрибутивные методы выявления сложных атак по данным систем обнаружения вторжений  
*Pavlov A.* — Attributive methods for detecting complex attacks from intrusion detection system data ..... 108
- Перелетов И.П., Петросян Л.Э.** — Применение технологий No-Code в бизнесе  
*Pereletov I., Petrosyan L.* — Application of No-Code technologies in business ..... 111
- Поленок М.В., Бондаренко С.В., Юркова О.Н., Моргунов М.В.** — Система автоматизации процессов малой сложности  
*Polenok M., Bondarenko S., Yurkova O., Morgunov M.* — Automation system of processes of low complexity ..... 115
- Полюян А.Ю., Целигоровая Е.Н., Галушка В.В., Кодацкий Н.М.** — Применение систем искусственного интеллекта в обеспечении защиты информации  
*Poluyan A., Tseligorova E., Galushka V., Kodatsky N.* — Application of artificial intelligence systems to ensure information protection ..... 123
- Попукайло В.С., Шмелёва А.В.** — Применение многомерного метода точечных распределений в задачах машинного обучения с несбалансированными данными  
*Popukaylo V., Shmelyova A.* — Application of the multidimensional kernel density estimation method in machine learning tasks with imbalanced data. . 128
- Туманян П.И., Сараджишвили С.Э.** — Архитектура геймифицированной программной платформы для подготовки данных для обучения AI моделей  
*Tumanyan P., Saradgishvili, S.* — Architecture of a gamified software platform for preparing data for training AI models ..... 132
- Удалов А.Л., Ветчинников Д.В., Григорьев Н.Ф., Григорьев Р.Н.** — Использование компьютерного зрения для визуальной проверки качества овощей  
*Udalov A., Vetchinnikov D., Grigoriev N., Grigoriev R.* — Using computer vision for visual checking of vegetable quality ..... 137
- Чжоу Хан, Афанасьев Г.И., Афанасьев А.Г., Филатова А.Е.** — Система распознавания лиц на основе библиотеки алгоритмов компьютерного зрения OpenCV  
*Zhou H., Afanasyev G., Afanasyev A., Filatova A.* — Face recognition system based on the library of computer vision algorithms OpenCV ..... 142
- Шибанов Э.Д.** — Классификация дефектов 3D печати тонкостенных фигур из шоколадной глазури  
*Shibanov E.* — Classification of defects of 3D printing of thin-walled chocolate figures ..... 146
- Клиническая медицина
- Алиева С.П.** — Применение навигационного шаблона для проведения процедуры синус-лифтинга при имплантации  
*Alieva S.* — The use of a navigation template for the sinus-lifting procedure during implantation ..... 152
- Деришева Д.А., Яхонтов Д.А.** — Ишемическая болезнь сердца в постковидном периоде (обзор литературы)

- Derisheva D., Yahontov D.* — Ischemic heart disease in the post-covid period (literature review)..... 155
- Каллаев Н.О., Атаев А.Р., Ганиев М.Х., Мирзоев Н.Э., Нурудинова С.Н., Османов Р.Т., Магарамов А.М.** — Комплексное лечение инфицированных повреждений стопы  
*Kallaev N., Ataev A., Ganiev M., Mirzoev N., Nurudinova S., Osmanov R., Magaramov A.* — Comprehensive treatment of infected foot ..... 161
- Кривохижин И.В., Парсаданян А.М., Степанян А.А.** — Фундаментальные исследования, изменившие подход к неoadъювантному лечению раннего HER2—позитивного рака молочной железы  
*Krivokhizhin I., Parsadanyan A., Stepanyan A.* — Fundamental research that changed the approach to neoadjuvant treatment of early HER2-positive breast cancer ..... 168
- Кумахов А.А.** — Лечебно-диагностические проблемы определения болезни Паркинсона в РСО-Алания  
*Kumakhov A.* — Treatment and diagnostic errors of Parkinson's disease in North Ossetia-Alania ..... 172
- Кумахов А.А., Тлапшокова Л.Б., Дудуев У.С.** — COVID-19 и сосудистый паркинсонизм. Разбор клинического случая  
*Kumakhov A., Tlapshokova L., Duduev U.* — COVID-19 and vascular parkinsonism. Analysis of a clinical case. .... 175
- Мальцев А.И., Корягин В.С.** — Анализ двухлетней выживаемости острого инфаркта миокарда в период пандемии в 2020 году и до нее в 2019 году  
*Maltsev A., Koriagin V.* — Analysis of two-year survival of acute myocardial infarction during the pandemic in 2020 and before it in 2019..... 178
- Мальцев А.И., Корягина Н.А., Корягин В.С.** — Характеристика острого инфаркта миокарда у пациентов с нарушением углеводного обмена и фибрилляцией предсердий в период пандемии коронавирусной инфекцией  
*Maltsev A., Koriagina N., Koriagin V.* — Characteristics of acute myocardial infarction in patients with impaired carbohydrate metabolism and atrial fibrillation during a pandemic coronavirus infection ..... 182
- Россолько Д.С., Рухляда Н.Н., Прохорович Т.И., Джанибекова Ш.С., Кузьмина А.С.** — Специфика влияния вредных производственных факторов на течение беременности и протекание родов женщин-проводников  
*Rosolko D., Rukhlyada N., Prokhorovich T., Dzhanibekova Sh., Kuzmina A.* — The specificity of the influence of harmful industrial factors on the course of pregnancy and the process of birth of women-guides ..... 187
- Рухляда Н.Н., Винникова С.В., Цечоева Л.Ш., Луфт В.М., Доронин С.А., Полякова А.С.** — Влагалищная и кишечная микробиота у женщин с неразвивающейся беременностью до и после коррекции стандартной терапии  
*Ruhlyada N., Vinnikova S., Tsechoyeva L., Luft V., Doronin S., Polyakova A.* — Vaginal and intestinal microbiota in women with undeveloped pregnancy before and after correction of standard therapy .. 192
- Спасенков Г.Н., Хлынова О.В., Корягин В.С., Корягина Н.А.** — Вклад системы удаленного мониторинга в 12-месячную выживаемость пациентов после инфаркта миокарда на территории Пермского края  
*Spasenkov G., Khlynova O., Koriagin V., Koriagina N.* — The contribution of the remote monitoring system to the 12-month survival of patients after myocardial infarction in the Perm region. .... 199
- Цветков Ю.А.** — Исследование клинической эффективности применения глюкокортикоидных препаратов на примере бетаметазона во время аугментации костной ткани челюсти у стоматологических пациентов  
*Tsvetkov Yu.* — Study of the clinical efficacy of the use of glucocorticoid drugs during jaw bone augmentation in dental patients ..... 205
- Наши авторы ..... 210

# МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ФЛОР В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

**Антипова Екатерина Михайловна**

Доктор биологических наук,  
Красноярский государственный педагогический  
университет им. В.П. Астафьева  
katusha05@bk.ru

## METHODS OF STUDYING NATURAL AND URBANIZED FLORA IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF CENTRAL SIBERIA

**E. Antipova**

*Summary.* The study of the natural flora of the northern forest-steppes of Central Siberia was based on the method of specific floras by A.I. Tolmachev (CF), which was proposed by him for the study of Arctic regions with low floristic knowledge. This method is more efficient and economical in contrast to the route method of research, has a high degree of representativeness, and, subject to a significant degree of study of flora and their approximate territorial equality, provides the principle of comparability of flora in comparative analysis. The Middle Siberian forest-steppes (Kansk, Krasnoyarsk and Achinsk) are experiencing a huge anthropogenic impact and the method of model allocations of the urbanized landscape by N.G. Ilminskikh (MV) was used to identify urban flora. The purpose of the work is to characterize the methods of studying natural and urban flora used in scientific research to identify flora in the conditions of the forest-steppe zone of Central Siberia. As a result of the study by the methods of CF and MV, information about 156 was obtained and processed.

*Keywords:* flora, local flora, specific flora, vegetation, plant community (phytocenosis), method of concrete flora.

*Аннотация.* За основу изучения природной флоры северных лесостепей Средней Сибири был принят метод конкретных флор А.И. Толмачева (КФ), который был предложен им для изучения арктических районов с низкой флористической изученностью. Данный метод более эффективен и экономичен в отличие от маршрутного способа исследования, обладает высокой степенью репрезентативности, а при условии значительной степени изученности флор и их приблизительного территориального равенства, обеспечивает принцип сопоставимости флор в сравнительном анализе.

Среднесибирские лесостепи (Канская, Красноярская и Ачинская) испытывают огромное антропогенное влияние и для выявления городских флор использовался метод модельных выделов урбанизированного ландшафта Н.Г. Ильминских (МВ). Цель работы — характеристика методов исследования природных и урбанофлор, примененных в научных исследованиях для выявления флоры в условиях лесостепной зоны Средней Сибири. В результате исследования методами КФ и МВ получены и обработаны сведения о 1566 видах сосудистых растений лесостепей, относящихся к 519 родам и 112 семействам. Около 180 видов были исключены из анализа по разным причинам.

*Ключевые слова:* флора, локальная флора, конкретная флора, растительность, растительное сообщество (фитоценоз), метод конкретных флор.

### Введение

За основу изучения природной флоры северных лесостепей Средней Сибири был применен метод конкретных флор (КФ), который получил широкое применение во флористических исследованиях в 60-е годы прошлого столетия и дальнейшее теоретическое развитие в трудах современных ботаников [1-27].

А.И. Толмачев, одним из первых, занимался теоретическими проблемами сравнительной флористики и предложил для районов с низкой флористической изученностью метод конкретных (элементарных) флор [28-31].

Среднесибирские лесостепи (Канская, Красноярская и Ачинская) испытывают огромное антропогенное влияние и для выявления городских флор использовался метод модельных выделов (МВ) урбанизированного ландшафта Н.Г. Ильминских [32].

Цель работы — характеристика методов исследования природных и урбанофлор, примененных в научных

исследованиях для выявления флоры в условиях лесостепной зоны Средней Сибири.

Использование метода конкретных флор позволяет с максимальной полнотой проводить инвентаризацию флоры, тщательные наблюдения за распределением видов по экотопам, их поведением в различных ценозах и т.д., что значительно углубляет представления о флоре района и позволяет провести более всесторонний и разнообразный анализ. Метод МВ объединяет геоботанические, флористические и экотопологические приемы полевого исследования растительного покрова города. Модельные выделы позволяют выявить видовой состав без отрыва от их естественного произрастания и, таким образом, определить экотопологическое разнообразие парциальных флор города и полный видовой состав каждого типа экотопа. Метод модельных выделов имеет множество достоинств: высокая информативность, удобство в повторном обследовании, представительность.

Видовое богатство или количественная характеристика является неотъемлемым признаком каждой

флоры и зависит от экологических, географических, исторических и прочих факторов. Однако, сама по себе констатация количества видов той или иной территории не несет никакой информации, и даже такая характеристика как «богатство» или «бедность» флоры может быть выражена лишь при сравнении с другой флорой.

Сравнительный анализ флоры выявляет ее специфические признаки, обусловленные современными природными условиями района, устанавливает географические связи изучаемой флоры и ее место в ряду других флор, принадлежность к различным единицам схемы флористического районирования, источники и пути формирования данной флоры, особенности флорогенеза, на основе вскрытых географических закономерностей изменения состава и структуры флор. Использование данных, полученных методом конкретных флор, обеспечивает полноценное и достаточно объективное сравнение. При этом возможно решение вопросов реконструкции истории формирования флоры крупных флористических подразделений, а также прогнозирование тенденций развития. Результаты сравнения могут использоваться также для разработки оптимальной сети особо охраняемых территорий и разработки стратегических вопросов охраны флоры.

#### Материалы и методы

Северные лесостепи Средней Сибири — Ачинская, Красноярская и Канская расположены между 55°28'с.ш.–57°28'с.ш. и 89°–96°40'в.д. Отдельные лесостепные острова разобщены Кемчугским плато на западе, отрогами Енисейского кряжа и Восточного Саяна на востоке, занимающая полосу контакта равнинных и горных пространств. Наименьшие размеры имеет Ачинская лесостепь, наибольшие — Канская. Общая площадь островов лесостепей составляет 27,5 тыс. кв. км, непрерывная полоса вместе с окружающей их подтайгой — 54,5 тыс. кв. км.

Впервые северные лесостепи были выделены на картах растительности России С.И. Коржинским [33]. В Средней Сибири выделенный им остров лесостепей подобласти «луговых степей» протягивался сплошной узкой полосой от г. Ачинска через Красноярск за г. Канск, заканчиваясь восточнее. Несмотря на то, что на картах лесостепи были изображены не совсем точно из-за отсутствия необходимых сведений, Коржинским впервые, а впоследствии и Г.И. Танфильевым [34] был подчеркнут островной характер степей и лесостепей Средней Сибири.

Позже А.Я. Тугариновым [35], а впоследствии и Л.М. Черепнинным [36], северные лесостепи Средней Сибири рассматривались как зональное явление и были включены в отдельную ландшафтную зону. На составленной им карте «Ландшафтные зоны и внутриланд-

шафтные районы Енисейской губернии» были выделены Канский, Красноярский и Ачинский северный лесостепные районы.

По последнему флористическому районированию Сибири [6] территория входит в Алтае-Енисейскую орогемибореальную провинцию между на стыке трех тектонических структур: Западно-Сибирской низменности, Алтае-Саянской горной страны и Среднесибирского плоскогорья [37].

Для проведения сравнительного анализа флор северных лесостепей Средней Сибири было выделено и обследовано 26 локальных флор (ЛФ), изученных по единому методу конкретных флор.

В связи с экотопологической гетерогенностью КФ и эффектом флористического континуума, особое внимание обращено на локальные флоры как объект флористических исследований [12, 16, 38]. Б.А. Юрцев [39] считает, что концепция локальных флор имеет преимущества с точки зрения задач мониторинга перед таковой конкретных флор как флористически гомогенных выделов. Большинство исследователей считается, что они могут рассматриваться как пробы флоры или флористической ситуации в данной местности [13, 39]. В процессе полевых исследований мы следовали методическим рекомендациями А.И. Толмачева и Б.А. Юрцева по изучению флоры: относительное постоянство видового состава территории КФ, полнота выявления набора всех возможных типов местообитаний и неоднократное их обследование. В результате процедура выявления ЛФ проводилась в несколько этапов: а) выявление экотопического разнообразия парциальных флор (ПФ), б) выявление полного состава видов растений каждого типа экотопов (собственно инвентаризация), в) контроль за полнотой выявления и определение топографических границ данной ЛФ и т.д. Выявление полного видового состава КФ — минимальной региональной естественной флоры, определение ее площади и разграничение соседних КФ осуществляется путем заложения сети близко расположенных друг к другу проб флоры и последующего сравнительного анализа ЛФ на заключительном этапе работы. При этом КФ как естественные флористические выделы дают основу для проведения границ при флористическом районировании.

#### Результаты и обсуждение

Для достижения цели необходимо проанализировать и разграничить понятия сравнительной флористики, рассмотреть существующие методы исследования флоры и изучить особенности технологии полевых исследований с использованием методов КФ и выборочных проб в условиях лесостепей Средней Сибири.

Флора — понятие широкое и включает в себя совокупность видов растений, которые встречаются на данной территории, слагают все свойственные ей растительные сообщества и заселяют все типы местообитаний. Для изучения флоры необходимы различные методы [40].

Маршрутный метод предполагает исследование с помощью равномерной сети маршрутов, покрывающей территорию флоры. Во время следования по ним производят составление флористических описаний и производят гербарные сборы растений. Маршруты прокладываются таким образом, чтобы охватить наибольшее разнообразие местообитаний, а в пределах каждого из них находился бы отрезок маршрута максимальной протяженности. Наибольшее разнообразие местообитаний наблюдается в долинах крупных рек, котловинах древних озер на участках с густой овражно-балочной сетью, близ краев речных долин. Если изучается ровная территория с однородной растительностью, то маршрут планируется зигзагами и петлями, чтобы, удлиняя свой путь, не пропустить некоторые редко встречающиеся растения. При исследовании флоры лугов следует большее внимание уделять склонам оврагов и балок, в степях — склонам восточной и южной экспозиций. При наличии на территории исследования выходов коренных пород следует уделить им особое внимание. Во время движения по маршруту в полевой дневник записываются встреченные виды растений, неизвестные виды собираются в гербарий для дальнейшего определения. Записи ведутся по ходу следования, либо периодически делаются остановки с составлением подробного списка видов, после чего движение продолжается. Метод применим для исследования разных территорий, однако при использовании этого метода, собранный материал определяется тем, что «попало под руку» исследователя. В связи с этим, каждый участок пути остаётся не полностью освещённым, список флоры может охватывать составные части разных флор.

Стационарный метод обычно используется для длительного изучения флор заповедников, национальных парков, окрестностей населённых пунктов и т.п. В окрестностях выбранного стационара (обычно это контуры данных учреждений, кордоны и т.п.) закладывается сеть маршрутов, равномерно покрывающая исследуемую территорию и захватывающая все имеющиеся местообитания. При использовании стационарного метода необходимо предусмотреть периодичность посещения сети маршрутов. Флористические исследования определённой территории должны учитывать особенности её растительного покрова, смены фенологических фаз. Как можно заметить, при использовании такого метода обеспечивается наибольший уровень выявления флористического состава изучаемой территории. Но размер этой площади обычно невелик, а разнообразие местообитаний ограничено.

В рамках смешанного метода (маршрутно-стационарный или комбинированный) маршрутный и стационарный подходы методически сближаются: при увеличении плотности маршрутов при первом методе или при увеличении площади изучаемых локальных флор — при втором.

Вышеперечисленные методы не подходят для сбора статистически достоверной флористической информации на региональном уровне. Для этого необходимо, чтобы места флористических описаний были относительно равномерно (и случайно) распределены по исследованной территории, а число описаний было достаточно большим.

В методе сеточного картографирования флоры ячейки сетки имеют регулярный и независимый от природных условий характер. Это определяет случайность выбора мест исследования. А выбираемый размер ячеек сетки позволяет сделать их число достаточно большим для получения статистически достоверной информации. Основная задача исследователя при использовании метода сеточного картографирования — сделать как минимум одно флористическое описание в каждой ячейке. Это трудоёмкий процесс — на каждое описание в среднем уходит один рабочий день. Поэтому, в период планирования полевых работ, флористу следует определиться с размером ячеек, на которые он делит свою территорию исследования. Не стоит стремиться сразу же обследовать весь «квадрат». Для получения первых результатов достаточно обследовать по 1–2 небольших участка в пределах каждой ячейки. Главное достоинство этого метода в том, что при использовании современных технологий и компьютерных программ возможны обработка и анализ всей собранной информации о находках видов растений в пределах каждого квадрата. Метод используется для исследования редких видов растений, применяется при составлении Красных Книг регионов.

Метод конкретных флор был принят нами за основу изучения северных лесостепей Средней Сибири. Конкретная флора представляет собой однородную, экологически дифференцированную флору географически ограниченной территории; или же флору всего пространства, где растительные ассоциации характеризуются постоянством флористического состава [28–30]; или же постоянством состава ассоциаций на всем протяжении элементарного флористического выдела [41]. Б.А. Юрцев предложил различать флору элементарного флористического района и конкретную флору собственно (часть флоры элементарного флористического района, совокупность парциальных флор) [12, 42]. В.М. Шмидт пишет, что в зависимости от поставленной задачи «КФ следует рассматривать, с одной стороны, как элементарную естественную флористическую единицу (т.е. как генеральную совокупность...), а с другой стороны, как

выборку из состава флоры более крупного района» [10]. Вопрос о соответствии КФ флористическому выделу, в связи с различными взглядами и подходами разных флористических школ, остается на сегодняшний день весьма дискуссионным. В лесостепной зоне выявление максимум-ареала КФ дело времяземкое и малопродуктивное, так как добавление нескольких новых видов требует исследования намного больших площадей труднодоступных территорий [10]. Поэтому «в связи с экологической гетерогенностью КФ и эффектом флористического континуума» объектами флористических исследований, нами приняты ЛФ — флоры достаточно компактных территорий, представляющих основное разнообразие парциальных флор в окрестностях того или иного географического пункта и потому могущих служить пробой флористической ситуации (пробой флоры) [12, 42]; Понятия КФ и ЛФ являются разными, но тесно взаимосвязанными с объектами сравнительной флористики. Локальная флора может быть заложена на любом участке в пределах контура КФ, так как является пробной площадкой для выявления элементарной флоры. ЛФ — это репрезентативные участки КФ, ограниченные по площади и времени исследования: по В.М. Шмидту [10] — ареал-минимум КФ, по Л.И. Малышеву [1, 2] — эталонный флористический участок. Близко расположенные ЛФ могут представлять, как одну КФ, так и 2–3 различных КФ [23, 43]. Как отмечает А.И. Толмачев: «площадь порядка 100 км<sup>2</sup> может считаться той минимальной величиной, которая отвечает представлению о природе КФ» [31]. Наряду с данным утверждением стоит отметить, что «границы конкретных флор обусловлены не квадратными километрами, а биотическими и историческими факторами, действовавшими в данном районе» [7]. Таким образом, следование методу КФ заключается в тщательном изучении относительно небольшого участка, который по природным условиям более или менее однороден [1], а для обеспечения сравнимости этих флор следует руководствоваться основополагающими принципами: приблизительное равенство площадей сравниваемых территорий, их ограниченный размер и высокая степень их флористической изученности [10].

Для проведения сравнительно-флористического анализа среднесибирских лесостепей было выделено и обследовано 26 ЛФ. Участки ЛФ посещались не менее трех раз. Выбор мест обследования и закладка базового лагеря проводилась с учетом ландшафтного районирования, где ландшафты рассматриваются как территории со сходным процессом событий на протяжении геологической и климатической истории, в течение которой выработался современный состав флоры, а также на личных наблюдениях. Метод КФ заключается в постепенном расширении от базового лагеря по радиальным маршрутам территории интенсивного флористического обследования до тех пор, пока прирост списка видов не прекратится; последнее свидетельствует о достижении ареал-ми-

нимума и выявлении состава ЛФ. Путем прокладывания трансект радиусом 5–7 км (соответствующих однодневному маршруту) осуществляется наращивание площади обследования ЛФ [17, 43]. На территории северных лесостепей площадь выявления природных ЛФ составила 20–142 км<sup>2</sup>, МВ урбанофлор — 62500 м<sup>2</sup> (общая площадь городов 132–338 км<sup>2</sup>). В задачу входил сбор растений со всех типов местообитаний (экотопов) в пределах данной площади в разные годы и вегетационные периоды. При достижении «мертвой зоны» — прекращения пополнения списка регистрируемых видов [10], исследование данной ЛФ заканчивалось или откладывалось на следующий полевой сезон.

Для исследования городских флор используется метод модельных выделов урбанизированного ландшафта (МВ), разработанный Н.Г. Ильминских в 1993 году [44], в сочетании с детальным маршрутно-рекогносцировочным обследованием. При разработке метода модельных выделов Н.Г. Ильминских [32] использовал совокупность методических приемов полевого исследования — геоботанический, флористический и экотопологический. Выбор участков МВ продиктован необходимостью полного охвата геоморфологических выделов рассматриваемой территории, фитоценотического разнообразия, особенностями антропогенной нагрузки и степени ее синантропизации. Среди требований к подбору МВ Ильминских Н.Г. называет равновеликость, форму участка в виде квадрата, ограниченность от соседних выделов, типичность для данной экономико-географической зоны города, цельность и дискретность, повторность нескольких однотипных выделов.

В рамках административных границ города закладываются модельные участки 250 на 250 м (62500 м<sup>2</sup>). В результате, в составе модельных выделов присутствуют участки из остатков интигенной флоры, менее всего нарушенные участки природных ландшафтов (лесопарки, степные, луговые и болотные участки) и комплексы растительности, сформировавшиеся в результате хозяйственной деятельности человека (сектора многоэтажных кварталов, гаражи, подвалы, промышленные заводские зоны, частный сектор из дачных участков и усадеб).

Методы КФ и МВ позволяют выявить наиболее полно не только видовой, но фитоценотический состав исследуемого участка, поэтому они применяются как во флористических исследованиях, так и в геоботанических.

Геоботанические описания включают полный список видов растительного сообщества с указанием их количественного участия на пробной площади. Для облегчения работы исследователя обычно описания выполняются на геоботанических бланках — заранее заготовленных формах для протокольного описания пробной площади фитоценоза. Каждое описание обязательно получает то-

пографическую привязку к местности, чтобы при желании можно было найти то место, где оно выполнялось, и характеристику экологических условий (положение в рельефе и характер местообитания), позволяющих отнести виды к определенным экологическим группам. Кроме этого, указываются некоторые характеристики видов фитоценозов — фенологическое состояние в момент сбора, ярусность и обилие [40].

Технология применения методов КФ и МВ включает 3 этапа.

Первый этап — предполевой период. В этот период необходимо выделить ландшафты по географическим и топографическим картам (ландшафтное районирование), разнообразие местообитаний. Для этого необходимо сопоставить геологические и топографические карты и выделить все местообитания в пределах ландшафта. Далее необходимо проложить флористические маршруты. Они должны охватывать все типы местообитаний и весь набор коренных и производных ассоциаций. После этого можно определить положение проб флоры — ЛФ. Порядок их размещения по территории зависит от целей исследователя. Если по одному участку — КФ нужно составить представление о флоре географического района, тогда необходимо размещать КФ на стыке нескольких ландшафтов. Если цель исследования выявить разнообразие флоры в пределах крупного района, тогда значение имеет характер границ ландшафтов. При четких границах районов пробы флоры закладываются на их стыке, в случае постепенных границ пробы флоры располагают в глубине ландшафта, так как на стыке ландшафтов ЛФ будет характеризовать переходную полосу.

Последней задачей в предполевом периоде является выбор размера участков КФ. В зонах с суровыми условиями общий состав флоры беден, поэтому охват местообитаний на участках 10×10 км позволяет собрать большинство видов флоры. В зоне с благоприятными условиями флора богаче, соответственно и площадь участка должна быть больше. В ландшафтах, сложенных однородными горными породами со слабо расчлененным монотонным рельефом, размер участка КФ может быть небольшим. Но в ландшафтах с большим разнообразием рельефа площадь выявления КФ возрастает. При слабой нарушенности естественной растительности перестройка состава растительных сообществ происходит без значительного изменения их флоры. Размер участка КФ по размеру не отличается от размера участка коренной растительности. При сильной освоенности территории естественная растительность уничтожается, как следствие состав флоры обедняется и для её выявления требуется меньшая площадь.

Второй этап — это полевые работы. Исследование включает в себя сбор гербария, составление списков ви-

дов определенных местообитаний и составление аннотированного списка всех видов, встреченных и могущих быть встреченными в исследуемом районе. Для каждого вида отмечается растительное сообщество, в котором он встречен.

Заключительным этапом является камеральная обработка материала: определение собранного материала и составление аннотированного списка всех видов ЛФ (конспекта флоры).

Полученный конспект является основой проведения анализа флоры, который проводится в 2 этапа. Первый этап включает составление таблиц распространения видов в пределах ландшафта в связи с местоположением и единицами геоботанических классификаций. Второй этап предполагает сравнение разных ЛФ и КФ, флор ландшафтов, анализ флоры по разным факторам: видовая насыщенность КФ, географический, таксономический, поясно-зональный, экологический, биоморфологический и др. анализы, статистические расчеты.

### Заключение

Таким образом, региональное флористическое исследование на современном этапе предполагает использование нескольких методов: маршрутного, методов выборочных проб флоры (локальных и конкретных, модельных выделов), геоботанических описаний.

Результаты работы имеют существенное значение для осуществления задач мониторинга за динамикой растительного покрова и трансформацией флоры, для получения достоверных сведений о процессах натурализации адвентивных видов растений. Контроль за состоянием флоры может осуществляться путем краткосрочного или долговременного мониторинга. Результаты краткосрочного мониторинга на данный момент более репрезентативны. Для фундаментальных заключений, действительных для более отдаленной перспективы, необходимы наблюдения гораздо большей длительности. Долговременный мониторинг тем ценнее, чем продолжительнее период наблюдений. Изменения флоры в целом, хотя бы флоры только высших растений, охватить одному специалисту удается крайне редко. Длительные сроки наблюдений возможны при использовании ранее опубликованных данных. При таком мониторинге исключаются ошибки за счет видов, долго не развивающих генеративные и вообще надземные органы, за счет периодически появляющихся однолетников и т.п. Поэтому он необходим для контроля и планирования оптимизации среды и особенно для сохранения природных условий в бурно развивающихся районах. Здесь опыта контроля и поддержания среды в оптимальных пределах практически нет.

В результате исследования методами КФ и МВ получены и обработаны сведения о 1566 видах сосудистых растений среднесибирских лесостепей, относящихся к 519 родам и 112 семействам. Около 180 видов были исключены из анализа по разным причинам.

Собранный материал к исследованной флоре существенно пополнил состав коллекций Гербария им. Л.М. Черепнина кафедры ботаники КГПУ им. В.П. Астафьева (KRAS) и частично передан в гербарии Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск, NS), Красноярского краеведческого музея (ККМ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев Л.И. Площадь выявления флоры в сравнительно-флористических исследованиях // Бот. журн. 1972. Т. 57. № 2. С. 182–197.
2. Малышев Л.И. Количественный анализ флоры: пространственное разнообразие, уровень видового богатства и репрезентативность участков обследования // Бот. журн. 1975. Т. 60. № 11. С. 1537–1550.
3. Малышев Л.И. Количественная характеристика флоры Путорана // Флора Путорана. Новосибирск: Наука, 1976. С. 163–186.
4. Малышев Л.И. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л.: Наука, 1987. С. 142–148.
5. Малышев Л.И. Прогноз пространственного разнообразия и изученность флоры Сибири // Биоразнообразие: Степень таксономической изученности. М.: Наука, 1994. С. 42–52.
6. Малышев Л.И., Байков К.С., Доронькин В.М. Флористическое деление Азиатской России на основе количественных признаков // Krylovia. 2000. Т. 2. № 1. С. 3–16.
7. Шмидт В.М. О площади конкретной флоры // Вестник ЛГУ. Отд. биол. 1972. № 3. С. 57–67.
8. Шмидт В.М. О двух направлениях развития метода конкретных флор // Бот. журн. 1976. Т. 61. № 12. С. 1658–1670.
9. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 175 с.
10. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 228 с.
11. Шмидт В.М. Флора Архангельской области. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005. 346 с.
12. Юрцев Б.А. Некоторые тенденции развития метода конкретных флор // Бот. журн. 1975. Т. 60. № 1. С. 69–83.
13. Юрцев Б.А. Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л.: Наука, 1987. С. 47–66.
14. Юрцев Б.А. Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб.: гос. ун-т (НИИХ), 1998. 356 с.
15. Юрцев Б.А. Градиенты таксономических параметров локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Бот. журн. 2002. Т. 87. № 6. С. 1–28.
16. Юрцев Б.А., Зверев А.А., Катенин А.Е. и др. Пространственная структура видового разнообразия локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Бот. журн. 2004. Т. 89. № 11. С. 1689–1727.
17. Ребристая О.В. Флора востока Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1977. 334 с.
18. Шеляг-Сосонко Ю.Р. О конкретной флоре и методе конкретных флор // Ботан. Журн. 1980. Т. 8. С. 300–377.
19. Водопьянова Н.С. Зональность флоры Среднесибирского плоскогорья. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.
20. Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1988. 320 с.
21. Пяк А.И., Зверев А.А. Опыт сравнительного анализа локальных флор с помощью прикладного статистического пакета BIOSTAT // Бот. журн. 1997. Т. 82. № 5. С. 64–75.
22. Науменко Н.И. Флора южного Зауралья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. СПб., 2003. 32 с.
23. Антипова Е.М. Растительность северных лесостепей Средней Сибири: монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2016. 300 с.
24. Антипова С.В., Антипова Е.М. Урбанофлора города Красноярска (сосудистые растения): монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2016. 373 с.
25. Антипова Е.М., Зубарева Е.В. Растительный покров подтайги Канской котловины (Средняя Сибирь). Красноярск: КрасГМУ: Литерапринт, 2017. 293 с.
26. Антипова Е.М., Енуленко О.В. Сосудистые растения Сыдинской и Прибайкальской степей (Красноярский край). Конспект флоры / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2019. 400 с.
27. Андреев Б.Г. О рациональности использования метода модельных выделов при изучении флоры крупных промышленных центров (на примере Кеморова) // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока: Чтения памяти им. Л.М. Черепнина и материалы Седьмой Всероссийской конференции с международным участием, посвященные 90-летию КГПУ им. В.П. Астафьева и кафедры биологии, химии и экологии, 115-летию со дня рождения Л.М. Черепнина и 85-летию Гербария им. Л.М. Черепнина (KRAS). Красноярск. 2022. С.146–151.
28. Толмачёв А.И. К методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике // Журн. Русс. бот. общ-ва. 1931. Т. 16. № 1. С. 111–124.
29. Толмачёв А.И. О количественной характеристике флор и флористических областей. М.–Л.: АН СССР, 1941. 37 с.
30. Толмачёв А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 214 с.
31. Толмачёв А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск: Наука, 1986. 195 с.
32. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. 470 с.
33. Коржинский С.И. Растительность России (с картой) // Энциклопед. словарь Брокгауза и Ефрона. СПб, 1899. Т. 54. С. 42–54.
34. Танфильев Г.И. Схема ботанико-географических областей России // Главнейшие черты растительности России. СПб, 1902. С. 430–432.

35. Тугаринов А.Я. Географические ландшафты Приенисейского края (Издание Енисейского губернского земельного управления). Красноярск, 1925. 111 с.
36. Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. Красноярск: Изд-во КГПИ, 1957. Т. 1.
37. Антипова Е.М. Флора внутриконтинентальных островных лесостепей Средней Сибири / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2012. 662 с.
38. Шлотгауэр, С.Д., Крюкова М.В., Антонова Л.А. Сосудистые растения Хабаровского края и их охрана. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2001. 195 с.
39. Юрцев Б.А. Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор // Бот. журн. 1997. Т. 82. № 6. С. 60–69.
40. Антипова Е.М., Антипова С.В. Полевая практика по ботанике и географии растений / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2016. 350 с.
41. Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. Пермь: Перм. ун-т, 1991. 81 с.
42. Юрцев Б.А., Семкин Б.И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. журн. 1980. Т. 65. № 12. С. 1706–1743.
43. Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
44. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края). Автореф. дисс. . . докт. биол. наук. СПб., 1993. 36 с.

---

© Антипова Екатерина Михайловна (katusha05@bk.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ ВАЗОАКТИВНЫХ ФАКТОРОВ ЭНДОТЕЛИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ИНТЕНСИВНОСТИ КАРИЕСА ЗУБОВ

## ENDOTHELIAL VASOACTIVE FACTOR GENE POLYMORPHISM AND DENTAL CARIES INTENSITY INDICATORS

**N. Bebyakova  
S. Levitsky  
A. Galiyeva  
N. Davydova  
E. Zhibort**

*Summary.* The article presents the results of a study to reveal the relationship between the index of DMF associated with pathological processes in periodontal tissues and polymorphisms -786T>C of the *NOS3* gene, Lys198Asn of the *EDN1* gene, \*A/A of the *EDNRA* gene and \*G/G of the *EDNRB* gene in young people living in the Arctic region. A significant decrease in NO levels was observed in the \*A/A polymorphic variant (rs 6842241) of the *EDNRA* gene. The presence of other polymorphic gene variants did not lead to significant changes in both NO and EDN1 levels. Polymorphic variants of all the genes studied in young adults were accompanied by an increase in the DMF index, but a statistically significant difference was observed only in the -786T>C variant (rs 2070774) of the *NOS3* gene, which led to an increased incidence of individuals with a decompensated degree of DMF. The -786T>C polymorphism of the *NOS3* gene in combination with other factors may be a risk factor for the development of dental diseases associated with disorders of vascular tone and microcirculation, including dental caries and periodontal disease.

*Keywords:* periodontal disease, caries intensity, peripheral vascular tone, gene polymorphism, endothelin system, endothelial NO synthase.

**Бебякова Наталья Александровна**

д.б.н., профессор, Северный государственный  
медицинский университет (г. Архангельск)  
nbebyakova@mail.ru

**Левицкий Сергей Николаевич**

к.б.н., доцент, Северный государственный медицинский  
университет (г. Архангельск)  
sergeylevitski@yandex.ru

**Галиева Александра Сергеевна**

аспирант, Северный государственный  
медицинский университет (г. Архангельск)  
alexgalieva@yandex.ru

**Давыдова Надежда Геннадьевна**

к.м.н., доцент, Северный государственный  
медицинский университет (г. Архангельск)  
nadindavydova@mail.ru

**Жиборт Екатерина Леонидовна**

к.б.н., доцент, Северный государственный медицинский  
университет (г. Архангельск)  
zhibort@yandex.ru

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования по выявлению взаимосвязи между показателем индекса КПУ, связанным с патологическими процессами в тканях пародонта, и полиморфизмами -T(-786)C гена *NOS3*, Lys198Asn гена *EDN1*, \*A/A гена *EDNRA* и \*G/G гена *EDNRB* у молодого населения, проживающего в арктическом регионе. Достоверное снижение уровня NO наблюдалось при полиморфном варианте \*A/A (rs 6842241) гена *EDNRA*. Наличие других полиморфных вариантов генов не приводило к достоверным изменениям как уровня NO, так и EDN1. Полиморфные варианты всех изучаемых генов у молодых людей сопровождался увеличением индекса КПУ, однако статистически значимое отличие наблюдалось только в варианте T(-786)C (rs 2070774) гена *NOS3*, что приводило к увеличению частоты встречаемости людей с декомпенсированной степенью КПУ. Полиморфизм T(-786)C гена *NOS3* в совокупности с другими факторами может являться фактором риска развития стоматологических заболеваний, связанных с нарушениями сосудистого тонуса и микроциркуляции, в том числе кариеса зубов и заболеваний тканей пародонта.

*Ключевые слова:* заболевания пародонта, интенсивность кариеса, периферический сосудистый тонус, полиморфизм генов, эндотелиновая система, эндотелиальная NO-синтаза.

**В** патогенезе заболеваний пародонта ведущая роль принадлежит нарушениям состояния эндотелия сосудов, которые приводят к изменениям микроциркуляции в тканях пародонта, окружающих зуб [1–3]. Функция эндотелия сосудов является показателем состояния микроциркуляторного русла [4, 5]. Клинические исследования показывают, что при пародонтите развивается эндотелиальная дисфункция, обусловленная из-

менением вазомоторных свойств [6–8]. При этом особая роль отводится нарушению баланса между активными эндотелиальными факторами: NO (оксид азота) и EDN1 (эндотелин-1) [9].

Изменения экспрессии эндотелиальной синтазы оксида азота (*NOS3*) в клетках эндотелия носят генерализованный характер, а десна может служить перспективным

материалом для ранней оценки нарушений функций эндотелия, что может использоваться в качестве оценки клинического и прогностического значения сосудистых маркеров в десне при патологии пародонта [10]. Один из механизмов ингибирования *NOS3* — способность *P. gingivalis* снижать экспрессию кодирующего фермент гена в культуре клеток эндотелия [11].

В настоящее время активно изучаются генетические (наследственные) факторы возникновения заболеваний пародонта, но они в основном направлены на выявление роли полиморфизмов генов цитокинов, хемокинов и поверхностных рецепторов клеток [12] или генов, отвечающих за формирование сопряженной патологии пародонта и артериальной гипертензии, например, SNP генов *SIGLEC5*, *DEFA1A3*, *MTND1P5* [13].

Так как в формировании сосудистого тонуса большую роль играют NO и EDN1, нарушение их баланса может приводить к констрикторным реакциям сосудов полости рта, а полиморфизмы данных генов могут способствовать усилению нарушений вазомоторной функции эндотелия.

Синтез NO эндотелием контролирует эндотелиальная NO-синтаза (eNOS), которая кодируется геном *NOS3*. Ген расположен в локусе chr7:150992991 [14]. В гене, кодирующем синтез eNOS, наиболее хорошо изученным является полиморфизм в зоне промотора T(-786)C (rs2070774) [15]. Установлена взаимосвязь данного полиморфизма с констрикторной реакцией периферического сосудистого тонуса, в том числе и у молодых людей [16, 17]. Ключевым геном эндотелиновой системы является ген *EDN1*, расположенный в локусе chr6:12296022. SNP Lys198Asn, представляющая собой трансверсию G>T (rs5370), ассоциирован с повышенной секрецией EDN1 и развитием вазоконстрикторной реакции периферического сосудистого тонуса [18]. Вазоконстрикторные эффекты EDN1 реализуются через специфические рецепторы, гены которых также имеют различные полиморфные варианты. Ген *EDNRA* находится в локусе chr4:147479667, его полиморфный вариант rs6842241, локализованный в регуляторной области гена, ассоциирован со стойкой вазоконстрикторной реакцией. Ген *EDNRB* расположен в локусе chr13:77901178. Активация *EDNRB*, экспрессируемых преимущественно на клетках сосудистого эндотелия и стимулирует выработку *NOS3*, повышая уровень NO [19, 20]. Полиморфный вариант гена *EDNRB* (rs5351), представляющий собой синонимичную замену G на A в 5 экзоне ассоциирован с изменением уровня вазоактивных факторов эндотелия у молодых людей без выявленной кардиоваскулярной патологии, проживающих на Европейском Севере [21].

В связи с тем, что в исследованиях различных авторов установлена зависимость между степенью развития заболеваний пародонта и степенью активности кариеса

зубов (индекс КПУ) [22, 23], **целью** данного исследования явилось установление взаимосвязи между степенью интенсивности кариеса зубов и полиморфизмами T(-786)C гена *NOS3*, Lys198Asn гена *EDN1*, \*A/A гена *EDNRA* и \*G/G гена *EDNRB* у молодого населения, проживающего в арктическом регионе.

## Материалы и методы

Исследуемая группа составила 57 человек, практически здоровых юношей и девушек (средний возраст — 18,2 лет; ДИ 17,9 — 19,4).

Уровень NO определяли биохимическим методом, EDN1 — иммуноферментным методом. Генотипирование полиморфизма T(-786)C гена *NOS3* производилось методом пиросеквенирования с использованием системы «Тоно-скрин», полиморфизмов Lys198Asn гена *EDN1*, \*A/A гена *EDNRA* и \*G/G гена *EDNRB* — методом ПЦР.

В соответствии с генотипами по изучаемым генам выделяли две экспериментальные группы: в первую включали гомозигот по дикому аллелю, во вторую — гетерозигот и гомозигот по мутантному аллелю.

Индекс КПУ оценивали как сумму кариозных (К), пломбированных (П) и удаленных (У) зубов (по Виноградовой Т.Ф., 1972) с выделением компенсированной (1), субкомпенсированной (2) и декомпенсированной (3) степеней [24].

Статистическая обработка полученных результатов, оценка распределения показателей, сравнительный анализ выборок проведен с помощью пакета программ для статистической обработки «STATA» («Stata Corp», TX, USA). Количественные данные были подвергнуты анализу на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка и представлены с указанием среднего значения (M) и стандартного отклонения (S.D.) или медианного значения (Me) и 1-го, 3-го квартиля (Q1, Q3). Взаимосвязь между количественными данными (уровень эндотелиальных факторов, индекс КПУ) и вариантами генотипов оценивали с использованием однофакторного дисперсионного анализа. При множественном сравнении независимых групп использовали тест Краскала-Уоллеса, попарные сравнения проводили с помощью критерия Манна-Уитни в случае отклонения от нормального распределения. Частота распределения генотипов была проанализирована с помощью теста  $\chi^2$  Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез  $p < 0,05$ .

## Результаты

Частоты аллелей и генотипов изучаемых генов в исследуемой популяции не отклонялись от закона Хар-

ди-Вайнберга. По полиморфизму T(-786)C гена *NOS3* частота аллеля T составляла 0,5664, мутантного аллеля C — 0,4336, по полиморфизму Lys198Asn гена *EDN1* частота встречаемости аллеля G составляла 0,88241, мутантного аллеля A — 0,1759, по полиморфизму \*A/A гена *EDNRA* частота дикого аллеля C — 0,7770, мутантного аллеля A — 0,223, по полиморфизму \*G/G гена *EDNRB* частота аллеля G — 0,4344, мутантного аллеля A — 0,5656. Полученные результаты в популяции жителей Архангельской области по частотам аллелей и генотипов изучаемых полиморфизмов согласуются с данными, представленными в базе частот аллелей в популяциях людей для европейских популяций, в том числе и русских.

Концентрация NO статистически не различалась по полу: у юношей — 72,3 (65,5;85,2) ммоль/л, у девушек — 67,3 (61,1;72,1) ммоль/л ( $p=0,667$ ), так же, как и концентрация EDN1: у юношей — 0,46 (0,27;1,26) фмоль/мл, у девушек — 0,48 (0,27;1,33) фмоль/мл ( $p=0,485$ ).

Различия уровня вазоактивных эндотелиальных факторов при изучении полиморфных вариантов изучаемых генов представлены в таблице 1. Установлено, что статистически значимые различия наблюдались только при наличии полиморфного варианта \*A/A (rs 6842241) гена *EDNRA*, при котором уровень NO снижался на 6,5 % ( $p=0,0364$ ). Наличие других полиморфных вариантов генов не приводило к достоверным изменениям как уровня NO, так и EDN1.

Таблица 1.

Уровень NO (ммоль/л) и EDN1 (фмоль/мл) у людей с различными полиморфными вариантами генов

Полиморфизм	1 группа	2 группа	Значимость различий (P)
	NO		
T(-786)C(rs 2070774)	68,3 (64,7;78,3)	67,3 (61,65;72,45)	0,132
Lys198Asn (rs 5370)	68,0 (63,65;74,1)	67,3 (61,6;69,2)	0,322
<b>*A/A (rs 6842241)</b>	<b>70,80 (64,7;80,0)</b>	<b>66,20 (61,6;70,15)</b>	<b>0,0364</b>
*G/G (rs 5351)	67,60 (53,2;73,4)	67,60 (62,8;74,8)	0,856
EDN1			
-786T>C (rs 2070774)	0,46 (0,25;1,39)	0,47 (0,27;1,28)	0,962
Lys198Asn (rs 5370)	0,49 (0,27;1,32)	0,31 (0,25;2,40)	0,746
*A/A (rs 6842241)	0,52 (0,32;1,32)	0,27 (0,20;1,61)	0,233
*G/G (rs 5351)	0,83 (0,45;1,41)	0,44 (0,25;1,33)	0,203

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить, что наличие в генотипах мутантных аллелей сопровождается тенденцией к изменению уровня вазоактивных эндотелиальных факторов, что может выражаться в изменении сосудистого тонуса.

Определение индекса КПУ в изучаемой выборке показало, что компенсированная стадия развития кариеа встречается у 20,75 %, субкомпенсированная — у 32,08 %, декомпенсированная — у 47,17 % обследованных. Средние показатели индекса КПУ у людей с различными генотипами представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Показатель индекса КПУ (M, S.D.) у людей с различными полиморфными вариантами генов

Полиморфизм	1 группа	2 группа	Значимость различий (P)
<b>T(-786)C (rs 2070774)</b>	<b>7,77 ± 2,82</b>	<b>10,06 ± 3,53</b>	<b>0,023</b>
Lys198Asn (rs 5370)	9,14 ± 3,24	9,71 ± 3,98	0,449
*A/A (rs 6842241)	8,57 ± 3,49	9,81 ± 3,41	0,189
*G/G (rs 5351)	9,10 ± 1,66	9,37 ± 3,77	0,837

Анализ полученных результатов показал, что наличие полиморфных вариантов всех изучаемых генов у молодых людей сопровождался увеличением индекса КПУ, однако статистически значимое увеличение индекса КПУ наблюдалось только в варианте T(-786)C (rs 2070774), при котором наличие мутантного аллеля сопровождалось увеличением индекса КПУ на 28,47 % ( $p=0,023$ ). Полиморфизм rs 6842241 сочетался с увеличением показателя КПУ на 12,11 %, rs 5370 — на 6,23 %, rs 5351 — на 2,97 %. Предположив, что наличие мутантных аллелей в генотипе, может быть фактором риска, вызывая констрикторную реакцию микрососудов в ротовой полости и приводит к увеличению индекса КПУ, был проведен анализ частот встречаемости людей с различной степенью КПУ при наличии определенных аллелей генов с использованием теста  $\chi^2$  Пирсона. Анализ полученных результатов позволил установить, что наличие в геноме аллеля C полиморфного варианта T(-786)C гена *NOS3* сопровождалось увеличением частоты встречаемости людей с декомпенсированной степенью КПУ на 34,8 % за счет снижения частоты встречаемости людей с компенсированной и субкомпенсированной степенью на 21,4 % и 13,4 %, соответственно ( $\chi^2=6,1608$ ;  $p=0,046$ ).

Наличие мутантных аллелей других изучаемых полиморфизмов не выявило статистически значимых различий в частотах встречаемости людей с различной степенью индекса КПУ. Однако, наличие мутантного аллеля A полиморфного варианта Lys198Asn гена *EDN1* сопровождалось увеличением частоты субкомпенсированной степени КПУ на 17,15 % ( $\chi^2=3,4378$ ;  $p=0,296$ ), а наличие мутантного аллеля C полиморфного варианта \*A/A гена *EDNRA* сочеталось с увеличением встречаемости людей с компенсированной степенью КПУ на 12,94 %, с декомпенсированной — на 9,97 % ( $\chi^2=2,8286$ ;  $p=0,243$ ). При наличии мутантного аллеля A полиморфного варианта \*G/G гена *EDNRB* наблюдалось увеличение ча-

стоты встречаемости компенсированной степени КПУ на 25,58 % при незначительном изменении частот встречаемости других степеней КПУ ( $\chi^2=3,8137$ ;  $p=0,149$ ).

### Заключение

Воспалительные заболевания тканей пародонта занимают второе место по распространённости среди стоматологических заболеваний. Жители арктических территорий подвергаются воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды [25, 26], а уровень распро-

странности и интенсивности кариеса выше, чем в арктических регионах Европейских стран [27].

Так как вазоактивные системы NO и EDN1 способны оказывать влияние на тонус сосудов при формировании заболеваний пародонта [5, 10], возможно предположить наличие их констрикторных эффектов и в тканях рта, а полиморфизм T(-786)C гена NOS3 в совокупности с другими факторами может являться фактором риска развития стоматологических заболеваний, связанных с нарушениями сосудистого тонуса и микроциркуляции, в том числе и заболеваний пародонта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ким М.И. Воспалительные заболевания пародонта как проявление системной дисфункции эндотелия // Крымский терапевтический журнал. — 2012. — Т. 2(19). — С. 38–40
2. Иванов А.Н., Савкина А.А., Ленгерт Е.В., Ермаков А.В., Степанова Т.В., Лойко Д.Д. Порочные круги в патогенезе хронического генерализованного пародонтита // Пародонтология. — 2022. Т. 27(4). — С. 309-317. doi: 10.33925/1683-3759-2022-27-4-309-317
3. Jacob M., Chappell D., Becker B.F. Regulation of blood flow and volume exchange across the microcirculation // Crit Care. — 2016. Vol. 20(1). — P. 319. doi: 10.1186/s13054-016-1485-0
4. Muñoz Ag.E., Suvan J., Buti J., Czesnikiewicz-Guzik M., Barbosa R.A., Orlandi M., Guzik T.J., Hingorani A.D., Nart J., D'Aiuto F. Periodontitis is associated with hypertension: a systematic review and meta-analysis // Cardiovasc Res. — 2020. — Vol. 116(1). — P. 28–39. doi: 10.1093/cvr/cvz201
5. Василенко В.С., Антонова И.Н., Матвеева Е.В., Карповская Е.Б., Канавец Н.С., Шахназаров Д.А., Корельская Н.А. Связь воспалительных заболеваний пародонта с сердечно-сосудистыми заболеваниями атеросклеротического генеза и артериальной гипертензией (обзор) // Медицина: теория и практика. — 2023. — Т. 8. № 1. — С. 3–17. doi: https://doi.org/10.56871/MTP.2023.61.37.001
6. Pattnaik N.K., Das S.N., Biswal B.N. Cardiovascular diseases and periodontal diseases: review and update // Int. J. Sci. Stud. — 2017. — Vol. — 5(1). — P. 239 — 244 doi: 10.17354/ijss/2017/198
7. Joseph R., Nath S.G., Joseraj M.G. Elevated plasma homocysteine levels in chronic periodontitis: a hospital-based case-control study // J Periodontol. — 2011. — Vol. 82(3). — P. 439–44. doi: 10.1902/jop.2010.100271
8. Степанов Е.А., Курашвили Л.В., Микуляк Н.И., Моисеев Я.П., Кинзирский А.С. Особенности микроциркуляции в пародонте при различных системных заболеваниях // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2021. — № 2. — С. 137–150. doi: 10.21685/2072-3032-2021-2-13
9. Сабирова А.И. Роль сосудистого звена в развитии болезней пародонта на фоне сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы) // Вестник КРСУ. — 2022. — Т. 22(5). С. 93–97. doi: 10.36979/1694-500X-2022-22-5-93-97
10. Еремин А.В., Лепилин А.В., Липатова Т.Е., Кветной И.М. Хронический генерализованный пародонтит и ишемическая болезнь сердца: морфофункциональные взаимосвязи // Российский стоматологический журнал. — 2020. Т. 24(4). С. 219–224. doi: 10.17816/1728-2802-2020-24-4-219-224
11. Saito T, Shimazaki Y. Metabolic disorders related to obesity and periodontal disease // Periodontol. — 2007. — Vol. 43. P. 254–66. doi: 10.1111/j.1600-0757.2006.00186.x
12. Зайдуллин И.И., Каримов Д.О., Каримова Л.К., Кабирова М.Ф., Галимова Р.Р., Валеева Э.Т. Сравнительный анализ полиморфных вариантов генов IL-17A, MMP-1 с риском развития хронического пародонтита у работников нефтехимического производства // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — Т. 60(10). С. 687–693. https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-10-687-693
13. Czesnikiewicz-Guzik M., D'Aiuto F., Deanfield J.E. Understanding residual inflammatory risk sheds new light on the clinical importance of periodontitis in cardiovascular disease. // Eur Heart J. — 2020. — Vol. 41(7). — P. 818–9. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa107
14. Кравченко Н.А., Ярмыш Н.В. Регуляция экспрессии эндотелиальной NO-синтазы и дисфункция сосудистого эндотелия при сердечно-сосудистой патологии // Цитология и генетика. — 2008. — Т. 42(4). — С. 69–81
15. Naber Ch.K., Frey U.H., Oldenburg O., Brauck K., Eggebrecht H., Schermund A., Baumgart D., Erbel R., Siffert W., Heusch G. Relevance of the NOS3 T-786C and G894T variants for cholinergic and adrenergic coronary vasomotor responses in man // Basic Res Cardiol. — 2005. — Vol. 100(5). — P. 453–460. doi: 10.1007/s00395-005-0530-y
16. Бебякова Н.А., Феликсова О.М., Хромова А.В., Шабалина И.А. Роль полиморфизма -786T>C гена эндотелиальной NO-синтазы в формировании факторов риска развития артериальной гипертензии // Экология человека. — 2018. — № 4. — С. 36–42
17. Бебякова Н.А., Первухина О.А., Фадеева Н.А., Хромова А.В. Полиморфизм генов AGT, AGT2R1 и NOS3 как фактор риска развития дисбаланса вазоактивных факторов // Экология человека. — 2020. — № 10. — С. 4–9. doi: 10.33396 / 1728-0869-2020-10-4-9
18. Ebrahimi N., Asadikaram G., Mohammadi A., Jahani Y., Moridi M., Masoumi M. The association of endothelin-1 gene polymorphism and its plasma levels with hypertension and coronary atherosclerosis // Arch Med Sci. — 2019. — Vol. 17(3). — P. 613–620. doi: 10.5114/aoms.2019.86770
19. Ahmed M., Rghigh A. Polymorphism in Endothelin-1 Gene: An Overview // Curr Clin Pharmacol. — 2016. — Vol. 11(3). — P. 191–210. doi: 10.2174/1574884711666160701000900

20. Куба А.А., Никонова Ю.М., Феликсова О.М., Хромова А.В., Бебякова Н.А. Ассоциация генетического полиморфизма гена эндотелиальной синтазы оксида азота с сердечно-сосудистой патологией // *Современные проблемы науки и образования*. — 2015. — №3. Режим доступа: URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17352> (дата обращения: 05.05.2023)
21. Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Шабалина И.А., Фадеева Н.А. Полиморфизм гена рецептора эндотелина-1 в-типа (EDNB) и гемодинамические показатели сосудистого тонуса // *Современные вопросы биомедицины*. — 2023. — Т. 7(1). doi: 10.51871/2588-0500\_2023\_07\_01\_2
22. Воробьева Н.А., Кунавина К.А., Голубович А.В., Воробьева А.И. Стоматологическое здоровье коренного этноса острова Вайгач Арктической зоны Российской Федерации // *Экология человека*. — 2021. — № 4. — С. 25–29 doi: 10.33396 / 1728-0869-2021-4-25-29
23. Васильева Н.А., Булгакова А.И., Солдатова Е.С. Характеристика стоматологического статуса пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта // *Казанский медицинский журнал*. — 2017. — Т. 8(2). — С. 204–210. doi: 10.17750/KMJ2017-204
24. Леус П.А. Совершенствование классификаций кариеса зубов и их значение в практике врача-стоматолога // *Современная стоматология*. — 2019. — № 2. — С. 4–12
25. Никитенко В.В., Ковалевский А.М., Исаева Л.И. Влияние оксидативного стресса на состояние тканей пародонта у жителей Крайнего Севера // *Теоретические и практические вопросы клинической стоматологии: Материалы Всеросс. научно-пр. конференции*. — С-Пб: ВМА им. С.М.Кирова. — 2021. С. 123–126
26. Горбатова М.А., Гржибовский А.М., Горбатова Л.Н., Зинченко Г.А., Владимиров А.С. Алиментарные факторы риска стоматологического здоровья и кариес зубов у 15-летних подростков Архангельской области // *Клиническая стоматология*. — 2019. — № 1(89). — С. 4–10. doi: 10.37988/1811-153X\_2019\_1\_4
27. Горбатова М.А., Матвеева И.В., Дёгтева Г.Н., Горбатова Л.Н., Гржибовский А.М. Распространенность и интенсивность кариеса у детей 10–14 лет Ненецкого автономного округа (Арктическая зона России) в зависимости от минерального состава питьевой воды и социально-демографических факторов // *Экология человека*. — 2019. — № 12. — С. 4–13 DOI: 10.33396/1728-0869-2019-12-4-13

---

© Бебякова Наталья Александровна (nbebyakova@mail.ru); Левицкий Сергей Николаевич (sergeylevitski@yandex.ru);  
Галиева Александра Сергеевна (alexgalieva@yandex.ru); Давыдова Надежда Геннадьевна (nadindavydova@mail.ru);  
Жиборт Екатерина Леонидовна (zhibort@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОРГАНИЗМ РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ СИБИРИ

## INFLUENCE OF INDUSTRIAL ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE ORGANISM OF EMPLOYEES OF THE OIL AND GAS INDUSTRY OF SIBERIA

G. Gazya  
V. Eskov  
N. Gazya  
V. Eskov

*Summary.* In this work, a comparative statistical analysis of the dynamics of electrocardiographic indicators (ECG-parameters) of operators and operators of process plants of a gas processing plant, which is under chronic exposure to electromagnetic fields of industrial frequency (EMF  $f=50$  Hz) and without them, was carried out.

From the standpoint of traditional stochastic methods, statistical significant differences ( $p<0,05$ ) were established in the groups of women and men compared to each other according to the ECG parameter «Myocardium», within the framework of the labor process under the influence of EMF  $f=50$  Hz, as well as in the absence of this production factor.

As a result, all subjects showed changes in heart rhythm in the form of moderate tachycardia. At the same time, the greatest changes in all the studied ECG parameters were observed in the group of women (employees of the gas processing plant) in whose working areas EMF  $f=50$  Hz was identified.

*Keywords:* ECG-parameters, EMF  $f=50$  Hz, myocardium, rhythm.

**Газя Геннадий Владимирович**

К.биол.н., Югорский государственный университет,  
г. Ханты-Мансийск  
safety.ot86@gmail.com

**Еськов Валерий Матвеевич**

Д.биол.н., д.физ.-мат.н., научный сотрудник,  
Сургутский филиал Федерального научного центра  
Научно-исследовательский институт системных  
исследований Российской академии наук  
filatovmik@yandex.ru

**Газя Наталья Федоровна**

Сургутский государственный университет  
nata\_stratan@mail.ru

**Еськов Валерий Валерьевич**

К.мед.н., Сургутский государственный университет  
fring.squad@mail.ru

*Аннотация.* В данной работе выполнен сравнительный статистический анализ динамики электрокардиографических показателей (ЭКГ-параметров) операторов и машинистов технологических установок газоперерабатывающего завода, находящегося в условиях хронического воздействия электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП  $f=50$  Гц) и без таковых.

С позиций традиционных методов стохастики установлены статистические значимые различия ( $p<0,05$ ) в группах женщин и мужчин, сравниваемых между собой по ЭКГ-параметру «Миокард», в рамках трудового процесса находящихся под воздействием ЭМП  $f=50$  Гц, а также в условиях отсутствия данного производственного фактора.

В результате у всех обследуемых выявлены изменения ритма сердца в виде умеренной тахикардии. При этом, наибольшие изменения по всем исследуемым ЭКГ-параметрам наблюдались в группе женщин (работниц газоперерабатывающего завода), в чьих рабочих зонах было идентифицировано ЭМП  $f=50$  Гц.

*Ключевые слова:* ЭКГ-параметры, ЭМП  $f=50$  Гц, миокард, ритм.

### Введение

**В** настоящее время в Российской Федерации одним из основных положений в области радиоэкологии принято следующее утверждение: «Безопасным для человека считается ЭМП такой интенсивности, нахождение в котором не приводит даже к временному нарушению гомеостаза, а также к напряжению защитных и адаптационно-компенсаторных механизмов ни в ближайшем, ни в отдаленном периоде времени» [1–3].

И действительно, в России установлены одни из самых жестких (и безопасных) в мире нормативов ЭМП промышленной этиологии, в соответствии с которыми проектируются и строятся объекты электроснабжения.

При анализе результатов специальной оценки условий труда (СОУТ) на рабочих местах с идентифицированным ЭМП  $f=50$  Гц в очень редких случаях можно зафиксировать превышение предельно-допустимого уровня электромагнитного излучения (ЭМИ).

С точки зрения санитарно-гигиенического благополучия ЭМП в сравнении с другими физическими производственными факторами (шум, вибрация, микроклимат, освещение) являются самым «неприметным» фактором производственной среды, и реже других идентифицируются как «вредные» (т.е. превышающие предельно-допустимый норматив).

Большинство российских и зарубежных исследований в области магнитобиологии выявили эффекты не-

гитивного биологического действия ЭМП на нервную и эндокринные системы организма человека, а также на головной мозг [4–6]. При этом, большинство исследований имели социальную направленность, и фокусировались источниках ЭМИ слабой генерации: бытовых гаджетов, базовых станциях операторов мобильной связи.

При изучении источников ЭМП промышленной этиологии внимание исследователей концентрировалось, прежде всего, на сверхмощных источниках ЭМИ. При этом, в области магнитобиологии отмечено незначительное количество исследований механизмов хронического действия слабых промышленных ЭМП  $f=50$  Гц на организм мужчин и женщин (в отдельности), работающих в условиях Крайнего Севера на предприятиях нефтяной и газовой промышленности [10–12].

#### Объект и методы исследования

С учетом ряда исследований влияния ЭМП на ткани органов человека, в части изменения собственных частот сердца — 700–800 Гц [7–9], мы остановим свое внимание на ЭМП  $f=50$  Гц (производственного фактора со вторым (допустимым) классом условий труда по результатам СОУТ) производственной этиологии и их влиянии на ЭКГ-параметры работников газоперерабатывающего завода (ГПЗ) зрелого возраста в контексте гендерных различий и климатических экофакторов Крайнего Севера [13–14].

Исследование проводилось среди операторов и машинистов технологических установок ГПЗ, расположенного на территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Все было 60 испытуемых среднего возраста (от 35 до 40 лет), не имеющих избыточного веса и заболеваний сердечно-сосудистой системы, общий трудовой стаж которых в условиях хронического действия ЭМП  $f=50$  Гц не менее 5 лет. Регистрация ЭКГ-параметров (миокард (%), ритм (%), пульс (уд./мин.)) производилась в весеннее время, в рамках ежегодного периодического медицинского осмотра, методом электрокардиографии при помощи прибора «КардиоВизор-06с» (с программным обеспечением).

Исследуемые работники были разделены на 4 подгруппы (по 15 человек) по гендерному признаку, а также с учетом наличия и отсутствия на их рабочем месте ЭМИ, источниками которого, в данном случае, являлись распределительные щиты и трансформаторы, находящиеся в непосредственной близости от рабочих мест испытуемых.

В наблюдаемую (опытную) группу входили 15 мужчин и 15 женщин, подверженных влиянию ЭМП  $f=50$  Гц, контрольную группу составили из такого же количество мужчин и женщин (что и в опытной группе), возраст

и состояние условий труда которых (для чистоты эксперимента) соответствовали наблюдаемой группе. Единственным различием контрольной группы от опытной состояло отсутствие на рабочих местах представителей контрольной группы всего лишь одного физического (потенциально опасного) производственного фактора — ЭМИ.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате сравнительного статистического анализа динамики ЭКГ-параметров установлено увеличение значений показателей «Миокард» и «Ритм» у работников ГПЗ, находящихся в условиях действия ЭМП  $f=50$  Гц: у женщин *миокард* возрастает на 2,4 % (со значения  $Mean=16,8$  % до  $Mean=19,2$  %), у мужчин на 0,47 % (со значения  $Mean=14,6$  % до  $Mean=15,07$  %); *ритм* у женщин возрастает на 13,8 % (без ЭМП  $Mean=21,27$  %, с ЭМП  $Mean=35,07$  %), у мужчин на 11,1% (без ЭМП  $Mean=18,5$  %, с ЭМП  $Mean=29,6$  %).

У большинства обследуемых выявлены изменения показателя «Ритм» в виде умеренной тахикардии. При этом, количество женщин с умеренной тахикардией, на рабочих местах которых присутствовало ЭМИ, составило 13, что на 2 чел. больше, чем в контрольной группе. В группе мужчин неподверженных воздействию ЭМП было выявлено — 9 человек с умеренной тахикардией, с ЭМП — 12 и 2 работника с умеренной брадикардией.

У женщин, работающих не в условиях действия ЭМИ, ЭКГ-параметр «Пульс» составляет  $Mean=79,47$  уд./мин., в свою очередь у женщин, работающих в условиях действия ЭМИ,  $Mean=90,6$  уд./мин. (на 11 уд./мин. больше, чем в контрольной группе).

В группе мужчин значения пульса в условиях действия ЭМИ увеличивается в 2 раза меньше, чем у женщин (всего на 5 уд./мин.). Так, у мужчин, на которых не воздействует ЭМИ, ЭКГ-параметр «Пульс» составляет  $Mean=76,93$  уд./мин., а у мужчин в условиях действия ЭМИ,  $Mean=82,27$  уд./мин.

Результаты исследования различий между ЭКГ-параметрами работников ГПЗ при воздействии ЭМП  $f=50$  Гц (и в условиях его отсутствия), полученные при помощи методов параметрической статистики с использованием критерия Стьюдента ( $p<0,05$ ), представлены ниже в таблицах 1 и 2.

Данные, представленные в таблицах 1 и 2, говорят о том, что для сравниваемых ЭКГ-параметров женщин и мужчин без воздействия ЭМП статистически значимыми ( $p<0,05$ ) были различия при сравнении показателя «Миокард», т.к. значения критерия Стьюдента составляли:  $t\text{-value} = 2,68$  и  $p = 0,01$  (табл. 1). В условиях действия

Таблица 1.

Результаты сравнительной оценки различий ЭКГ-параметров работников ГПЗ при отсутствии ЭМП f=50 Гц

Valid (N)=15	Mean 1	Mean 3	t-value	p	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio — Variances	p — Variances
Миокард								
Гр. 1 и 3	16,80	14,60	2,68	0,01	2,86	1,40	4,14	0,01
Ритм								
Гр. 1 и 3	21,27	18,47	0,70	0,49	13,70	7,28	3,54	0,02
Пульс								
Гр. 1 и 3	79,47	76,93	0,61	0,54	10,40	12,17	1,37	0,56

*Примечание.* Гр. 1 — женщины (без ЭМП); Гр. 2 — мужчины (без ЭМП); Valid (N) — объем выборки; Mean — средние значения ЭКГ-параметра; t-value — значение рассчитанного программой t-критерия Стьюдента; df — число степеней свободы = 28; p — вероятность ошибочно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между средними значениями показателя; Std.Dev. — стандартное отклонение выборки; F-ratio, Variances — значение F-критерия Фишера, с помощью которого проверяется гипотеза о равенстве дисперсий в сравниваемых выборках; P, Variances — вероятность ошибки для F-теста Фишера

Таблица 2.

Результаты сравнительной оценки различий ЭКГ-параметров работников ГПЗ в условиях действия ЭМП f=50 Гц

Valid (N)=15	Mean 2	Mean 4	t-value	p	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio — Variances	p — Variances
Миокард								
Гр. 2 и 4	19,20	15,07	4,20	0,00	3,49	1,53	5,17	0,00
Ритм								
Гр. 2 и 4	35,07	29,60	0,93	0,36	19,85	10,99	3,26	0,03
Пульс								
Гр. 2 и 4	90,60	82,27	1,90	0,07	13,29	10,61	1,57	0,41

*Примечание.* Гр. 2 — женщины (с ЭМП); Гр. 4 — мужчины (с ЭМП)

ЭМП значения критерия Стьюдента составляли: t-value = 4,20 и p = 0,00 (табл. 2).

Таким образом, было обнаружено гендерное различие по анализируемому (исследуемому) ЭКГ-параметру «Миокард». Однако, не было получено статистически значимых различий при сравнении показателей «Ритм» и «Пульс» среди работников ГПЗ, подверженных воздействию ЭМП.

### Выводы

Результаты проведенного исследования ЭКГ-параметров работников ГПЗ позволяют предположить, что адаптационные возможности организма, в части реакции сердечной деятельности на хроническое действие ЭМП f=50 Гц, выше мужчин, чем у женщин. Отклонения от нормы ЭКГ-параметров наиболее значимыми зафиксированы работниц ГПЗ, подверженных влиянию ЭМП промышленной частоты (табл. 2).

В рамках риск-ориентированного подхода к вопросам профилактики несчастных случаев и профессиональных заболеваний на объектах нефтяной и газовой промышленности Сибири следует уделять особое внимание вопросам промышленной экологии, связанным с нормированием воздействия потенциально вредных производственных факторам (в особенности на организм женщин, ЭМП f=50 Гц), работающих на предприятиях топливно-энергетического комплекса (ТЭК), в условиях Крайнего Севера.

К мерам профилактики негативного воздействия ЭМИ на организм работников ГПЗ рекомендовано отнести организационные мероприятия, связанные с коррекцией режима труда и отдыха (в части режима работы, плана нагрузок). В целях профилактики развития ранних болезней и патологий работы сердца следует периодически проводить скрининговые экспресс-мониторинги ЭКГ-параметров работников опасных производственных объектов, от состояния здоровья которых зависти безаварийна работа предприятий ТЭК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Filatov M.A., Poluhin V.V., Shakirova L.S. Identifying objective differences between voluntary and involuntary motion in biomechanics. // Human. Sport. Medicine. — 2021. — Vol. 21 (1). — Pp. 145–149.
2. Filatova O.E., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Filatov M.A. Neural network technologies in system synthesis // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1047. P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
3. Filatova O.E., Galkin V.A., Eskov V.V., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Warren Weaver's Complexity and Fuzziness of Lotfi A. Zadeh Leading to Uncertainty in Biosystem Study // AIP Conference Proceedings 2467, 060046 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0092442>
4. Grigorenko V.V., Nazina N.B., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S.A. New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
5. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889(5). P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
6. Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Филатова О.Е., Чемпалова Л.С. Реакция сердечно-сосудистой системы женщин на гипертермические воздействия // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022 — №3. — С.27–39. 27 DOI: 10.12737/2306-174X-2022-26-32
7. Буданов В.Г., Попов Ю.М., Филатов М.А., Кухарева А. Хронология Возникновения трех видов систем. //Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022. — №3. — С.40–52. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-3-33-41
8. Газя Г.В., Еськов В.В., Орлов Е.В., Стратан Н.Ф. Влияние факторов севера и промышленного производства на возрастные изменения работы сердца Вестник новых медицинских технологий. — 2022. — Т. 29. — №1. — С.106–109. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-1-106-109
9. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Музиева М.И., Самойленко И.А. Теория динамического хаоса не может описывать биосистемы // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022 — №3. — С.87–95. 87 DOI: 10.12737/2306-174X-2022-60-71
10. Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L.A. Zadeh И «Complexity» W. Weaver в кибернетике. //Успехи кибернетики. — 2022, — 3(3). — Стр.102–112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
11. Козулица Г.С., Пятин В.Ф., Кухарева А., Байтуев И.А. Три великие проблемы Гинзбурга и три реальные проблемы биомедицины. //Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022. — №3. — С.5–14. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-3-5-14
12. Филатов М.А., Прохоров С.А., Ивахно Н.В., Головачева Е.А., Игнатенко А.П. Возможности моделирования статистической неустойчивости выборок в физиологии. // Вестник новых медицинских технологий. — 2020. — Т. 27. — № 2. — С. 120–124.
13. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Еськов В.В., Мандрыка И.А. Энтропийный подход в физике живых систем и теории хаоса-самоорганизации. //Успехи кибернетики. — Успехи кибернетики. — 2020. — Т. 1, №3. — С. 41–49.
14. Хадарцева К.А., Филатова О.Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. — 2022. — 3(3). — С. 92–101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.

© Газя Геннадий Владимирович (safety.ot86@gmail.com); Еськов Валерий Матвеевич (filatovmik@yandex.ru);  
Газя Наталья Федоровна (nata\_stratan@mail.ru); Еськов Валерий Валерьевич (firing.squad@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЛИКТОВ ТРЕТИЧНОГО ПЕРИОДА ДЕНДРОФЛОРЫ АЗЕРБАЙДЖАНА ПО ИСТОРИЧЕСКИМ ГРУППАМ

**Гараев Садиг Гурбан**

к.б.н., ведущий научный сотрудник,  
Институт ботаники Министерства Науки  
и Образования, Азербайджан  
qarayev.1974@mail.ru

**Соколова Виктория Владимировна**

к.с.-х.н., научный сотрудник, ФГБНУ Главный  
ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН  
soka22@mail.ru

## CHARACTERISTICS OF RELICTS OF TERTIARY PERIOD OF DENDROFLORA OF AZERBAIJAN ACCORDING TO HISTORICAL GROUPS

**S. Garayev  
V. Sokolova**

*Summary.* In the article was investigated the history of the tertiary relicts trees and bushes in the flora of Azerbaijan and has given a modern systematic analysis. At the same time, was classified based on historical groups, identified distribution areas, rare or endangered species. At present in the flora of Azerbaijan spread out 8 species from 7 families, 8 genera of the subtropical Poltava flora of the tertiary period (mesothermic relicts of pre-Arctic flora of the tertiary period), 38 tree and shrub plants from 16 families, 28 genera from Turgay relicts (mesothermic relicts of Arctic flora tertiary period). In the dendroflora of Azerbaijan remained two species of xerothermic relicts of the glacial period. Most xerothermic relicts of the tertiary period are herbaceous plants. There are 6 families, 9 genera and 10 species of xerothermic relicts of herbaceous forms in the flora of Azerbaijan. Thus, on the territory of Azerbaijan in the tertiary period from the rich species composition of plant groups prevalent in large areas in the modern flora, remain 48 tree-shrub and 10 herbaceous forms of relict species remained. Rare and endangered plants of the Azerbaijan Republic are preserved in 10 national parks, 13 state reserves, 24 state nature reserves. Specially protected natural territories in the country occupy 594939,1 ha, which is 7 % of the total area.

*Keywords:* plant geography, nature reserves, Caucasus, xerothermic, mesothermic, poltava flora, subendemics, tertiary relicts, turgay flora, endemics.

### Введение

Леса на территории Азербайджана, несмотря на небольшую площадь (10 %), имеют богатый видовой состав. На территории Республики естественно распространены 435 видов деревьев и кустарников. Из них 328 видов (75 %) кустарники и 107 видов (25 %) — деревья, относящиеся к 48 семействам и 135 родам, что составляет 11 % флоры Азербайджана [16].

Важным элементом дендрофлоры Азербайджана являются реликтовые растения. Они играют большую роль в исследовании филогенеза, направлений эволюции

*Аннотация.* В статье приводится история и современный систематический анализ реликтовых деревьев и кустарников третичного периода флоры Азербайджана. Одновременно, дана классификация по историческим группам, определены территории их распространения, выявлены редкие или находящиеся под угрозой исчезновения виды. В настоящее время из субтропической полтавской флоры третичного периода (мезотермические реликты доарктической флоры третичного периода) в естественной флоре Азербайджана распространены 8 видов из 7 семейств, 8 родов, а из аркто-третичной флоры тургая — 38 древесно-кустарниковых реликтовых видов из 16 семейств, 28 родов. В дендрофлоре Азербайджана осталось два вида ксеротермических реликтов ледникового периода. Большинство ксеротермических реликтов третичного периода травянистые растения. Во флоре Азербайджана имеются 10 видов ксеротермических реликтов травянистых растений из 6 семейств, 9 родов. Таким образом, на территории Азербайджана из богатого видового состава растительных групп, распространенных на больших ареалах в третичном периоде в современной флоре остались 48 древесно-кустарниковых и 10 травянистых реликтовых видов. Редкие и исчезающие растения Азербайджанской республик сохраняются в 10 национальных парках, 13 государственных заповедниках, 24 государственных природных заказниках. Особо охраняемые природные территории в стране занимают 594939,1 га, что составляет 7 % от общей площади.

*Ключевые слова:* география растений, заповедники, Кавказ, ксеротерм, мезотерм, полтавская флора, субэндемики, третичные реликты, тургайская флора, эндемики.

растений и исторической замены флоры в существующих геоэкологических условиях. Изучение этих закономерностей и механизмов выявляет причины устойчивости растений к негативным последствиям глобального изменения климата, а также показывает направления происходящих изменений в их вегетативных и генеративных органах.

Поскольку большинство реликтовых растений являются редкими и исчезающими видами, возникает необходимость разработки научно обоснованного прогноза опасности их уничтожения с целью обеспечения их охраны и воспроизводства.

Цель наших исследований — на основании различных литературных данных, классифицировать реликтовые деревья и кустарники флоры Азербайджана по историческим группам, идентифицировать их статусы и определить естественную среду обитания.

### Материал и методы исследования

Объектом исследования являются распространенные в естественной флоре Азербайджана реликты третичного периода.

Список реликтов третичного периода, входящих в дендрофлору Азербайджана, приводится по А.А. Гроссгейму [5], В.И. Баранову [4], С.Г. Караеву, Дж.Н. Наджафовой [9], А.Н. Криштофовичу [13]. Названия видов соответствуют современной систематике и приводятся по Е.М. Курбанову [14], Г.И. Зубкевичу [8], С.К. Черепанову [20] и информационной системе Plant List [21]. Статус редкости дан по Красной книге Азербайджанской Республики [12] и Красному Списку Международного Союза Охраны Природы и Природных ресурсов МСОП. Для уточнения распространения реликтовых растений в Азербайджане ссылались на труды К.С. Асадова и др. [2], А.М. Аскерова [3], Т.С. Мамедова и др. [15], Е.Ф. Юсифова, В.Д. Гаджиева [21], И.С. Сафарова [18].

### Результаты и обсуждение

Реликт (*relictum* — остаток) — в прошлом широко распространенный, в настоящее время оставшийся на небольшой территории, но продолжающий свое существование растительный или животный вид. Если ареал вида когда-то был очень большим и со временем уменьшился — это ареал реликта, а сам вид — реликт [1].

Поскольку ограничивающие ареал факторы (климат, биотические, эдафические, геологические, антропогенные) являются динамичными и переменными, границы участков распространения растительных видов за историко-геологический период не стабильны.

Реликтовые растения это когда-то распространенные на большой территории, в разные геологические периоды, адаптировавшиеся к резким изменениям окружающей среды, сохранившиеся до наших дней виды растений, в настоящее время продолжающие свое обитание в малых ареалах. Существование их в наше время можно объяснить двумя важными комплексами факторов. Первый относится к самим видам растений, так, в зависимости от генетического потенциала различных органов и способности быстро реагировать на глобальные изменения, реликтовые растения за геолого-исторические периоды адаптировались в результате эволюционных изменений в соответствии с требованиями новых условий.

Примером таких изменений является переход в листопадные формы некоторых вечнозеленых растений, распространенных в начале третичного периода в тропическом климате и адаптировавшихся к умеренному и холодному климату. Зимой у таких видов как железное дерево *Parrotia persica* С.А. Mey., дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. и других засохшие листья не опадают, а остаются на ветвях. Это дает основание утверждать, что данные виды, вероятно, в начале третичного периода и еще не дифференцированного мелового периода с господствовавшим тропическим климатом имели признаки широко распространенных элементов вечнозеленой полтавской флоры. Опадение листьев, ставшее новым этапом в эволюции дендрофлоры — важнейший фактор эволюционного изменения, позволивший растениям приспособиться к холоду.

Другим примером приспособления является образование ксероморфных структур при адаптации к засухе. Например, мощное развитие корневой системы дуба, ореха, граба и других в конце плиоценового и начала глобального оледенения четвертичного периода позволило им выдержать холод и засуху. Образование закрытых почек, утолщение околоплодника вокруг семян, подземное развитие семядолей (дуб, орех, лещина, каштан и др.), изменение биохимического состава, например, повышение в осенний период в различных органах, особенно в плодах, уровня сахара. Все эти важные эволюционные изменения позволили реликтам адаптироваться к холоду, засухе и другим неблагоприятным экологическим переменам.

Другой важный комплекс факторов у дошедших до нашего времени и продолжающих существование реликтов связан с особенностями реликтовых ареалов. В период оледенения реликты третичного периода продолжительное время сохранялись на не подвергшихся оледенению территориях. Реликтовые ареалы встречаются по побережьям Западного Кавказа, на юго-востоке Кавказа в Талыше, в Колхиде, на Дальнем Востоке, в Крыму и по берегам Тихого океана Северной Америки [1]. Как видно, подавляющее большинство таких ареалов расположено по берегам океанов и морей или на близлежащих к ним территориях. Здесь мы можем сделать два вывода: во-первых, крупные водные бассейны сохраняют относительную стабильность и препятствуют изменению климата на побережье. Вода обладает высокой удельной теплоемкостью, за счет чего в воздухе формируется движение водяного пара и происходит регуляция температуры. Во-вторых, в местах с интенсивным испарением, циркуляцией воды, динамическим движением, уменьшается вероятность сильного холода, жары и засухи. Циркуляция воды является одним из основных факторов, определяющих ареал и продолжительность его существования.

Факторами, определяющими границы ареала растительности, являются также продолжительность светового дня, угол падения света, геологическое строение и рельеф местности. Именно они являются причиной образования различной флоры на близлежащих территориях. Например, климатические условия основного лесного массива Нахичеванской автономной республики Батабат, мало отличаются от других близлежащих безлесных территорий, а нахождение здесь леса можно объяснить геологическим строением территории, рельефом, циркуляцией воды, чередованием светлого и темного времени суток и другими факторами.

Геологическая история показывает, что распространение цветковых растений на Земле начинается с мелового периода. В конце мелового периода и особенно в третичном периоде кайнозоя, был сформирован Индийский океан. На тропическом континенте произошли разрывы и разъединения. В Южном полушарии происходило отделение Австралии от Антарктиды, она остановилась у оконечности Южной Африки и Америки. В конце третичного периода среднее море Земли Тетис начало высыхать, остатками его являются современные моря — Средиземное, Черное, Каспийское и Аральское озеро. В это же время в результате активного процесса образования гор началась эпоха формирования альпийских хребтов, так сформировались Гималайские, Памирские, Кавказские, Альпийские и другие горные системы. В этот период в Северном полушарии были уничтожены многие элементы основной флоры третичного периода. А на Западе, наоборот, физико-географические условия в тропиках не изменились. Здесь сохранилась флора третичного периода, и древесно-кустарниковая растительность, распространяясь широкими ареалами на огромных равнинах, образовывала богатые тропические леса и саванны [1, 7].

Уже в третичном периоде флора всего мира, в основном однородная тропическая, начала делиться на три группы. Климат дифференцировался и началось историческое разделение биосферы. В Северном полушарии на окраине тропической области образовалась группа Голарктической флоры (по-гречески «*golos*» — цельный, «*arktikos*» — север). Сюда входила одна флористическая область — Голарктическая. Вблизи экватора образовалась группа Пантропической (по-гречески «*pantropi*» — тропики, охватывающие оба полушария) флоры, в которую входили области Неотропической (новые тропики) и Палеотропической (древние тропики) флоры. А в Южном полушарии на границе тропической области образовались области Австралийской, Капской и Антарктической флоры, входящие в группу Голантарктической флоры [1, 7].

В.В. Алехин и другие считали Кавказ Голарктической областью Евроазиатской подобласти, а П.М. Жуков-

ский — отдельной Кавказкой подобластью. А.И. Толмачев [19] и С.А. Овеснов [17] разделили флору земного шара на 6 флористических областей и 34 подобласти: Holarctis — Голарктическая (9 подобластей), Paleotropis — Палеотропическая (12 подобластей), Neotropis — Неотропическая (5 подобластей), Capensis — Капская (1 подобласть), Australis — Австралийская (3 подобласти) и Antarcticis — Антарктическая (4 подобласти). Кавказ, включая Азербайджан, был приурочен к Ирано-Туранской подобласти Голарктической флоры.

Разделение флористических областей земного шара по В.В. Алехину и др.[1], П.М. Жуковскому [8], А.И. Толмачеву [19] и С.А. Овеснову[17] можно сказать совпадают. При разделении флоры на полуобласти мнения расходятся. В каждой флористической области есть свои неповторимые комплексы растительных семейств и родов и сформировавшиеся за длительный геологический период границы [1]. Принимая во внимание все это и учитывая богатое видовое разнообразие кавказской флоры (более 6500 видов), большое количество эндемов, реликтовых видов и родов, разнообразие климата, рельефа и геологических условий, растительный покров региона П.М. Жуковский[7] рассматривает как отдельную полуобласть Кавказской флоры Голарктической области.

Третичный период соответствует первому периоду кайнозойской эры и делится на палеогеновый и неогеновый этапы. Палеоген делится на палеоцен, эоцен и олигоцен; неоген — на миоценовый и плиоценовый этапы. В свою очередь эти этапы делятся на меньшие интервалы времени [13, 21].

В.В. Алехин и другие [1] разделили реликтовые растения на следующие возрастные группы:

1. Реликты мезозоя;
2. Реликты третичного периода;
3. Реликты ледникового периода;
4. Реликты послеледникового периода.

А.А. Гроссгейм [5] реликты Кавказа делит на три нижеследующие исторические группы:

1. Реликты третичного периода;
  - а) Мезотермические реликты доарктичной флоры;
  - б) Мезотермические реликты арктотретичной флоры — тургайские реликты;
  - в) Ксеротермические реликты третичного периода;
2. Реликты ледникового периода (мезотермические);
3. Реликты послеледникового периода (ксеротермические).

В.И. Баранов [4] Кавказскую реликтовую растительность третичного периода делит в основном на два комплекса флоры:

1. Полтавские типы реликтов третичного периода субтропической флоры;

## 2. Тургайские типы реликтов третичного периода умеренной термофильной флоры.

По А.А. Гроссгейму, А.Н. Криштофовичу и В.И. Баранову реликты доарктотретичной флоры совпадают с группой реликтов полтавской флоры (до тургайской флоры). Учитывая это, имеющиеся в дендрофлоре Азербайджана реликты третичного периода с точки зрения исторических и флористических комплексов мы разделили на группы. А названия выявленных вышеуказанными авторами родов, видов, статусов и естественных ареалов реликтов приводим в соответствии с требованиями современной систематики:

1. Реликты субтропической полтавской флоры третичного периода (мезотермические реликты доарктической флоры третичного периода);
2. Мезотермические реликты арктической флоры третичного периода — реликты тургай;
3. Ксеротермические реликты третичного периода.

Формирование ареалов, характерных для видов растений современной флоры, относится к началу Кайназой. Климат в палеоценовом и эоценовом периодах третичного периода Кайназойской эры был теплым и влажным. В это время в полтавской флоре в основном преобладали вечнозеленые растения. Близкая по составу к тропической флоре, флора Южной Азии, не имевшая широколиственных видов, состоявшая в основном из вечнозеленых растений полтавской флоры, господствовала до олигоценового периода. Эти благоприятные условия позволили хвойным породам расширить ареал от Арктики до Антарктиды [6, 10, 13]. В современной природной флоре Азербайджана имеется 8 видов реликтовых древесно-кустарниковых растений, оставшихся из субтропической полтавской флоры третичного периода (мезотермические реликты доарктической флоры третичного периода) из 7 семейств, 8 родов (табл. 1). В Красную книгу Азербайджанской Республики включены 6 видов полтавской флоры. Из них 3 вида относятся к категории «в уязвимом положении» (*Gleditsia caspia* Desf., *Punica Granatum* L., *Platanus orientalis* L.), 1 вид — «находящиеся в опасности» (*Albizia julibrissin* Durazz.), 2 вида — «близки к уязвимому положению» (*Parrotia persica* C.A. Mey, *Ficus carica* L.). Два вида реликтов являются эндемиками, а два — субэндемиками.

Начиная с третьего этапа олигоценового периода вечнозеленую полтавскую флору сменяет листопадная тургайская флора. Этот процесс, начавшись в Европе, переходит на север, охватывая Средиземное море и Кавказ. В тургайской флоре преимущественно были распространены *Fagus* L., *Ulmus* L., *Betula* L., *Quercus* L., *Juglans* L., *Pterocarya* Kunth., *Acer* L., *Vitis* L., *Zelkova* Spach. и другие листопадные виды.

В середине олигоцена тургайская флора распространяется из Азии в Японию, от Сахалина до Казахстана, Ура-

Таблица 1.

Субтропическая полтавская флора третичного периода (мезотермические реликты доарктической флоры третичного периода) Азербайджана

Семейство, род и вид	Категории и статусы видов по Красному Списку МСОП	Распространение видов по ботанико-географическим районам
<b>Fabaceae Lindl.</b>		
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Редкий, субэндемичный, реликтовый вид Азербайджана. Категория «находящиеся в опасности» — EN B2ab (ii, iii, v).	4
<i>Gleditsia caspia</i> Desf.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VU A2abcde+3de.	4, 5
<b>Hamamelidaceae R.Br.</b>		
<i>Parrotia persica</i> C.A.Mey.	Редкий, субэндемичный, реликтовый вид Азербайджана. Категория «близки к уязвимому положению» — NT	2, 4
<b>Moraceae Link.</b>		
<i>Ficus carica</i> L. ( <i>F. hircana</i> Grossh.)	Приоритетный эндемичный, редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «близки к уязвимому положению» — NT	1, 5
<b>Punicaceae Horan.</b>		
<i>Punica granatum</i> L.	Приоритетный эндемичный, редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VU B1ab (i, i, iii, v)+2ab(i, ii, iii, v)	1, 2, 3, 4, 5
<b>Platanaceae Juss.</b>		
<i>Platanus orientalis</i> L.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VU A2c+3c VU A2c+3c	1, 2, 3
<b>Ericaceae Juss.</b>		
<i>Rhododendron ponticum</i> L.		1
<b>Smilacaceae Vent.</b>		
<i>Smilax excelsa</i> L.		1, 4

Примечание: 1 — Большой Кавказ; 2 — Малый Кавказ; 3 — Кура-Араксинская низменность; 4 — Талыш; 5 — Нахичеванская Автономная Республика

ла, в Европе до Шотландии, Англии и начинает смещение ареала хвойных пород [13].

На Восточном Кавказе, в том числе и в Азербайджане, начиная с олигоценового периода (с конца третичного периода и начала четвертичного), ареалы широко

распространенной тургайской флоры в связи с оледенением уменьшаются. В настоящее время оставшиеся реликтовые растения тургайской флоры встречаются в основном в Талыше, Колхиде и частично в лесах, окружающих южные склоны Большого Кавказа [4–5, 11, 18].

Основную часть современной реликтовой дендрофлоры Кавказа, в том числе и Азербайджана, составляют реликты третичного периода, образовавшиеся из листопадных форм реликтов тургая и отличающиеся родовым и видовым богатством.

В Азербайджане распространены древесно-кустарниковые реликты тургая относящиеся к 38 видам из 16 семейств, 28 родов (табл. 2). В Красную книгу Азербайджанской Республики включены 10 реликтов тургая. Из них 6 видов относятся к категории «в уязвимом положении» (*Alnus subcordata* С.А.Мей., *Betula raddeana* Trautv., *Corylus colurna* L., *Castanea sativa* Mill., *Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth. ex Iljinsk., *Frangula grandifolia* (Fisch. et С.А.Мей) Grubov), 1 вид — «находящиеся в опасности» (*Zelkova carpinifolia* (Pall.) К. Koch.), 2 вида — «близки к уязвимому положению» (*Quercus castaneifolia* С.А.Мей., *Pinus kochiana* Klotzsch ex К. Koch. (*P. hamata* (Steven) Sosn), а 1 вид — «находящиеся в критической опасности» (*Pyrus boissieriana* Buhse). Один вид является эндемиком, и два — субэндемиками. Регионы Талыша и Большого Кавказа наиболее богаты тургайними реликтами.

Таблица 2.

Тургайные реликты (мезотермические реликты арктической флоры третичного периода) Азербайджана

Семейство, род и вид	Категории и статусы видов по Красному Списку МСОП	Распространение видов по ботанико-географическим районам
<i>Aceraceae</i> Juss.		
<i>Acer velutinum</i> Boiss.		1, 4, 5
<i>A. laetum</i> С.А.Мей.		1, 2, 4
<i>A. hyrcanum</i> Fisch. ex С.А.Мей.		1, 2, 4, 5
<i>A. pseudoplatanus</i> L.		1
<i>Betulaceae</i> S.F.Gray		
<i>Alnus subcordata</i> С.А.Мей.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VUA2cd+3cd	4
<i>A. barbata</i> С.А.Мей.	Субэндемичный вид Азербайджана	1, 3, 4

Семейство, род и вид	Категории и статусы видов по Красному Списку МСОП	Распространение видов по ботанико-географическим районам
<i>Betula raddeana</i> Trautv.	Редкий, эндемичный и реликтовый вид Кавказа. Категория «в уязвимом положении» — VU C2a(ii).	1, 2
<i>Carpinus orientalis</i> Mill.		1, 2, 4
<i>C. betulus</i> L.		1, 5
<i>Corylus avellana</i> L.		1, 2, 4
<i>C. colurna</i> L.		1, 2, 4
<i>Cornaceae</i> Dumort.		
<i>Cornus mas</i> L.		1, 2, 3
<i>Ericaceae</i> Juss.		
<i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.		1, 2
<i>Fagaceae</i> Dumort.		
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky		1, 2, 4
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VUA2c+3cd.	1, 2, 4
<i>Quercus castaneifolia</i> С.А.Мей.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «близки к уязвимому положению» — NT.	1, 4
<i>Q. iberica</i> Steven ex M.Bieb.		1, 2, 4
<i>Hydrangeaceae</i> Dumort.		
<i>Philadelphus caucasicus</i> Koehne.		1
<i>Juglandaceae</i> A.Rich. ex Kunth		
<i>Juglans regia</i> L.		1, 2, 4, 5
<i>Pterocarya pterocarpa</i> Kunth ex I. Iljinsk.	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VU D2.	1, 4
<i>Malvaceae</i> Juss.		
<i>Tilia begoniifolia</i> Steven ( <i>T. caucasica</i> Rupr.)		1, 2, 4
<i>Oleaceae</i> Hoffmanns. et Link.		
<i>Fraxinus coriariifolia</i> Scheele.	Субэндемичный вид Азербайджана	1, 4
<i>F. excelsior</i> L.		1, 2, 3
<i>Pinaceae</i> Lindl.		

Семейство, род и вид	Категории и статусы видов по Красному Списку МСОП	Распространение видов по ботанико-географическим районам
<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch ex K.Koch ( <i>P. hamata</i> (Steven) Sosn.)	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «близки к уязвимому положению» — NT	1, 5
<i>Rosaceae</i> Yuss.		
<i>Mespilus germanica</i> L.		1, 5
<i>Prunus spinosa</i> L.		1, 4
<i>Cerasus incana</i> (Pall.) Spach. ( <i>C. mahaleb</i> L.)		1, 3, 5
<i>Pyrus boissierana</i> Buhse	Редкий, реликтовый вид Азербайджана Категория «находящиеся в критической опасности» — CR A2abc	4
<i>Sorbus boissieri</i> C.K. Schneid.		2, 4, 5
<i>S. torminalis</i> (L.) Crantz		1, 2, 4
<i>Rhamnaceae</i> Juss.		
<i>Rhamnus spathulifolia</i> Fisch. et C.A.Mey.		1, 2, 4, 5
<i>Frangula grandifolia</i> (Fisch. et C.A.Mey) Grubov	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «в уязвимом положении» — VU A2c.	1, 4
<i>Salicaceae</i> Mirb.		
<i>Salix alba</i> L.		1, 5
<i>Staphyleaceae</i> Lindl.		
<i>Staphylea colchica</i> Steven		1
<i>Ulmaceae</i> Mirb.		
<i>Ulmus scabra</i> Mill.		1, 2, 4, 5
<i>U. glabra</i> Huds., ( <i>U. elliptica</i> K.Koch)		1, 2, 4, 5
<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) K. Koch	Редкий, реликтовый вид Азербайджана. Категория «находящиеся в опасности» — EN B1ab (i, ii, iii, iv, v) c (iii) + 2b(i) c (ii, iii).	2, 4
<i>Vitaceae</i> Juss.		
<i>Vitis sylvestris</i> C.C.Gmel.		1, 5

Примечание: 1 — Большой Кавказ; 2 — Малый Кавказ; 3 — Кура-Араксинская низменность; 4 — Талыш; 5 — Нахичеванская Автономная Республика

С конца третичного периода и начала четвертичного (от плиоценовой стадии), в связи с оледенением, происходит сокращение ареала тургайской флоры. В этот период преобладают многолетние травянистые растения, которые в основном являются ксеротермическими. Не смотря на то, что надземные части этих растений зимой погибают, подземные остаются невредимыми и в благоприятных условиях снова начинают развиваться. Данный механизм дает возможность переносить как холод, так и засуху и является важным изменением в эволюционном развитии растений при переходе из теплого и дождливого тропического климата в мягкий и холодный арктический климат. В дендрофлоре Азербайджана 2 вида относятся к ксеротермическим реликтам, оставшимся с ледникового периода (табл. 3).

Таблица 3.

Ксеротермические древесные реликты третичного периода флоры Азербайджана

Семейство, род и вид	Категории и статусы видов по Красному Списку МСОП	Распространение видов по ботанико-географическим районам
<i>Pinaceae</i> Lindl.		
<i>Pinus eldarica</i> Medw.	Эндемичный, редкий вид Азербайджана. Категория «близки к уязвимому положению» — NT	2
<i>Fagaceae</i> Dumort.		
<i>Quercus boissieri</i> Reut. ( <i>Q. araxina</i> Trautv.) Grossh.		2

Примечание: 2 — Малый Кавказ

Таблица 4.

Ксеротермические травянистые реликты третичного периода флоры Азербайджана и ареал их распространения

Семейство	Род и вид	Естественный ареал
<i>Brassicaceae</i> Burnett	<i>Thlaspi rostratum</i> N. Busch	1, 5
	<i>Peltariopsis grossheimii</i> N. Busch	5
<i>Poaceae</i> Barnhart	<i>Stipa capensis</i> Thunb.	1
	<i>Trisetaria linearis</i> Forssk.	3
	<i>Ammochloa palaestina</i> Boiss.	1
<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	<i>Pteranthus dichotomus</i> Forssk.	1, 3
<i>Campanulaceae</i> Juss.	<i>Campanula erinus</i> L.	2
	<i>C. minsteriana</i> Grossh.	1
<i>Ranunculaceae</i> Juss.	<i>Adonis wolgensis</i> Steven	4
<i>Paeoniaceae</i> Raf.	<i>Paeonia tenuifolia</i> L.	2, 4, 5

Примечание: 1 — Большой Кавказ; 2 — Малый Кавказ; 3 — Кура-Араксинская низменность; 4 — Талыш; 5 — Нахичеванская Автономная Республика

Большинство ксеротермических реликтов третичного периода — травянистые растения, во флоре Азербайджана к ним относятся 10 видов из 9 родов, 6 семейств (табл. 4). Флора Кавказа, в том числе и Азербайджана, в ледниковый и послеледниковый периоды состояла в основном из реликтовых травянистых растений.

### Заключение

Таким образом, на территории Азербайджана из широко распространенной растительности третичного периода, когда-то богатой в видовом составе, в современной реликтовой флоре осталось 10 травянистых видов из 9 родов, 6 семейств и 48 древесно-кустарниковых видов из 23 семейств, 36 родов.

В Красную книгу Азербайджанской Республики входят 17 видов реликтов из дендрофлоры третичного периода. Из них 9 видов относятся к категории «в уязвимом положении», 2 вида — «находящиеся в опасности», 5 видов — «близки к уязвимому положению», а 1 вид — «находящиеся в критической опасности». Четыре вида являются эндемиками, и четыре — субэндемиками.

В настоящее время для защиты редкого и исчезающего биоразнообразия в Азербайджанской республике существует 10 национальных парков, 13 государственных заповедников, 24 государственных природных, где сохраняется 2083 деревьев старше 100 лет, 15 тысяч гектаров эндемичных и ценных лесных видов. Особо охраняемые природные территории в стране занимают 594939,1 га, что составляет 7 % от общей площади.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин В.В., Кудряшов Л.В., Говорухин В.С. География растений. М.: Учпедгиз, 1961, 531 с.
2. Асадов К.С., Мирзоев О.Х., Мамедов Ф.М. Дендрология. Баку: Изд-во «Генджлик», 2014.
3. Аскеров А.М.. Конспект флоры Азербайджана. Баку: Элм, 2011, 202 с.
4. Баранов В.И. Этапы развития флоры и растительности в третичном периоде на территории СССР. Т. 114. Кн. 4. Казань.: Изд-во Казанского университета, 1954, 362 с.
5. Гроссгейм А.А. 1940. Реликты Восточного Закавказья. Баку.: АзФАН СССР, 4343 с.
6. Жилин С.Г. Третичные флоры Устюрта. Ленинград.: Наука. Ленингр. Отделение, 1974, 124 с.
7. Жуковский П.М. Ботаника. М.: Колос, 1982, 623 с.
8. Зубкевич Г.И. Систематика высших растений. Голоосеменные. Минск: БГУ, 2003, 90 с.
9. Гараев С.Г., Наджафова Дж.Н. Тургайные реликты дендрофлоры Азербайджана. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития садоводства». Махачкала? 2015, С. 8–10.
10. Гараев С.Г. Статус и происхождение голосеменных (Рinophyta или Gymnospermae) растений из дендрофлоры Азербайджана. // «Известия» НАН Азербайджана, серия биологических и медицинских наук., 2017, №1. С. 63–68.
11. Касумова Г.М. Флора олигоценовых отложений северо-восточных предгорий Малого Кавказа (Азербайджан) и ее стратиграфическое значение. Баку.: Изд-во АН АзССР, 1966, 59 с.
12. Красная книга Азербайджана. Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Часть 2. Баку.: Изд-во «Восток-Запад», 2013, 676 с.
13. Криштофович А.Н. Палеоботаника. Ленинград.: Гостоптехиздат, 1957, 651 с.
14. Курбанов Е.М. Систематика высших растений. Баку.: Изд-во «Бакинский Университет», 2009, 420 с.
15. Мамедов Т.С., Искендер Е.О., Талыбов Т.Х. Редкие деревья и кустарники Азербайджана. Баку.: Изд-во «Наука», 2016, 380 с.
16. Нуриев Р.М. Экология растений и роль растений в природе. Флора Азербайджана: использование и защита растений. Баку, 1999, С. 251–255.
17. Овеснов С.А. Флористическое районирование Земли: Учебное пособие к курсу «География растений». Пермь.: Перм. ун-т., 2007, 67 с.
18. Сафаров И.С. Важнейшие древесные третичные реликты Азербайджана. Баку.: Изд-во Акад. наук АзССР, 1962, 312 с.
19. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд. Ленингр. ун-та, 1974, 244 с.
20. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
21. Юсифов Е.Ф., Гаджиев В.Д. Гирканский биосферный заповедник. Баку.: Изд. «El-Alliance», 2004, 168 с.
22. The Plant List. Version 1.1. 2013. Published on the Internet. [Электрон. ресурс] Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/>
23. IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. Available from <http://www.iucnredlist.org>. Retrieved on August 2018.

# ПАНДЕМИЯ COVID-19 И АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ. РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

## COVID-19 PANDEMIC AND ANTIBIOTIC RESISTANCE. REGIONAL ASPECTS

**N. Ivanova**  
**N. Bugero**  
**A. Povtorejko**  
**N. Ilina**  
**D. Slivinskij**

*Summary.* Antibiotic resistance is now increasing to alarmingly high levels and is a global problem for health systems in different countries. Since the beginning of the COVID-19 pandemic, the demand for antibacterial drugs has increased, which has led to an increase in the cost of these drugs. Aim of the work: to study the regional factors for the development of antibiotic resistance in a new coronavirus infection pandemic. *Materials and methods:* data on the sales of antiviral, antibacterial drugs in the retail segment in the State Enterprise of the Pskov Region «Pharmacia» for 2019 and 2020 were used, the overall structure of medicinal drugs (MD) purchased by the population in value and in kind, the structure of the assortment of purchased MD by quarters was evaluated. Local data from the microbiological laboratory of the Pskov Regional Clinical Infectious Diseases Hospital on the etiology of pathogens of out-of-hospital and hospital infections during the pandemic period were also analyzed. *Results:* it was found that in 2019, the total assortment by 57,7 % accounted for antiviral drugs, 10,1 % for immunocorrective agents, 32,2 % for antibacterial drugs. In 2020, the total assortment of antiviral drugs accounted for 35,0 %, immunocorrective agents for 6,1 %, and antibacterial drugs for 58,9 %. The volume of pharmacy sales of antibacterial drugs in 2020 in physical terms increased 11,2 times compared to 2019. Maximum consumption was marked by antibacterial drugs of the macrolide group, including as a result of azithromycin, the level of sales of which increased more than 61 times compared to the pre-pandemic period. According to the «hotline» data, based on citizens' appeals, 72,0 % of patients in Pskov purchased antibacterial drugs without doctors' prescriptions. *Conclusions:* weak control measures for retail dispensing of antibiotics led to over-the-counter access to this group of drugs and created conditions for the progression of antibiotic resistance. The study revealed that the majority of patients with coronavirus infection received broad-spectrum antibiotic drugs during treatment, which led to the formation of antibiotic resistance in hospitalized bacteria.

*Keywords:* COVID-19; antibiotic resistance; bacterial co-infections; prescription medications.

**Иванова Наталья Владимировна**

Д.м.н., профессор,  
Псковский государственный университет  
zdravuniver@inbox.ru

**Бугеро Нина Владимировна**

Д.б.н., профессор,  
Псковский государственный университет  
bugero@mail.ru

**Повторейко Анастасия Викторовна**

Главный врач, ГБУЗ Псковской области Псковская  
областная инфекционная клиническая больница  
pskoblinfect@zdrav.pskov.ru

**Ильина Наталья Анатольевна**

Д.б.н., профессор, ректор,  
Псковский государственный университет  
n-ilina@mail.ru

**Сливинский Дмитрий Сергеевич**

Псковский государственный университет  
dmitriy.slivinskiy@mail.ru

*Аннотация.* В настоящее время устойчивость к антибиотикам возрастает до угрожающе высоких уровней и является глобальной проблемой систем здравоохранения разных стран. С начало пандемии COVID-19 увеличился спрос на антибактериальные препараты, что привело к росту стоимости данных лекарственных средств. *Цель работы:* изучить региональные факторы развития устойчивости к антибиотикам в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции. *Материалы и методы:* использованы данные о реализации противовирусных, антибактериальных лекарственных препаратов в розничном сегменте в Государственном предприятии Псковской области «Фармация» за 2019 и 2020 годы, оценивалась общая структура приобретенных населением лекарственных препаратов (ЛП) в стоимостном и натуральном выражении, структура ассортимента закупленных ЛП по кварталам. Также проанализированы локальные данные микробиологической лаборатории Псковской областной клинической инфекционной больницы об этиологии возбудителей внебольничных и госпитальных инфекций в пандемический период. *Результаты:* установлено, что в 2019 году общий ассортимент на 57,7 % приходился на противовирусные препараты, 10,1 % на иммунокорректирующие средства, 32,2 % — на антибактериальные препараты. В 2020 году общий ассортимент на 35,0 % приходился на препараты противовирусной терапии, 6,1 % на иммунокорректирующие средства, 58,9 % — на антибактериальные препараты. Объём аптечных продаж антибактериальных лекарственных препаратов в 2020 году в натуральном выражении увеличился в 11,2 раза по отношению к 2019 году. Максимальное потребление отмечено антибактериальных препаратов макролидной группы, в том числе в результате приема азитромицина, уровень продаж которого увеличился более чем в 61 раз по сравнению с допандемическим периодом. Согласно данным «горячей линии», по поступившим обращениям граждан, в Пскове 72,0 % пациентов приобретали антибактериальные препараты без назначений врачей. *Выводы:* слабые меры контроля розничного отпуска антибиотиков привели к безрецептурному доступу к данной группе препаратов и созданию условий для прогрессирования антибиотикорезистентности. В ходе выполненного исследования выявлено, что большинства заболевших коронавирусной инфекции в ходе лечения получали антибиотические препараты широкого спектра действия, что привело к образованию антибиотико-резистентной устойчивости бактерий в стационарных условиях.

*Ключевые слова:* COVID-19; антибиотикорезистентность; бактериальные ко-инфекции; лекарственные препараты рецептурного отпуска.

Одной из глобальной проблемой современности является устойчивость микроорганизмов к лекарственным средствам, в том числе антибактериальных препаратов, что в свою очередь создает угрозу в области устойчивого развития здравоохранения и достижение. В результате Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) сформировала список, состоящий из десяти серьезных угроз человечеству. В своем обращении генерального директора ВОЗ доктора Маргарет Чен неоднократно отмечал, что современная медицина в корне не пересмотрит отношение к использованию антибиотиков, рано или поздно наступит постантибиотическая эпоха, в которой многие распространенные инфекционные заболевания лечить станет нечем, и они вновь будут уносить множество человеческих жизней. Станут невозможными хирургия, трансплантология и многие другие отрасли медицины [1, 5].

В течение последних тридцати лет как в отечественном, так и зарубежной фармацевтики не зарегистрирован ни одного нового класса антибактериальных препаратов, при этом в этот период времени выявлена устойчивость отдельных патогенов к некоторым лекарственным средствам, что привело к их исчезновению с фармацевтического рынка. Всемирная организация здравоохранения выявлено и опубликовано в виде списка двенадцать видов патогенов (бактерий) являющиеся наиболее устойчивыми к воздействию антибактериальных препаратов, которых объединили в группу под названием «приоритетных патогенов», кроме того данные микроорганизмы являются наиболее опасны для жизни и здоровья людей. В списке Всемирной организации здравоохранения наиболее опасные бактерии распределены на группы по необходимости в разработке новых антибактериальных средств (см. рис. 1).

В первую группу микроорганизмов входят бактерии, обладающие высокой устойчивостью к множеству лекарственных препаратов, они достаточно опасны для жизни и здоровья человека в стационарных условиях, а также для людей, которым необходимы для лечения медицинская аппаратура, например венозные катетеры, аппараты ИВЛ. Критически высокий уровень приоритетности характерен для бактерий, вызывающие

тяжелые инфекционные болезни, которые угрожают здоровью и жизни человека. На сегодняшний день приоритетные бактерии устойчивы к  $\beta$ -лактамам антибактериальным препаратам, с широким спектром действий: *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и бактерии рода *Enterobacteriaceae*.

Для бактерий второй и третьей групп характерна растущая лекарственная устойчивость, которой обладают наиболее распространенные возбудители заболеваний, например отравление, гонорея. Во вторую группу (высокий уровень приоритетности) входят (см. рис. 2).

Бактерии, входящие во вторую группу, вызывают заболевания, с тяжелым, а также смертельным исходом, например болезни кровотока или воспалением лёгких. Для них характерна устойчивость к антибиотическим препаратам широкого спектра, в том числе к лекарственным средствам третьего поколения (карбапенемы и цефалоспорины), которые эффективны при лечении бактериальных инфекций обладающие лекарственной устойчивостью.

В третью группу входят бактерии, обладающие средней приоритетности устойчивости [7] (см. рис. 3).

Резистентность микроорганизмов формируется в основном в результате несоблюдения условий применения противомикробных препаратов:

- включение в курс лечение антибактериальных лекарственных средств без назначения;
- в случае приема антибактериальных препаратов несоответствия с диагнозом;
- невыполнения предписанного курса лечения антибактериальными препаратами (чрезмерное применение или наоборот недостаточная дозировка);
- в случае излишнего назначения антибактериальных препаратов медицинскими работниками;
- при передаче лекарственных средств, в данном случае антибактериальных препаратов, третьим лицам или применения остатков назначенных лекарств [6].

Мир в первой половины 2020 года столкнулся с новым вызовом — пандемией коронавирусной инфекции.



Рис. 1

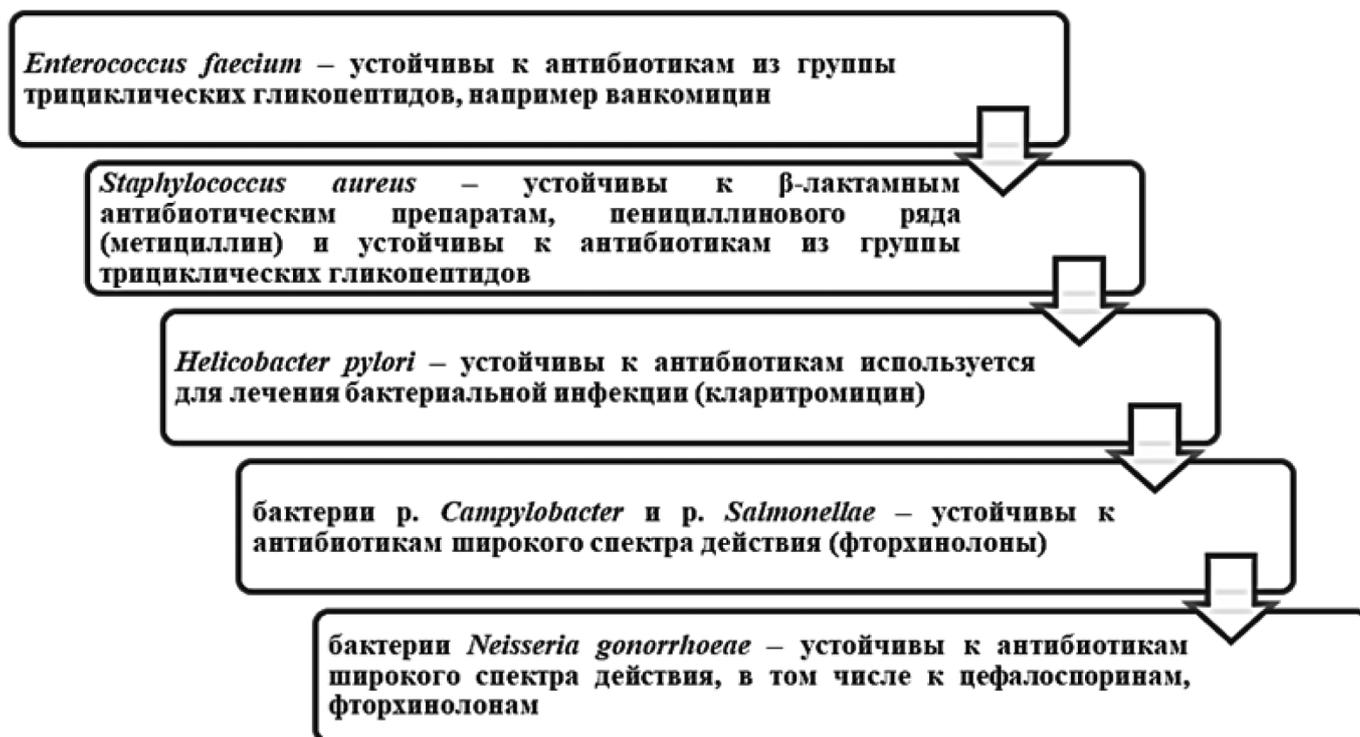


Рис. 2

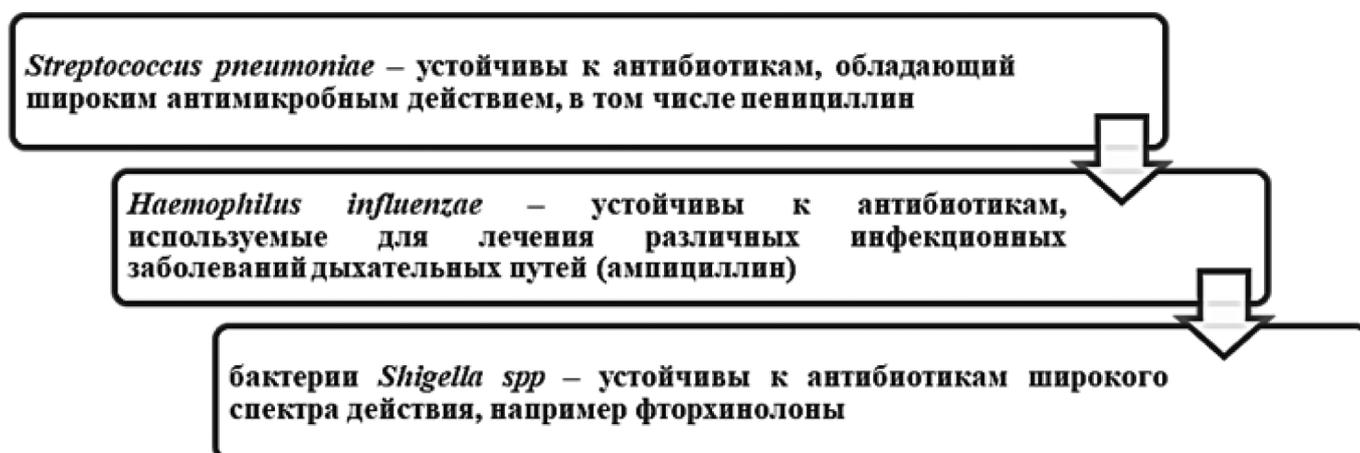


Рис. 3

Распространяющаяся ко-инфекция является серьезной проверкой рационального использования существующих лекарственных средств, в антибактериальных препаратах. Исследование Международного консорциума по тяжелым острым респираторным и вновь возникающим инфекциям (ISARIC) показало, что распространенность назначения антибиотиков при вирусных респираторных инфекциях составила 75,0 %. Имеющиеся данные в публикациях отечественных исследователей показывают, что количество назначенных антибактериальных лекарственных средств госпитализированным пациентам с признаками COVID-19 значительно выше, по сравнению с пациентами у которых выявлена бактериальная инфекция. Согласно статистическим данным,

в современных условиях около семидесяти процентов пациентов, пораженных COVID-19, в условиях стационара получают антибактериальные препараты [11, 12]. Проблема существует во всех странах мира [8]. Большинство пациентов (79...96 %), принимавшие антибактериальные препараты, отметили, несмотря на то, что инфицированность COVID-19 не подтверждена, они принимали антибиотики, не соблюдая рекомендации, так как считали, что они способны предотвратить их заражения вирусом COVID-19 [9]. В рамках Всемирной недели правильного использования противомикробных препаратов (18–24 ноября 2020 года) представителем Европейского бюро ВОЗ отмечено, что в современное время усугубляется решение вопросов связанных с неправильным при-

менением антибактериальных препаратов отдельными пациентами и врачами некоторых медучреждений в результате распространения инфекции COVID-19. При этом необходимо понимать, что антибактериальных препаратов не способны предотвратить распространения и вылечить инфекцию, такие как COVID-19. Проведенные исследования в странах Евросоюза по анализу поведения людей показали, что прием антибактериальных препаратов увеличивался на протяжении распространения COVID-19 и выявлением новых случаев заражений.

В Соединенных Штатах Америки Центром, обеспечивающий контроль и профилактику заболеваний, в 2022 году опубликован специальный отчет «COVID-19 и антимикробная резистентность». В нем отмечено, что в США потерян прогресс в борьбе с устойчивостью к противомикробным препаратам в 2020 году во многом из-за последствий пандемии COVID-19, угроза инфекций, устойчивых к противомикробным препаратам, не только сохраняется, но и усугубляется. В течение первого года пандемии более 29400 человек умерли от инфекций, устойчивых к противомикробным препаратам. Из них почти 40,0 % людей заразились, находясь в больнице. В амбулаторных условиях с 2020 года по декабрь 2021 года большинство назначений антибиотиков взрослым касалось азитромицина, а увеличение числа назначений азитромицина соответствовало пикам в случаях COVID-19. В домах сестринского ухода использование азитромицина было на 150 % выше в апреле 2020 года и на 82 % выше в декабре 2020 года, чем в те же месяцы 2019 года [10].

Пандемия COVID-19 серьезно сказалась на использовании антибактериальных препаратов в Российской Федерации, и, как итог, объемы потребления продемонстрировали сильнейший рост. В результате распространения COVID-19 по территории России увеличился объем продаж в аптеках лекарственных препаратов антибактериальной специализации, а также объем закупок антибиотиков медучреждениями. Так, согласно статистическим данным, уровень продаж антибиотиков в ноябре 2020 года составил на сорок три процента выше по сравнению с ноябрем 2019 года. По данным в России в ноябре 2020 года раза объем продаж антибиотиков увеличился более чем в два на территории по сравнению с ноябрем 2019 года [13, 15]. Бесконтрольное применение антибактериальных препаратов связано отсутствием назначений при развитии возбудителей COVID-19, но пациенты с первичными признаками их самостоятельно включают в схему лечения [2]. И только в одиннадцатой версии Временных методических рекомендаций Министерства здравоохранения Российской Федерации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» от 07 мая 2021 года отражены рекомендации по учету резистентности патогенов. Нельзя не отметить еще один крайне

важный момент с точки зрения рациональной антибиотикотерапии. Системные антибиотики в России, как и в большинстве развитых стран мира, относятся к лекарственным препаратам рецептурного отпуска, однако это требование далеко не всегда соблюдается [3]. По словам профессора Синопальникова А.И. «Не боясь ошибиться, можно утверждать, что применение антибиотиков в период пандемии COVID-19 произведет «детонационный» эффект, обусловив значительный рост антибиотикорезистентности» [14].

Необходимость улучшения в этой сфере обозначена в стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности на период до 2030 года. В июле 2017 г. опубликовано распоряжение Правительства РФ, согласно которому предупреждение распространения антимикробной резистентности возведено в ранг государственной задачи. Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 г. включает следующие приоритетные направления:

- образовательные программы по рациональному применению противомикробных препаратов;
- совершенствование мер по предупреждению и ограничению распространения и циркуляции возбудителей с антимикробной резистентностью;
- обеспечение системного мониторинга распространения антимикробной резистентности;
- изучение механизмов возникновения антимикробной резистентности;
- совершенствование мер по контролю за оборотом антибактериальных препаратов.

Изучение региональных особенностей развития устойчивости микроорганизмов к различным антибактериальным препаратам имеет огромное значение для формирования локальной доказательной базы по трендам устойчивости к антибиотикам [4].

*Цель работы:* изучить региональные факторы развития устойчивости к антибиотикам в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19).

*Материалом для проведения анализа* послужили данные о реализации противовирусных, антибактериальных лекарственных препаратов (ЛП) в розничном сегменте в Государственном предприятии Псковской Области «Фармация» за 2019 и 2020 годы, оценивалась общая структура приобретенных населением ЛП в стоимостном и натуральном выражении, структура ассортимента закупленных ЛП по кварталам. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы Microsoft Office Excel 2013. Также проанализированы данные опросов по «горячей линии» относительно приобретения антибактериальных препаратов без рекомендаций врача, локальные данные

WHONET микробиологической лаборатории ГБУЗ Псковская областная клиническая инфекционная больница об этиологии возбудителей внебольничных и госпитальных инфекций в пандемический период.

### Результаты и обсуждение

Проведенные исследования дали возможность выявить, что в 2019 г. аптеками ГППО «Фармация» г. Пскова было реализовано 5364 упаковок лекарственных препаратов (ЛП), из них в разрезе МНН: азитромицина — 162 упаковки, амоксициллина — 528 упаковок, кларитромицина — 102 упаковки, левофлоксацина — 81 упаковка, цефтриаксона — 855 упаковок, анаферона — 318 упаковки, кагоцела — 627 упаковок, осельтамивира — 45 упаковок, римантадина — 1350 упаковок, умифеновира — 213 упаковок, эргоферона — 405 упаковок. В ходе контент-анализа установлено, что общий ассортимент на 57,7 % приходился на противовирусные препараты, 10,1 % на иммунокорректирующие средства, 32,2 % — на антибактериальные препараты. В 2020 году данный ассортимент был представлен следующими позициями: азитромицин — 9897 упаковок, амоксициллин — 4563 упаковки, кларитромицин — 690 упаковок, левофлоксацин — 357 упаковок, цефтриаксон — 3909 упаковок, анаферон — 672 упаковки, кагоцел — 3264 упаковки, осельтамивир — 231 упаковка, римантадин — 3963 упаковки, умифеновир — 1131 упаковка, эргоферон — 1293 упаковки. В ходе контент-анализа установлено, что общий ассортимент в 2020 году на 35 % приходится на препараты противовирусной терапии, 6,1 % на иммунокорректирующие средства, 58,9 % — на антибактериальные препараты. Объем аптечных продаж антибактериальных лекарственных препаратов в 2020 году в натуральном выражении увеличился в 11,2 раза по отношению к 2019 году. Наиболее сильный рост зафиксирован в отношении потребления макролидов за счет многократного повышения использования азитромицина, уровень продаж которого увеличился более чем в 61 раз по сравнению с допандемическим периодом. Среди антибиотиков класса пенициллинов значительно увеличился объем потребления до девяти раз амоксициллина. Аналогичный тренд к увеличению объема продаж отмечается и для антибиотиков цефалоспоринового ряда. Наиболее существенно на фоне пандемии COVID-19 повысилось потребление цефтриаксона — в 4,6 раза. Внутри класса фторхинолонов абсолютным лидером являлся левофлоксацин, уровень потребления которого на фоне пандемии четырехкратно увеличился.

Возникший в 2020 году на рынке лекарственных средств повышенный спрос на антибактериальные препараты, (антибиотики антиковидной номенклатуры) способствовал проведению нами анализа динамики распространения новой коронавирусной инфекции. Повышенный спрос на противовирусные и иммуномоду-

лирующие препараты, отмеченный в декабре 2019 года предположительно связан с эпидемическими подъемами ОРВИ и гриппа. В апреле 2020 года в Пскове более чем в 6 раз в сравнении с предыдущим месяцем выросли продажи препаратов данных групп, а также антибактериальных препаратов. На динамике продаж сказались новости об ухудшении ситуации с распространением в регионе нового патогена COVID-19, что является подтверждением данных о взаимосвязи максимумов повышения спроса на антибактериальные препараты в период распространения COVID-19 и беспокойством населения возможностью заразиться данной инфекцией.

Результатом распространения ко-инфекции среди населения городских агломераций способствовало формированию максимальной нагрузки на региональные органы здравоохранения, все это спровоцировало снижение приоритетности оказания плановой медпомощи по всем нозологиям, кроме COVID-19, усугубление ситуации с дефицитом кадров в первичном звене. Недоступность планового стационарного лечения для хронических пациентов из-за перепрофилирования больниц, перегрузка врачей в связи с дополнительной работой по вакцинации, мониторингу пациентов с COVID-19 и возросшего числа отчетов.

Согласно данным «горячей линии», по поступившим обращениям граждан, в Пскове 72,0 % пациентов приобрели антибактериальные препараты без назначений врачей (рис. 4).

Следует отметить, что по данным микробиологического обследования пациентов ГБУЗ Псковская областная клиническая инфекционная больница, установлено, что наиболее актуальными возбудителями, бактериальной ко-инфекции при COVID-19 были *Staphylococcus aureus* (6,0 %), *Streptococcus pneumoniae* (1,2 %), *Klebsiella* spp. (4,2 %), а также микроорганизмы группы ESCAPE, причем большинство госпитализированных пациентов с COVID-19 получали лечение антибиотиками широкого спектра действия. Частота бактериальных ко-инфекций среди пациентов с COVID-19 составляла 12,0 % в отделениях интенсивной терапии и 5,0 % в иных отделениях. *Klebsiella pneumoniae* выделялась при бактериальных ко-инфекциях на фоне COVID-19 в 4,2 % случаев. На рисунке 4 приведены выделенные в ОПИТ и других отделениях клинические изоляты патогенов в мае — августе 2022 г. Все штаммы, отобранные в 2021/22 г, были выделены из мокроты или из крови пациентов с COVID-19. Первичная идентификация штаммов выполнена классическим культуральным методом по фенотипическим и серологическим признакам, использовался автоматический анализатор для идентификации и антибиотико-чувствительности (Vitek2compact) и масс-спектрометрия (Vitek VS). Реидентификация и определение чувствительности

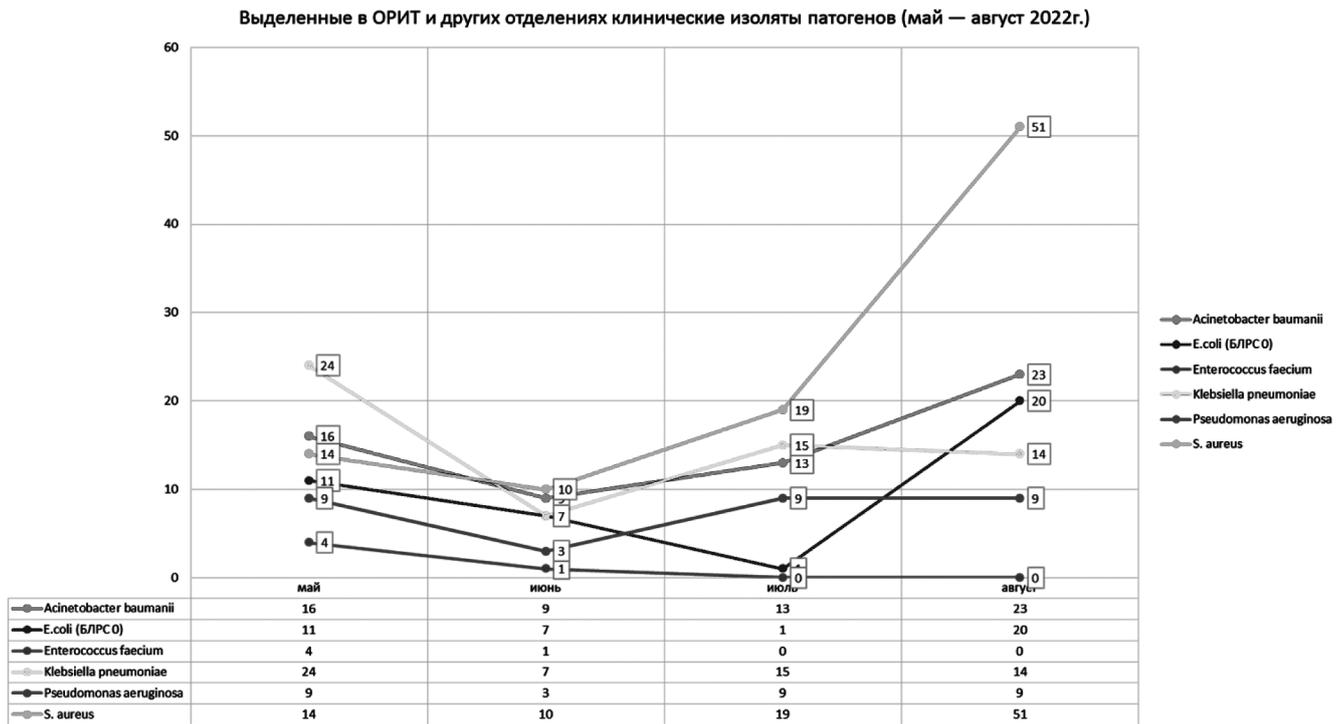


Рис. 4. Выделенные в ОРИТ и других отделениях клинические изоляты патогенов (май — август 2022 г.)

к 17 антибактериальным препаратам (ампициллину/сульбактаму, пиперациллину, цефуроксиму, цефуроксим аксетилу, цефиксиму, цефтриаксону, цефепиму, азтреонаму, меропенему, левофлоксацину, моксифлоксацину, миноциклину, тетрациклину, тигециклину, хлорамфениколу, колистину, триметоприму) выполнены на анализаторе VITEK 2 Compact (bioMerieux, Франция) с использованием диагностических карт VITEK 2 GN и AST-XN-05 в соответствии с инструкциями производителя.

Установлено, что 64 % штаммов *Klebsiella pneumoniae*, выделенные у пациентов с COVID-19 в ОРИТ, имели устойчивость к амоксициллина клавуланату, 69,0 % — к цефтриаксону, 46,0 % — к карбапенемам, 62,0 % — к фторхинолонам, 31,0 % — к аминогликозидам. Все штаммы *Klebsiella pneumoniae*, выделенные от пациентов с COVID-19 в других отделениях, сохраняли чувствительность к аминогликозидам и фторхинолонам, к карбапенемам — 92,0 %, к цефтриаксону — 59,0 %. Результаты определения чувствительности к тигециклину: 72,0 % штаммов *Klebsiella pneumoniae* чувствительны к данному АМП. Уровни устойчивости штаммов *Pseudomonas aeruginosa* к Цефтазидиму составил 72,2 %, к карбапенемам 53,0 %. Уровни устойчивости штаммов *Acinetobacter baumannii* к карбапенемам 86,6 %.

Таким образом, штаммы, выделенные от пациентов с COVID-19 в ОРИТ, характеризовались множественной устойчивостью к антибиотикам, в том числе устойчивостью высокого уровня к карбапенемам.

В результате исследования были сделаны следующие выводы:

1. Пандемия COVID-19 серьезно сказалась на использовании антибактериальных препаратов в розничном и госпитальном сегментах, объемы потребления продемонстрировали выраженный рост. По данным Государственного предприятия Псковской Области «Фармация» наиболее значительно эти изменения затронули антибиотик класса макролидов азитромицин, уровень продаж которого увеличился более чем в 61 раз по сравнению с допандемическим периодом. Сходные тенденции продемонстрировали амоксициллин, цефтриаксон и левофлоксацин.
2. Слабые меры контроля розничного отпуска антибиотиков привели к безрецептурному доступу к данной группе препаратов и созданию условий для прогрессирования антибиотикорезистентности.
3. Большинство госпитализированных пациентов с COVID-19 получали лечение антибиотиками широкого спектра действия, что формирует основания для создания антибиотико-резистентной устойчивости патогенов, распространенные в стационарах. Частота бактериальных ко-инфекций среди пациентов с COVID-19 невелика (17,0 %), поэтому избыточное назначение антибиотиков может способствовать селекции резистентных штаммов энтеробактерий и грамотрицательных неферментирующих бактерий. Наибольший уровень резистентности наблюдается в отделениях

с более интенсивным использованием антибиотиков (ОРИТ). Дальнейшее распространение подобных штаммов в госпитальной среде может значительно затруднить проведение этиотропной терапии.

4. На фоне распространяющейся антибиотикорезистентности основных возбудителей необоснованно широкое использование антибиотиков у пациентов с COVID-19 может стать важным фактором дополнительной селекции штаммов с экстремальной и полной устойчивостью.
5. Бесконтрольное применение антибактериальных препаратов в результате назначения антибиотиков при первых признаках COVID-19 и в результате отсутствия медицинских показаний назначение их при выявлении признаков данного заболевания. В одиннадцатой версии Временных методических рекомендаций Министерства здравоохранения Российской Федерации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» от 07 мая 2021 года отражены рекомендации по учету резистентности патогенов.
6. Антибиотикорезистентность патогенных микроорганизмов в условиях стационара, включая патогенов группы ESCAPE, формируется в результате

массового нерационального применения антибиотиков.

7. Нерациональное использование антибиотиков при лечении COVID-19 формируют устойчивость патогенов к антибактериальным препаратам широкого спектра действия, которые применяются, в том числе в стационарных условиях.
8. Указанные проблемы отражают лишь общие факторы развития антибиотикорезистентности в регионе, для снижения объемов потребления антибиотиков необходимо внедрение программ контроля антимикробной терапии в стационарах (СКАТ) и учет локальных данных мониторинга резистентности, в т.ч. в амбулаторной практике.

*Благодарности.* Работа выполнена без спонсорской поддержки.

*Acknowledgements.* The study was performed without external funding.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

*Conflict of interest.* The authors declare no conflict of interest requiring disclosure in this article.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пандемия COVID-19: новый виток нарастания антибиотикорезистентности. / В.Г. Акимкин, А.В. Тутельян, Н.И. Шулакова и др. // Инфекционные болезни. — 2021. — № 19(3). — С. 133–138. doi: 10.20953/1729-9225-2021-3-133-138.
2. Карноух К.И., Лазарева Н.Б. Анализ потребления антибактериальных средств на фоне пандемии COVID-19: уровень стационара. // Медицинский Совет. — 2021. — № 16). — С. 118–128. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-16-118-128>.
3. Казакова Е.В. Удовлетворенность населения программами льготного лекарственного обеспечения // Дальневосточный медицинский журнал. — 2019. — №1. — С. 71–74.
4. Данилов А.И., Жаркова Л.П. Антибиотикорезистентность: аргументы и факты // Клиническая фармакология и терапия. — 2017. — № 26 (5). — С. 6–9.
5. Козлов Р.С., Голуб А.В. Остановить темпы роста антибиотикорезистентности микроорганизмов сегодня — дать шанс на выживание человечества завтра // Проблема антибиотикорезистентности в России и пути ее решения. — 2019. — № 4 (21). — С. 310–315. doi: 10.36488/стас.2019.4.310-315.
6. Европейский стратегический план действий по проблеме устойчивости к антибиотикам // Европейский региональный комитет. — Баку, Азербайджан, 12–15 сентября 2011 г. Шестидесят первая сессия, 10 июня 2011 г. — Издание ВОЗ, 17 с.
7. Кузьмин В.Н. Антибиотикорезистентность как эпидемиологическая проблема инфекционно-воспалительных заболеваний в современных условиях. // Медицинский оппонент. — 2020. — № 3 (11). — С. 20–26.
8. Roca I., Akova M., Baquero F. The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention // New Microbes and New Infections. 2015. № 6. P. 22–29. DOI: 10.1016/j.nmni.2015.02.007.
9. <https://medvestnik.by>.
10. <https://minutkoclinic.com/blog-doktora-minutko/nado-li-prinimat-antibiotiki-prikovide>.
11. <https://www.cdc.gov/drugresistance/covid19.html>.
12. <https://isaric.tghn.org/>. Accessed March, 2023.
13. Antibiotic prescribing in patients with COVID-19: rapid review and meta-analysis. / B.J. Langford, M. So, S. Raybardhan, et al. // Clin Microbiol Infect. — 2021. — № 1. — С. 18. doi: 10.1016/j.cmi.2020.12.018
14. Синопальников А.И. Пандемия COVID-19 — «пандемия» антибактериальной терапии // КМАХ. — 2021. — № 1. — С. 5–15.
15. Карноух К.И., Лазарева Н.Б. Анализ потребления антибактериальных средств на фоне пандемии COVID-19: уровень стационара. // Медицинский Совет. — 2021. — № 16). — С. 118–128. doi: 10.21518/2079-701X-2021-16-118-128.

© Иванова Наталья Владимировна (zdravuniver@inbox.ru); Бугеро Нина Владимировна (bugero@mail.ru); Повторейко Анастасия Викторовна (pskoblinfect@zdrav.pskov.ru); Ильина Наталья Анатольевна (n-ilina@mail.ru); Сливинский Дмитрий Сергеевич (dmitriy.slivinskiy@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ФУНКЦИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЯ

## AN INTRUSION DETECTION SYSTEM BASED ON AN ENSEMBLE-BASED FEATURE SELECTION PROCESS

**A. Alshaibi**  
**M. Al-Ani**  
**A. Al-Azzawi**  
**A. Konev**

*Summary.* The article analyzes software that provides security monitoring and real-time threat detection. It is shown that most of the methods have a large intrusion detection time due to the high traffic noise. A new method for selecting intrusion signs based on obtaining information, its classification and creating options using the particle swarm method is proposed. This method consists in a preliminary selection of sample groups characteristic of various invasion methods. Based on this method, a technological scheme for intrusion detection and a platform for pre-configuring an intrusion detection detector for the main groups of intrusions and attacks are proposed. Experimental data comparing the proposed method with the reference method without assembly showed its efficiency almost two times higher. In conclusion, it is noted that the possibility of using this method in the field of cloud computing. The high classification accuracy of ensemble classifiers compared to a single machine learning algorithm for detecting IDS in the cloud shows great promise for this method.

*Keywords:* information protection, security, monitoring, intrusion detection, network anomalies, anomaly assembly.

**Алшаиби Ахмед Джамал**  
аспирант, Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
ahmed.jamal.alshaibi88@gmail.com

**Аль-Ани Мустафа Мажид**  
аспирант, Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
safo.alany@gmail.com

**Аль-Азави Абир Ясин**  
аспирант, Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
abeerda89@gmail.com

**Конев Антон Александрович**  
к.т.н., доцент, Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
kaa@fb.tusur.ru

*Аннотация.* В статье анализируется программное обеспечение, которое предоставляет возможности мониторинга безопасности, и обнаружения угроз в режиме реального времени. Показано, что большинство методов обладают большим временем обнаружения вторжения из-за большой зашумленности трафика. Предложен новый метод выбора признаков вторжения на основе получения информации, ее классификации и создания опций по методу роя частиц. Этот метод заключается в предварительной подборке эталонов групп, характерных для различных методов вторжения. На основе этого метода предложена технологическая схема обнаружения вторжения и платформа для предварительной настройки детектора обнаружения вторжения на основные группы вторжений и атак. Экспериментальные данные сравнения предложенного метода с эталонным методом без ассемблирования показали его эффективность выше почти в два раза. В заключение отмечается, возможность применения данного метода в сфере облачных вычислений. Высокая точность классификации ансамблевых классификаторов по сравнению с единым алгоритмом машинного обучения для обнаружения IDS в облаке показывает большие перспективы этого метода.

*Ключевые слова:* защита информации, безопасность, мониторинг, обнаружение вторжения, сетевые аномалии, ассемблирование аномалий.

### Введение

Одна из основных проблем исследования безопасности, с которыми сталкиваются традиционные методы системы обнаружения вторжения (Intrusion Detection System — IDS) заключается в их неспособности обрабатывать большие объемы сетевых данных и обнаруживать современные кибератаки с высокой точностью обнаружения и низким уровнем ложных срабатываний [1–3]. Следовательно, существует потребность в эффективных и надежных схемах IDS, которые могут справиться с этими постоянно меняющимися парадигмами кибербезопасности [4, 5, 6]. Таким образом, методы машинного обучения становятся очень

популярными в разработке современных систем обнаружения вторжений [7, 8, 10].

Алгоритмы машинного обучения широко используются для вторжений обнаружения [11–14]. Однако исследования доказали, что производительность нескольких классификаторов на основе IDS намного лучше, чем один классификатор IDS, что побудило разработать ансамблевую модель обнаружения вторжений.

### Материалы и методы

В статье предлагается новый метод на основе выбора подбора функций, которые в дальнейшем могут быть ис-

пользованы для обнаружения вторжения. Тестирование набора производится на основе выбора эталонных наборов данных CICIDS-2017, предоставленном Университетом Нью-Брансуика [9].

### Выбор функций с использованием методов машинного обучения

Выбор признаков — важный шаг, на котором используются классификаторы машинного обучения для процесса обнаружения вторжений и распознавания образов.

Алгоритмы выбора признаков классифицируются на три группы, а именно фильтр, оболочка и гибрид (рис. 1).



Рис. 1. Предлагаемый подход к выбору признаков на основе ансамбля

Предлагаемый метод выбора признаков использует три метода выбора признаков:

- выбора признаков на основе получения информации;
- характеристика на основе корреляции;
- метод оптимизации роя частиц для создания лучшего подмножества функций.

Каждый из этих методов генерирует подмножество наилучших возможных функций, используя образец набора данных, который был создан после фильтрации данных и нормализации данных.

### Платформа обнаружения вторжений для обнаружения сетевых аномалий на основе ансамбля

В этом подразделе представим платформу, основанную на ансамбле схем обнаружения вторжения для сети (Рис 2).

Модуль выбора признаков на основе ансамбля использует три метода машинного обучения для создания отдельных подмножеств функций. Эти три отдельных

подмножества функций дополнительно объединяются с использованием метода объединения подмножеств и оптимальное подмножество признаков на основе ансамбля для набора данных.

Был подготовлен набор данных, состоящий из восьми файлов, всего 2830743 записи. Каждая запись описывается 78 признаками. Это помеченный набор данных при этом каждая запись помечена как доброкачественная или как одна из атак из четырнадцати категорий угроз.

Поскольку набор данных был создан путем захвата сетевых данных из различных источников, он состоит из зашумленных и избыточных данных, которые нужно фильтровать вначале во избежание ошибок на точность обнаружения. Для этого была произведена фильтрация данных. В результате были подобраны наборы, которые являются характерными для определенных видов атак (таблица 1).

Таблица 1.

Наборы записей после фильтрации

Класс набора записей	Общее количество записей
Доброкачественное	188 955
Бот	1956
DDoS-атаки	99 999
Портскан	158 800
Веб-атака BruteForce	1 507
Веб-атака — XSS	652
Веб-атака — SQL-инъекция	21
FTP — Пататор	7 935
SSH — Пататор	5 897
DoS Slowloris	5796
DoS Slowhttptest	5 499
DoS Goldeneye	10 293
Всего записей	576 061

По наборам, данным в результате подбора, основанного на основании нейро-сетевых алгоритмов были подобраны наборы, характерные для данного вида атак., которые представлены в таблице 2. Эти выбранные функции, основанные на ансамбле, обеспечивают представления набора данных CICIDS-2017, и они будут использованы для предлагаемого ансамбля схемы обнаружения вторжений.

В таблице 3 показано сравнение между тремя отдельными методами и особенностями ансамбля.

Можно заметить, что хотя производительность модели с 27 функций IG и 17 функций ансамбля одинаковы, важно отметить здесь, что количество функций для



Рис. 2. Предлагаемый выбор функций ансамбля и платформа обнаружения сетевых вторжений на основе ансамбля

IG намного больше, чем функции на основе ансамбля. Следовательно, мы достигли той же точности, используя функцию на основе ансамбля.

Таблица 2.

Наборы записей после фильтрации

Номер набора функции	Название набора функции
1	Назначение — порт
7	Макс. длина пакета вперед
11	Макс. длина пакета назад
12	Минимальная длина пакета
13	Средняя длина пакета
18	Поток IAT Std
19	Расход IAT Макс
24	Передний IAT Макс
37	Максимальная длина пакета
38	Средняя длина пакета
39	Стандартная длина пакета
40	Разница в длине пакета
49	Средний размер пакета
51	Средний размер сегмента BWD
56	Init_Win_bytes_forward
57	Init_Win_bytes_backward
59	Min_seg_size_forward

Таблица 3.

Сравнительные результаты методов Feature Selection для CICIDS — 2017

FS метод	Acc	Точность	Вызов	F-среднее	MCC
IG — 27 функций	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
CFS — 21 функций	0.982	0.982	0.982	0.981	0.987
PSO — 13 функций	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
Ансамбль из 17 функций	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997

Таким образом, мы утверждаем, наш подход FS, основанный на ансамбле, работает лучше, чем автономная индивидуальная функция схемы отбора.

В Таблице 4 и Таблице 5 представлены общие характеристики модели ансамбля для набор данных CICIDS-2017 с исходным набором признаков из 68 и уменьшенным набором функций из 17 функций, сгенерированных с использованием предложенного нами ансамблевого метода FS. Мы наблюдаем из чисел в обеих этих таблицах, точность для нашей модели ансамбля такая же, что и для трех базовых классификаторов. Таким образом, предлагаемый ансамбль IDS на основе схемы с методом выбора признаков на основе ансамбля (17 признаков), имеет высокие результаты производительности на наборе дан-

ных CICIDS — 2017. Эти результаты так же хороши, как и при использовании полного набора функций (68 функций) в предложенной схеме. Это наблюдение приводит нас к выводу, что использование нашего ансамблевого алгоритма выбора признаков, уменьшает многомерность базы данных CICIDS — 2017 без ущерба для параметров производительности.

Однако отметим, что, когда KNN используется в качестве единого классификатора для модели IDS, точность значения F-Measure и MCC довольно низкие по сравнению с предложенной нами схемой IDS на основе ансамбля.

Таблица 4.

Общая производительность модели ансамбля с набором данных CICIDS2017 (68 функций)

Классификатор	Асс	Точность	Вызов	F-среднее	MCC
C4.5	0.997	0.997	0.997	0.997	0.996
Random Forest	0.997	0.987	0.987	0.997	0.987
KNN	0.997	0.829	0.994	0.878	0.884
Ensemble	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997

Таблица 5.

Общая производительность модели ансамбля с набором данных CICIDS2017 (17 функций)

Классификатор	Асс	Точность	Вызов	F-среднее	MCC
C4.5	0.997	0.997	0.997	0.997	0.996
Random Forest	0.997	0.987	0.987	0.997	0.987
KNN	0.995	0.831	0.995	0.827	0.836
Ensemble	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997

Предлагаемая модель IDS на основе ансамбля реализована с использованием набора данных. Можно с уверенностью утверждать, что точность обнаружения IDS для предлагаемого ансамбля обеспечивает сравнимую точность обнаружения с меньшим, лучшим качеством подмножества признаков информативного ансамбля.

Время, затрачиваемое моделью IDS без выбора признаков, намного больше, из-за зашумленности данных. Однако модель IDS занимает почти половину времени, когда осуществляется выбор признаков. Это одно из нескольких преимуществ выбора признаков, поскольку это улучшает время, необходимое для обнаружения вторжений.

Без выбора признаков обнаружение осуществляется 839,63 секунды, с выбором признаков ансамбля — 466,78 секунды.

### Выводы

В работе были выявлены три основные проблемы в области обнаружения вторжений:

- отсутствие использования ансамблевых методов для решения задачи выбора признаков, связанной с высокой размерностью наборов данных IDS.
- алгоритмы машинного обучения с одним классификатором, которые приводят к слабому классификатору и следовательно, отрицательно влияют на производительность модели IDS.
- чрезмерное использование традиционных эталонных наборов данных IDS в отсутствие современных общедоступных наборов данных проверки IDS, которые могут привести к вводящей в заблуждение оценке производительности IDS, поскольку старые наборы данных не содержат недавние атаки или современную топологию сети.

Эти пробелы в существующих исследованиях IDS были устранены следующим образом.

Были предложена, разработана и внедрена схема наборов базовых признаков ансамбля наборов данных CICIDS-2017 [9], которая используется для объединения трех методов выбора отдельных признаков: получение информации, выбор функций корреляции и оптимизация наборов методом роя частиц.

В результате проделанных экспериментальных исследований было показано, что, используя предложенную схему ансамбля 17 функций, сгенерированных нашим ансамблевым методом, дают такую же высокую точность, как и у каждого из отдельных методов, использующих более высокое количество признаков по сравнению с нашей схемой. Таким образом, модель IDS, созданная с использованием функции ансамбля имеют меньшее вычислительное время по сравнению с одиночной схемой. Кроме того, показано, что важность методов выбора признаков на основе ансамбля для уменьшения размерности усиливается на основе экспериментального результата.

При проведении исследований применялся последний доступный набор данных, который представляет сетевая настройка текущего времени, а также охватывает новейшую сложную сеть угроз, что делает его идеальным набором данных для оценки производительности IDS.

Обнаружение вторжений не только ограничивается традиционными сетями, но также играет значительную роль в современных корпоративных сетях, таких как сети облачных вычислений. Совместная IDS с корреляцией предупреждений предлагает лучшую облачную среду безопасности, чем автономные IDS. Кроме того, мы также предложили платформу обнаружения вторжения для облака. Предполагается развитие ассемблированного подхода к обнаружению в облачной архитектуре, как расширение нашего текущего предложенного метода

на будущее. Высокая точность классификации ансамблевых классификаторов по сравнению с единым алгоритмом машинного обучения для обнаружения IDS в облаке показывает большие перспективы этого метода.

Подход, представленный в данной работе, является надежным и использует методы на основе фильтров, а именно получение информации, выбор корреляционных признаков и оптимизацию роя частиц. Мы считаем, что в будущем есть много возможностей для изучения схемы на основе ансамбля для набора данных, направ-

лены на создание подходов, которые являются надежными и генерируют ранжирование функций для лучших подмножеств функций выбранных наборов данных IDS. Ансамбльный подход, использующий комбинацию методов на основе фильтров и встроенных методов выбора признаков могут стать еще одной областью для дальнейшего изучения в будущем, чтобы построить оптимизированные подмножества функций для набора данных.

Кроме того, при ансамблевой схеме обнаружения вторжений выбор базы классификаторов очень важны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ALJAWARNEH S., YASSEIN M. B., AND ALJUNDI M., An enhanced j48 classification algorithm for the anomaly intrusion detection systems, *Cluster Computing*, 22, (2019), pp. 10549–10565.
2. ALLOGHANI M., AL-JUMEILI D., MUSTAFINA J., HUSSAIN A., AND ALJAAF A. J. A systematic review on supervised and unsupervised machine learning algorithms for data science, *Supervised and Unsupervised Learning for Data Science*, (2020), pp. 3–21.
3. Alshaibi A.J., Al-Ani M.M., Kadum J. The effect of integration and effectiveness of artificial neural networks on information security tasks // *AIP Conference Proceedings* 2591 (1)
4. Alshaibi, Ahmed, Mustafa Al-Ani, Abeer Al-Azzawi, Anton Konev, and Alexander Shelupanov. 2022. "The Comparison of Cybersecurity Datasets" *Data* 7, no. 2: 22.
5. CUI Z., CHANG Y., ZHANG J., CAI X., AND ZHANG W. Improved NSGA-III with selection-and-elimination operator, *Swarm and Evolutionary Computation*, 49 (2019), pp. 23–33.
6. Jamal A.A., Majid A.A.M., Konev A., Kosachenko T., Shelupanov A. A review on security analysis of cyber physical systems using Machine learning // *Materials Today: Proceedings* 80, 2302-2306
7. JIANG M AND XU X., Application and performance analysis of data preprocessing for intrusion detection system, in *International Conference on Science of Cyber Security*, Springer, 2019, pp. 163–177.
8. Majid A.A.M., Alshaibi A.J., Kostyuchenko E., Shelupanov A. A review of artificial intelligence based malware detection using deep learning // *Materials Today: Proceedings* 80, 2678–2683
9. Nagar, U, Nanda, P & He, X Feature Analysis and Ensemble-based Intrusion Detection Scheme using CICIDS — 2017 dataset. (Submitted to Wiley, *Concurrency and Computation Practice and Experience Journal*.)
10. Байгутлина И.А., Замятин П.А. Геоинформационные технологии, киберспорт и кибербезопасность // *Славянский форум*. 2021. № 2 (32). С. 316–326.
11. Будаковский Д.В., Козин Е.А., Петраки А.В., Кондратеня К.А. Методы автоматизации поиска утечек информации в сети интернет // *Наука и бизнес: пути развития*. 2020. № 6 (108). С. 108–110.
12. Булгаков С.В., Ковальчук А.К., Цветков В.Я., Шайтура С.В. *Защита информации в ГИС* — М.: МГТУ им. Баумана, 2007.
13. Голкина Г.Е., Шайтура С.В. *Безопасность бухгалтерских информационных систем* — Учебное пособие — Бургаз, 2016
14. Кокорева Л.А., Шайтура С.В. *Безопасность платежных систем России* // *Славянский форум*. — 2015. — № 1 (7) — с. 92–100.

© Алшаиби Ахмед Джамал (ahmed.jamal.alshaibi88@gmail.com); Аль-Ани Мустафа Мажид (safo.alany@gmail.com); Аль-Азави Абир Ясин (abeerda89@gmail.com); Конеv Антон Александрович (kaa@fb.tusur.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ПРИЗЫВНИКОВ В ВОЕННОМ КОМИССАРИАТЕ

**Амонов Амир Хаатович**

Финансовый университет при Правительстве  
Российской Федерации, г. Москва  
amov99@yandex.ru

**Демидов Лев Николаевич**

к.т.н. доцент, Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации г. Москва  
LDemidov@fa.ru

### AUTOMATION OF REGISTRATION OF CONSCRIPTS IN THE MILITARY COMMISSARIAT

**A. Amonov  
L. Demidov**

*Summary.* This article discusses the development and implementation of a new promising information system for maintaining military records in the military commissariat. The existing methods and technologies underlying such systems are analyzed, as well as the possibilities, requirements and prospects for their application and development are considered.

*Keywords:* information systems, databases, conscription, recruitment criteria, automation of registration of conscripts in the military commissariat, business processes, components of the methodology of military accounting, unified register of conscripts, military accounting system.

#### Введение

На данный момент времени призыв на военную службу граждан Российской Федерации представляет собой целый комплекс работ и различных мероприятий, направленных на обеспечение пополнения людскими ресурсами Вооруженных Сил Российской Федерации, согласно федеральному закону «О воинской обязанности и военной службе». В связи с проведением Специальной Военной Операции (далее — СВО) проводимой Российской Федерацией на территории бывшей Украинской Советской Социалистической Республики, ныне — Украине, осенью в 2022 году, президентом Российской Федерации Владимиром Владимировичем Путиным был подписан закон о начале частичной мобилизации военнообязанных россиян. Данное решение было очень тяжелым, но вынужденным и крайне необходимым для решения пополнения рядов действующей армии и сил на СВО. Одна из целей частичной мобилизации являлась поставить в строй триста тысяч человек за ограниченный промежуток времени. Спустя некоторое отведенное на это время, военные комиссариаты выполнили данную задачу, но в момент выполнения мероприятия, были выявлены проблемы в механизмах государственных институтов и российской армии.

Актуальность данной проблемы очень высока, так как одна из проблем связана с критериями подбора мобилизованных граждан на воинскую службу. Президен-

*Аннотация.* В данной статье рассматривается разработка и внедрение новой перспективной информационной системы для ведения воинского учета в военном комиссариате. Анализируются существующие методы и технологии, находящиеся в основе таких систем, а также рассматриваются возможности, требования и перспективы их применения и развития.

*Ключевые слова:* информационные системы, базы данных, призыв на военную службу, критерии подбора мобилизованных, автоматизация учета призывников в военном комиссариате, бизнес-процессы, компоненты методики воинского учета, единый реестр призывников, система воинского учета.

том и Министром Обороны было сказано, что частичной мобилизации подлежат: военнообязанные в воинском звании: рядовой — до 35 лет. Как показала практика в осуществлении данного мероприятия были допущены нарушения и ошибки в этом деле, военкоматы призывали всех подряд, то есть на призыв попали те, кто находится на воинском звании: рядовой до 50 лет, тем самым нарушая приказ «сверху», а также людей с хроническими заболеваниями, ограниченно годных к военной службе, многодетных отцов, выпускников военных учебных центров (ранее — военных кафедр), которые не подлежали призыву на военную службу в данной ситуации.

Из-за ошибок, которые происходят в начале процесса распределения призывников и военнообязанных в соответствии с критериями отбора, такими как: тест по профессионально психологическому отбору и военно-врачебная экспертиза, из них вытекают следующие проблемы с последующими функциями, такими как: распределения в не те рода войск или военно-учетные специальности. А плохое информационное обеспечение ведет к тому, что те поставленные задачи перед военными комиссариатами, будут ошибочны при выполнении, поэтому стоит отметить, что самое отличное решение будет ввести единую систему реестров всех граждан, находящихся в запасе.

Автоматизация учета призывников в военном комиссариате — это система, которая позволяет сократить

время на обработку информации и уменьшить количество ошибок в процессе учета и контроля за призывниками. Для автоматизации учета призывников в военном комиссариате обычно используются специализированные программные продукты, которые позволяют:

- создавать электронные базы данных о призывниках;
- вести учет всех этапов воинской подготовки призывников;
- формировать списки призывников по различным критериям;
- генерировать отчеты и документы для органов власти и управления.

Автоматизация учета призывников упрощает и ускоряет процесс обработки информации, позволяет быстрее реагировать на изменения в правовой и организационной сфере, а также повышает качество контроля за призывниками.

Однако, необходимо учитывать, что автоматизация учета призывников требует наличия квалифицированного персонала, который сможет профессионально работать с программными продуктами, а также гарантировать защиту персональных данных призывников.

Целью статьи является обоснование и разработка способа улучшения работы воинского учета с помощью ИТ-решения, которое позволит разработать или внедрить технологию для решения данной задачи.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является — Отдел военного комиссариата по работе с призывниками.

Предметом исследования являются бизнес-процессы, связанные с организацией и выполнением работы с призывниками.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проведение анализа теоретических основ и подходов совершенствования процесса автоматизации воинского учета в военных комиссариатах;
- проведение анализа проблем процесса воинского учета, возможности его совершенствования, а также проблемы и возможности совершенствования поддержки процесса со стороны ИТ;
- проведение анализа опыта внедрения аналогичных решений за рубежом;
- проведение бизнес-анализа процессов, функционирующих в структуре военного комиссариата;
- разработка концепции ИТ-решения для работы с воинским учетом;
- разработка проекта разработки и внедрения ИТ-решения и расчет его экономической эффективности;

- проведение оценки эффективности предлагаемого способа улучшения процесса воинского учета.
- Разработанное программное средство позволит решать следующие задачи:
  - хранить, обрабатывать и анализировать информацию о гражданах, подлежащих призыву на срочную службу в мирное время и в случае мобилизации в военное время;
  - обеспечивать военных комиссаров, командиров и начальников отчетами с данными о военнослужащих и служащих, необходимыми для принятия решений по их служебному использованию;
  - обеспечивать военных комиссаров, командиров и начальников всех степеней данными о штатной и списочной численности личного состава соединений, воинских частей и учреждений, для принятия решений о порядке их укомплектования, подготовки резервов и восполнения потерь, материально-технического обеспечения;

Разработанное программное средство позволит:

- сократить время на документальное оформление сведений воинского учета о гражданах, состоящих на воинском учете;
- выполнять анализ количественного состава и качественного состояния призывных и мобилизационных людских ресурсов для их эффективного использования в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства;
- автоматизировать плановую работу по подготовке необходимого количества военно-обученных граждан по военно-учетным специальностям, пребывающих в запасе, для обеспечения мероприятий по переводу Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов с мирного на военное время, в период мобилизации и поддержание их укомплектованности на необходимом уровне в военное время.

В последние годы военные комиссариаты все более активно используют современные методы работы с призывниками. Среди них можно выделить такие:

1. Использование электронных баз данных. [1] С помощью современных электронных систем военные комиссариаты могут получить полную информацию о призывнике: его медицинское состояние, уровень образования, профессиональные навыки и другие важные параметры. Это позволяет более точно определять, кем и в каком объеме нужно замещать военную службу. [2]
2. Использование программного обеспечения для учета призывников. Специализированное программное обеспечение позволяет вести эффективный учет и контроль за призывниками на протяжении всего периода их службы, а также

контролировать исполнение ими своих обязанностей и соблюдение установленных требований.

3. Организация онлайн-консультаций. На сайтах военных комиссариатов публикуются ответы на часто задаваемые вопросы, а также организуются онлайн-консультации, где призывники могут получить подробную информацию о военной службе и своих правах и обязанностях.
4. Использование социальных сетей. Военные комиссариаты создают социальные страницы и группы, где они могут оперативно обмениваться информацией с призывниками и отвечать на их вопросы.
5. Организация групповых занятий и тренингов. В некоторых военных комиссариатах проводятся тренинги и обучающие мероприятия для призывников, которые помогают им адаптироваться к условиям военной службы и повысить свои профессиональные навыки.

Все это применяется для осуществления взаимосвязанных процессов, которые олицетворяют собой методику воинского учета. Таким образом для полноты исследования рассмотрим существующую методику воинского учета.

«Методика воинского учета — это система документации, которая позволяет вести учет призывников и солдат на протяжении всего периода их службы.[3] Она является важнейшим инструментом для руководства военных комиссариатов и воинских частей, позволяющим контролировать выполнение призывниками своих обязанностей и соблюдение правил военной службы».

Основные компоненты методики воинского учета:

1. Личные дела призывников и солдат. В них содержится информация о призывнике, его образовании, здоровье, семейном положении, трудовой деятельности и других важных параметрах. Личные дела ведутся на электронных и на бумажных носителях и должны храниться на протяжении всей жизни человека.
2. Журналы приема и учета призывников подразделяются на журналы приема на военную службу и журналы учета призывников на службе. В них фиксируется всё, что касается военной службы призывника: даты комиссии, результаты медосмотра, мероприятия, проведенные в период подготовки к службе и т.д.
3. Журналы учета движения личного состава, как раз в этих журналах фиксируются изменения в составе войск, перемещения, направления на различные виды работ и т.д.
4. Различные отчеты и статистические данные, которые позволяют отслеживать динамику воинского состава, выявлять проблемы и принимать необходимые меры.

Все эти компоненты методики воинского учета помогают организовать эффективный воинский учет и контроль за выполнением военкоматами своих обязанностей, а также руководить мобилизационной готовностью в случае команды. [4]

1 ноября 2022 года, на круглом столе комитета Совета Федерации по обороне и безопасности о цифровой трансформации военных комиссариатов, заместитель начальника главного организационно-мобилизационного управления (ГОМУ) Генштаба ВС РФ Сергей Поборохин рассказал о продвижении работы по цифровизации деятельности военкоматов. Хоть и цифровизация идёт полным ходом, военкоматы полностью не перешли на новые системы, так как переход на новую методику имеет в себе большой промежуток времени и за короткие сроки изменить процессы постановок не представляется возможным.

### Решения и примеры

Процесс реализации системы воинского учета является ключевым при внедрении автоматизированной информационной системы для грамотного и эффективного учета граждан военного возраста в Российской Федерации. Программа учета граждан, обладающих воинским возрастом и подготовке призывных списков, имеет огромное значение для управления гражданским населением и готовности страны к возможности боевых действий. Система воинского учета обеспечивает облегчение и упорядочение обработки информации, связанной с призывом граждан на военную службу, представляет собой действенный инструмент для повышения эффективности работы комиссариата. В результате этого процесса система способствует улучшению качества управления и защите гражданских прав с помощью легкости доступа, быстрой обработки данных и точной информации в нужное время.

Выбор внедряемой системы воинского учета должен быть обоснован следующим образом:

- автоматизация учета призывников должна повысить эффективность работы военного комиссариата, сократить время на обработку данных и устранить возможность ошибок, что может повлиять на законность их действий;
- система должна обеспечивать высокую защиту от несанкционированного доступа к базе данных и надежную защиту личной информации призывников и сотрудников военкомата;
- система должна обеспечивать возможность проведения обслуживания и администрирования в ближайшее время и с минимальными затратами на сопровождение;
- система должна быть доступной и простой в работе, адаптированной для сотрудников военного

комиссариата с разным уровнем компьютерной грамотности, не теряя при этом фундаментальных функций;

- система должна обеспечивать выполнение всех задач, связанных с учетом и отслеживанием данных призывников, а также быть гибкой и расширяемой для внесения изменений в будущем;
- систему воинского учета следует выбирать на основе отзывов от предыдущих пользователей, показаний на сайтах-агрегаторах и предпочтений устройств, которые нужно обеспечить.

#### Перспективы развития

«Единый реестр призывников», который будет в системе, должен работать на защищенных каналах связи, чтобы никто из третьих лиц не мог получить доступ к информации об призывниках, положение серьезное, но требующее особого контроля в области информационной безопасности.

Реестр должен работать в режиме онлайн 24 часа в сутки, так как Российская Федерация имеет в себе не-

сколько часовых поясов. Однако, здесь имеется две стороны медали, поэтому можно эту сеть разделить на военные округа — рисунок 1, что даст более мобильную систему, которая будет избегать столь высоких нагрузок, и ей никак нельзя будет помешать в работе.

Наглядно, такое разделение позволит вести учет граждан запаса, более удобно и корректно, что позволит контролировать запас граждан, и вывести отчет для командующих военных округов за короткое время. Время — это самое важное, что необходимо при выполнении данных мероприятий в военное время.

Улучшенный и удобный интерфейс усилит и ускорит работу. Коммуникация между сотрудниками отделов внутри воинского комиссариата, будет находиться внутри системы. Нужные формы будут храниться в базах данных системы [12]. Личные данные граждан, состоящих на учете, или подлежащих призыву будут находиться в структурированной и легко понятной на глаз программе. Также внешняя связь с другими комиссариатами, которые будут объединены в одну сеть, то есть коммуникация и доступ к базе или так называемого:

## Военные округа

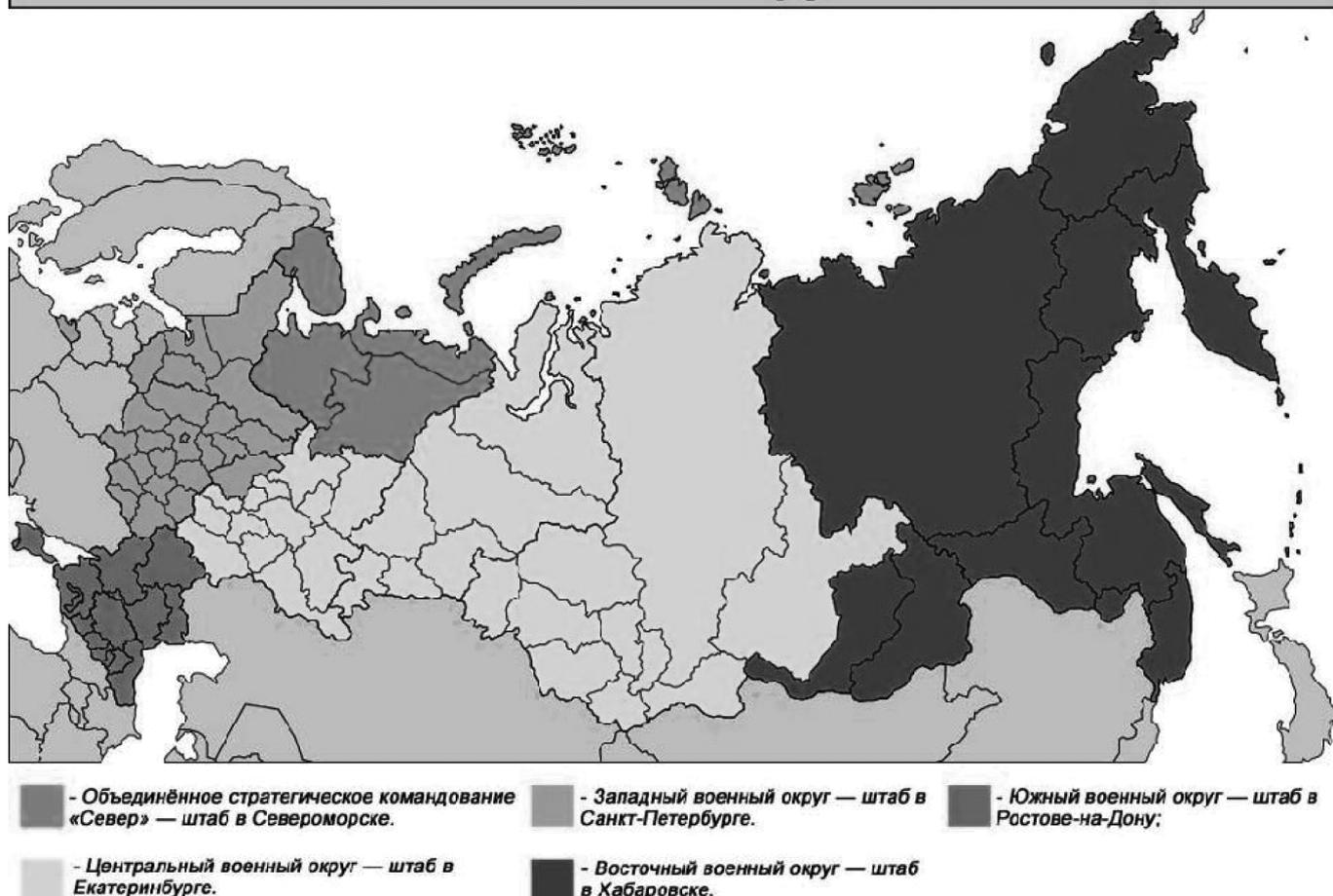


Рис. 1. Военные округа Российской Федерации

«единого реестра призывников», будет доступна сотрудникам военкомата, что придаст новые возможности для решения задач в случае каких-то частных вопросов, например об изменении прописки гражданина и постановки с одного военкомата в другой, или в случае мобилизации или военного положения, удобство в использовании Генеральным Штабом Российской Федерации сведений о количестве граждан прибывающих в запасе.

Система воинского учета должна соответствовать следующим требованиям:

- Необходимо осуществлять учет данных о гражданах, обследовании, прохождении медицинской комиссии и других процедур в соответствии со стандартами, установленными законодательством. Система должна иметь возможность формировать призывные списки и призывные планы, выдавать уведомления призывникам и действовать в соответствии с законодательством.
- Система должна иметь простой и понятный интерфейс для работы сотрудников комиссариата. Также важным является хранение данных в защищенном режиме, выполнение работы системы без задержек и сбоев, а также возможность получения надежной, полной и оперативной информации о гражданах в любое время.
- Необходимо следить за безопасностью данных и обеспечить возможность гибкого управления правами доступа и контролировать действия операторов системы.
- Система должна быть масштабируемой и гибкой, чтобы обеспечить изменения в процессе деятельности комиссариата в будущем.
- Система должна иметь возможность интеграции с другими системами, такими как системы медицинских учреждений, системы Центра занятости населения, и т.д.
- Система должна быть доступной и работать в режиме 24/7, обладать необходимой скоростью

и мощностью обработки данных, а также максимально сокращать время обработки запросов.

### Заключение

В результате реализации внедрения системы автоматизированной постановки граждан на воинский учет в военном комиссариате было достигнуто следующее:

Улучшение процесса постановки граждан на воинский учет: введение единой системы учета, позволило оптимизировать процесс постановки граждан на учет, ускорить сбор и обработку данных, сократить время регистрации призывников и снизить количество ошибок в учетных документах.

Улучшение качества и точности данных: автоматизация процесса позволила снизить вероятность ошибок и улучшить качество данных. Система также обеспечивает более точное и быстрое формирование отчетности, что позволяет управляющему персоналу принимать более обоснованные решения.

Улучшение доступности и надежности данных: система автоматизированной постановки граждан на воинский учет обеспечивает хранение и обработку данных в единой базе данных, что облегчает доступность данных и повышает надежность хранения и обработки.

Сокращение времени, затрачиваемого на обработку и анализ данных: благодаря автоматизированному процессу обработки и анализа данных, управляющий персонал может сократить время на выполнение этих задач и сконцентрироваться на других задачах, что способствует повышению производительности и эффективности работы.

Таким образом, внедрение системы автоматизированной постановки граждан на воинский учет позволит существенно улучшить процесс работы военного комиссариата, снизить количество ошибок, сократить время обработки данных и улучшить качество и доступность данных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев А.Ю. «Автоматизация информационного обеспечения управления предприятиями». Москва: Инфра-М, 2017.
2. Кобзарь, А.И. Введение в анализ данных с использованием R. М.: ООО «Бином», 2015.
3. Богданова Н.В. «Методы анализа и интерпретации данных». Москва: Издательский дом «ЛКИ», 2018.
4. Ларионова Е.Ю., Блинов В.И. «Программное обеспечение для визуализации данных: обзор рынка и анализ существующих решений». Информатика и ее применения, 2019, т. 13, № 4, с. 76–83.
5. Смольянинова Ю.Ю. «Использование методов структурирования и визуализации данных в управлении проектами». Экономические науки, 2018, т. 23, № 2, с. 86–92.
6. Wickham, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer, 2016.
7. Abdi, H. «Visualization of Multivariate Data Using R and Exploratory Data Analysis (EDA)». CRC Press, 2018.
8. Keim, D.A., Andrienko, G., Fekete, J.D., et al. «Visual Analytics: Definition, Process, and Challenges». Springer, 2008.
9. Witten, I.H., Frank, E., Hall, M.A. «Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques». Morgan Kaufmann, 2016.
10. K. Cios, W. Pedrycz, and R. Swiniarski, Data Mining Methods for Knowledge Discovery, Springer, 2018.
11. J. Heer and M. Bostock, «Designing and Building Data Visualizations», ACM Transactions on Computer-Human Interaction, vol. 20, no. 3, article 21, Sep. 2013.
12. Tableau Software, «Tableau: Business Intelligence and Analytics Software», [Online]. Available: <https://www.tableau.com/>. [Accessed: 11-Mar-2023].

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Атаманенко Вадим Александрович**

Начальник отдела автоматизации учёта, Freedom Life  
Atamanenko.v@gmail.com

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS THE BASIS FOR CREATING A NEW GENERATION OF FINANCIAL SERVICES

**V. Atamanenko**

*Summary.* Over the past decade, there has been a global introduction of technologies based on artificial intelligence in the economy. The financial services sector is no exception. So, now various robot assistants and chatbots for clients of banks, insurance, brokerage companies and other entities operating in the financial markets are something commonplace. While ten years ago such interaction of financial market participants was seen as something impossible. The modern financial services market is focused on the rapid introduction of artificial intelligence, and financial services companies are trying to adapt their projects to fundamentally new artificial intelligence technologies — new generation technologies: three-dimensional avatars, machine vision, speech and text analysis, technologies that allow users to «read» emotions by their behavior and respond to them with appropriate actions and recommendations in the field of finance.

At the same time, the ill-considered use of artificial intelligence technologies can unwittingly lead to discrimination of certain groups — users of financial services, if we are talking about applications that automatically process customer data and, based on this data, formulate, for example, statistics, information about solvency, financial stability, etc. The solution to the problem can only be an approach based on a well-thought-out data set that allows you to exclude or minimize errors in the selection of data for artificial intelligence training that arise due to the human factor.

*Keywords:* artificial intelligence, data processing, neural network training, machine learning, learning algorithms.

*Аннотация.* В течение последнего десятилетия в экономике наблюдается глобальное внедрение технологий, основанных на искусственном интеллекте. Сектор финансовых услуг не является тому исключением. Так, в настоящее время различные роботы-помощники и чат-боты для клиентов банков, страховых, брокерских компаний и иных субъектов, функционирующих на финансовых рынках, являются чем-то обыденным, в то время как еще десять лет назад такое взаимодействие участников финансового рынка виделось невозможным. Современный рынок финансовых услуг ориентирован на стремительное внедрение искусственного интеллекта, а компании, предоставляющие финансовые услуги, стараются адаптировать свои проекты под принципиально новые технологии искусственного интеллекта — технологии нового поколения: трехмерные аватары, машинное зрение, анализ речи и текста, технологии, позволяющие «читать» эмоции пользователей по их поведению и реагировать на них соответствующими действиями и рекомендациями в области финансов.

Вместе с тем, непродуманное использование технологий искусственного интеллекта может невольно привести к дискриминации отдельных групп пользователей финансовых услуг, если речь идет о приложениях, автоматически обрабатывающих данные о клиентах, и на основании этих данных формулирующих, например, статистику, сведения о платежеспособности, финансовой устойчивости и пр. Решением проблемы может быть только подход, основанный на четко продуманном наборе данных, позволяющий исключить или минимизировать ошибки в подборе данных для обучения искусственного интеллекта, возникающие из-за человеческого фактора.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, обработка данных, обучение нейронных сетей, машинное обучение, алгоритмы обучения.

С развитием технологий искусственного интеллекта возросло число компаний, предоставляющих финансовые услуги, для которых решающим фактором конкурентоспособности стало использованием искусственного интеллекта для создания услуг нового поколения. В одном из последних опросов 2022 года американская технологическая компания-разработчик графических процессоров и систем на чипе NVIDIA, оценила состояние и перспективы искусственного интеллекта в финансовых услугах.

В опросе принимали участие более 500 крупнейших мировых компаний на финансовом рынке. По данным опроса выяснилось, что более 60 % компаний верят в успех на финансовом рынке за счет технологий искусственного интеллекта, при этом более 50 % отнесли искусственный интеллект к фактору будущего успеха

за счет финансовых услуг нового поколения. Для сравнения необходимо отметить, что в 2020 и 2021 годах в успех искусственного интеллекта на финансовом рынке верили не более 40 % из тех же 500 компаний-лидеров финансового рынка [8].

Такая динамика неслучайна. Так, по данным западных аналитиков, к 2025 году компании-участники рынка финансовых услуг будут инвестировать в технологии искусственного интеллекта больше, чем будет составлять инвестирование любой другой отрасли, за исключением розничной торговли [9].

При этом, несмотря на такие перспективы развития, внедрение искусственного интеллекта в финансовом секторе длительное время отставало от других отраслей. Так, по данным консалтинговой компании Акстим

Аксеникс, в 2020 году зрелость искусственного интеллекта в банковском деле и финансах занимала последнее место. В секторе страхования в том же 2020 году ситуация была немногим лучше [10].

Одной из причин глобального роста создания финансовых услуг нового поколения на основе искусственного интеллекта стала пандемия, когда появилась потребность удержания и увеличения продаж среди лиц, пользующихся финансовыми услугами и предпочитающими взаимодействовать с помощью мобильных устройств и других способов, не требующих личного присутствия.

Кроме того, искусственный интеллект обладает колоссальными производственными мощностями, возможностью быстрой обработки данных, а также возможность хранения огромных объемов данных. При этом по мере развития искусственного интеллекта в финансах многие компании финансового рынка сталкиваются с проблемой нехватки инфраструктуры и ресурсов, необходимых для простого и экономичного обучения нейронных сетей, лежащих в основе искусственного интеллекта, для запуска и развертывания приложений, управляемых искусственным интеллектом, в масштабе нескольких каналов доставки (особенно на международном уровне) [2].

Вышеобозначенная проблема обусловлена спецификой искусственного интеллекта и его развития. Так, чем больше модель и чем больше объем данных, которые необходимо обрабатывать, тем больше необходимо времени на обучение нейронной сети. При этом точность итоговой модели будет зависеть от ряда факторов, таких как правильный выбор нейронной сети для обучения (в зависимости от поставленных перед искусственным интеллектом задач) и правильно подобранные наборы данных для обучения [1, 3].

Последние достижения в области искусственного интеллекта на рынке финансовых услуг сочетают гибкие глобальные облачные среды с ресурсами, ускоряемыми графическим процессором, и оптимизированными алгоритмами, подпрограммами и библиотеками искусственного интеллекта и машинного обучения [6].

В качестве одного из перспективных технических решений в области искусственного интеллекта, позволяющего совершенно по-иному подходить к вопросу реализации финансовых услуг, можно назвать платформу «Talkmap» для анализа разговоров, которую предлагают использовать для автоматизации своей работы по обработке больших данных. Точность формулы, заложенной в основу алгоритма обучения нейронной сети (по данным разработчиков) [7], составляет 89 процентов (против 83 % эффективности работы человека-опера-

тора). Предполагается, что использование платформы «Talkmap» позволит ежегодно финансовым компаниям экономить миллионы долларов, которые тратились на полуавтоматическую обработку данных и работу операторов.

Технически в основу работы «Talkmap» заложена возможность обработки большого массива данных на основе огромных вычислительных мощностей. При этом экономия от использования платформы достигается за счет автоматизации ручного, медленного и дорогостоящего процесса получения информации из разговоров с постоянными и потенциальными клиентами и обработки такой информации. То, на что ранее уходило несколько месяцев работы, нейронная сеть может обработать за несколько дней.

Поскольку платформа «Talkmap» создана не для прогнозирования поведения рынков, а для обобщения информации и выведения скорее статистического прогноза, в ее основе лежит машинное обучение на базе искусственного интеллекта с пониманием разговорной речи и сверточной нейронной сети.

Сверточные сети состоят из входного слоя, выходного слоя и одного или нескольких скрытых слоев и отличаются расположением слоев в трех измерениях (ширина, высота и глубина), что позволяет таким нейронным сетям преобразовывать объем ввода и вывода данных [5]. Скрытые слои сверточной нейронной сети — это комбинация слоев свертки, объединяющих слоев нормализации и полностью связанных слоев.

Сверточные нейронные сети улучшают свои возможности обучения за счет обнаружения необычно расположенных объектов, используя объединенные слои для ограниченной инвариантности к перемещению и повороту. Слои нормализации используются для нормализации по локальным входным областям путем перемещения всех входных данных в слое к среднему значению, равному нулю, и дисперсии, равной единице.

Также могут быть использованы другие методы регуляризации, такие как пакетная нормализация, когда нормализуются все активации для всего пакета, или отсев, когда игнорируются случайно выбранные нейроны в процессе обучения. Полностью связанные слои содержат нейроны, которые функционально аналогичны сверточным слоям (вычисляют точечные произведения), но отличаются тем, что они подключены ко всем активациям в предыдущем слое [4].

Более новые сверточные нейронные сети используют начальные модули, которые используют сверточные ядра  $1 \times 1$  для дальнейшего снижения потребления памяти, обеспечивая при этом более эффективные вычис-

ления (и, следовательно, обучение). Это делает такие сети подходящими для приложений машинного обучения, в том числе такой платформы, как «Talkmap».

Функция активации в нейронной сети применяет нелинейное преобразование к взвешенным входным данным. Популярной функцией активации для сверточных нейронных сетей является ReLU (выпрямленная линейная функция), обнуляющая отрицательные входные данные, которая представляется в виде:  $output = \max(0, weighteddata)$ . Как только сверточные нейронные сети пройдут обучение, их можно использовать для работы, чтобы точно предсказать выходные данные для заданных входных данных [4, 5].

Именно данный факт делает сверточные нейронные сети лучшим вариантом для обучения в приложениях аналитики и обработки финансовой информации, где входные данные, как правило, либо заранее известны, либо входные данные отклоняются от заранее известных данных незначительно.

Вместе с тем, возможности таких платформ, как «Talkmap», напрямую зависят от набора входных данных, которые подбираются человеком, точно также как и данных, на основе которых нейронная сеть анализирует информацию и обучается. Это обозначает проблему, связанную с возможностью дискриминации отдельных групп пользователей услуг при автоматической обработке данных, если заложенный в основу обучения набор данных не будет содержать всей необходимой информации о такой группе (например, определенная возрастная группа или группа пользователей по месту жительства).

Отсюда следует, что все выходные данные, и, соответственно, итоговые решения, которые принимаются авто-

матически, не будут справедливыми. При этом, учитывая возможность нейронной сети обучаться и масштабировать данные, всего несколько неправильно введенных входных данных могут стать следствием масштабирования неправильно принятого решения до колоссальных размеров. Опять же, учитывая свойства нейронной сети обучаться, найти неправильно внесенные входные данные будет достаточно сложно. Данный факт может привести к созданию серьезных барьеров в получении финансовых услуг нового поколения для неограниченного количества людей.

Подводя итог, отметим, что искусственный интеллект в финансовом секторе внедрялся достаточно медленно. Тем не менее, в настоящий момент использование компьютеров, банкоматов, мобильного банкинга и биржевой торговли является стимулом к разработке инноваций в области искусственного интеллекта, направленным на внедрение финансовых услуг нового поколения.

При этом отметим, что внедрение искусственного интеллекта в финансовый сектор сопряжено с определенными проблемами, особенно там, где имеет место быть обработка большого массива данных. Непродуманное использование технологий искусственного интеллекта может привести к дискриминации отдельных групп — пользователей финансовых услуг, если речь идет о приложениях, автоматически обрабатывающих данные о клиентах и на основании этих данных формулирующих, например, статистику, сведения о платежеспособности, финансовой устойчивости. Решением проблемы может быть только подход, основанный на четко продуманном наборе данных, позволяющем исключить или минимизировать ошибки в подборе данных для обучения искусственного интеллекта, возникающих из-за человеческого фактора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алжеев А.В., Кочкаров Р.А. Сравнительный анализ прогнозных моделей ARIMA и LSTM на примере акций российских компаний // Финансы: теория и практика. 2020. №1. С.14–23.
2. Дейтел П. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления / П. Дейтел, Х. Дейтел. СПб.: Питер, 2020. 864 с.
3. Кашеварова Н.А., Панова Д.А. Анализ современной практики применения технологии искусственного интеллекта в финансовой сфере и его влияния на трансформацию финансовой экосистемы // КЭ. 2020. №8. С.1565–1580.
4. Скрипачев В.О., Гуйда М.В., Гуйда Н.В., Жуков А.О. Особенности работы сверточных нейронных сетей // International Journal of Open Information Technologies. 2022. №12. С. 53–61.
5. Тимофеев А.Г., Лебединская О.Г. Модель применения сверточной нейронной сети (CNN) в сочетании с долговременной памятью (lstm) прогнозирования цены на нефть в условиях неопределенности // ТДР. 2022. №2. С. 54–59.
6. Тимофеев А.Г., Лебединская О.Г. Создание торговой программы-бота для алгоритмической торговли и биржевых операций // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. № 4. С. 97–104.
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://resources.nvidia.com/en-us-financial-services-industry/game-changing-conversational-talkmap?lx=9sn7-f&search=upstart> (дата обращения 31.07.2023 г.).
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.nvidia.com/en-us/industries/finance/ai-financial-services-report/> (дата обращения 31.07.2023 г.).
9. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48958822&\\_gl=1\\*142zdm6\\*\\_gcl\\_au\\*MTE0NzMyNjA1OC4xNjg0MTY1Njg1](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48958822&_gl=1*142zdm6*_gcl_au*MTE0NzMyNjA1OC4xNjg0MTY1Njg1) (дата обращения 31.07.2023 г.).
10. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.accenture.com/us-en/insights/artificial-intelligence/ai-maturity-and-transformation> (дата обращения 31.07.2023 г.).

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВЕБ-САЙТОВ

### CHANGING APPROACHES TO DYNAMIC WEBSITE DEVELOPMENT

**R. Bogdanov  
V. Samokhina**

*Summary.* In the modern world, web technologies penetrate almost all aspects of human life. With their help, you can create, debug and synchronize accounts on different devices, manage business processes. At the same time, there is the problem of increasing the level of efficiency in the design of dynamic websites that will provide access to a variety of information from any corner of the world where there is Internet access. More and more dynamic websites appear every day, the power of computer technology is growing, and at the same time their level of complexity is increasing, which in turn leads to an increase in efforts and time to maintain them. This causes the need to justify the use of various approaches to their development based on a monolithic, microservice microfrontend architecture. That is why the paper highlights the advantages and disadvantages of developing dynamic websites using different approaches. The main approaches to building a microfrontend of dynamic websites are substantiated: composition of templates on the server side, integration during assembly, integration during execution using the iframe HTML element, integration during execution using the JavaScript programming language, integration during execution using web-components technology. Based on the analysis of these approaches, the advantages of the microfrontend architecture are identified and characterized: gradual (incremental) updates, simple, unrelated code bases, independent deployment, autonomous teams.

*Keywords:* development, dynamic websites, microservices, monolithic, microservice, microfrontend, architecture.

**Богданов Роман Александрович**

Технический институт (филиал) Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Нерюнгри  
poone214@mail.ru

**Самохина Виктория Михайловна**

Кандидат педагогических наук, доцент, Технический институт (филиал) Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Нерюнгри  
vsamokhina@bk.ru

*Аннотация.* В современном мире веб-технологии проникают почти во все аспекты жизни человека. С их помощью можно создавать, отлаживать и синхронизировать учетные записи на разных устройствах, управлять процессами бизнеса. В то же время возникает проблема повышения уровня эффективности проектирования динамических веб-сайтов, которые будут предоставлять доступ к разнообразной информации из любого уголка мира, где есть доступ в Интернет. Все больше динамических веб-сайтов появляется с каждым днем, мощность компьютерной техники растет, а вместе с этим повышается уровень их сложности, что в свою очередь обуславливает увеличение усилий и времени на их поддержку. Таким образом, создается потребность в обосновании использования различных подходов к их разработке на основе монолитной, микросервисной, микрофронтендной архитектуры. Именно поэтому в работе отмечены преимущества и недостатки разработки динамических веб-сайтов с использованием различных подходов. Обоснованы основные подходы к построению микрофронтенда динамических веб-сайтов: композиция шаблонов на стороне сервера, интеграция при сборке, интеграция при выполнении с использованием HTML-элемента iframe, интеграция при выполнении с помощью средств языка программирования JavaScript, интеграция при выполнении с использованием технологии web-components. На основе анализа указанных подходов выделены и охарактеризованы преимущества микрофронтендной архитектуры: постепенные (инкрементальные) обновления, простые, не связанные между собой кодовые базы, независимое развертывание, автономные команды.

*Ключевые слова:* разработка, динамические веб-сайты, микросервисы, монолитная, микросервисная, микрофронтендная, архитектура.

### Введение

С каждым днем появляется все больше интернет веб-сайтов, мощность компьютерной техники растет, а вместе с тем повышается уровень их сложности, что, в свою очередь, обуславливает увеличение усилий и времени на их поддержку, в частности: обновлять содержательное наполнение веб-сайтов и технологий, которые используются при разработке для увеличения быстродействия приложений, уменьшать время на расчеты, улучшать удобство работы с приложениями и т.д.

С ростом размера динамических веб-сайтов увеличивается количество времени, необходимого для того, чтобы новый сотрудник разобрался в их архитектуре и начал разрабатывать новый функционал системы. В то же время растет вероятность внесения дефектов в разных частях системы при разработке нового функционала динамических веб-сайтов [1]. Поэтому важен внимательный и тщательный подход к выбору архитектуры динамических веб-сайтов, что позволит определить дальнейшее развитие всего проекта. Построение больших и сложных динамических веб-сайтов является непростой задачей, для решения которой применяется

как монолитный, так и распределенный подходы в зависимости от контекста и требований [2].

Анализ последних исследований и публикаций говорит про значительное количество работ в направлении тематики различных подходов к разработке динамических веб-сайтов. В частности, М. Фаулер, С. Ньюмен, И. Надерешвили, И. Ивентс, М. Бауман, Л. Цзин, С. Невман, А. Кумар, Р. Купер и др. в своих работах освещают разные варианты построения динамических веб-сайтов, базирующихся на разных типах архитектуре их создания.

Цель работы — проанализировать изменение подходов к разработке динамических веб-сайтов.

### Основная часть

Проектирование и разработка качественных динамических веб-сайтов достаточно важны в современном информационном мире. В ходе развития отрасли информационных технологий обоснован ряд подходов и концепций построения сложных программных систем в виде динамических веб-сайтов [3].

Долгое время «монолитная архитектура» занимала ключевое место при построении как серверных, так и клиентских динамических веб-сайтов. Система, использующая указанный подход, представляет собой монолит, размещенный на одном сервере, запущенный в одном процессе и выполняющий при этом всю бизнес-логику системы. Монолит на стороне сервера подвергается только горизонтальному масштабированию, достигаемому за счет запуска большого количества отдельных серверов с каждым отдельным монолитом. Со временем появлялись другие подходы к разработке серверных динамических веб-сайтов, среди которых сервис-ориентированная архитектура (SOA), которая, в отличие от монолита, является распределенной системой, которая обменивается сообщениями, используя определенные протоколы [4].

С развитием индустрии информационных технологий разработан новый подход к организации динамических веб-сайтов — микросервисная архитектура (MSA). Ее можно считать частью SOA, которая имеет определенные отличия от классической SOA. Основное отличие — это незначительное количество кода, в то время как в SOA объем кодовой базы не имеет значения.

Также важной особенностью MSA является то, что каждый микросервис динамических веб-сайтов ограничен своим контекстом — бизнес-задачей. Ограничений по количеству сервисов нет; важно, чтобы каждый из них работал только над своей бизнес-задачей. Для межсервисной коммуникации используют стандартные протоколы передачи данных (например, HTTP) и в то же

время сервис может иметь свой протокол для общения с другими.

Среди преимуществ микросервисной архитектуры динамических веб-сайтов можно выделить [5]:

- низкую связность между компонентами системы;
- относительно простое развертывание: каждый сервис разворачивается независимо от других, в то время как при использовании монолитной архитектуры вся система разворачивается вместе в одном процессе и невозможны внесения динамических изменений;
- простое масштабирование системы, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении;
- относительная отказоустойчивость: при неспособности отдельных сервисов система остается работоспособной;
- применение различных технологий, фреймворков и языков программирования, а также разных типов хранилищ данных;
- при создании сервисов возможна организация небольших групп программистов, ответственных за разработку сервиса.

Среди недостатков микросервисного подхода создания динамических веб-сайтов можно выделить следующие [5]:

- сложность разработки и замены членов команды, прямо пропорционально зависит от количества языков программирования, фреймворков и типов баз данных, использованных при разработке;
- потеря ресурсов во время межсервисной коммуникации, что приводит к увеличению времени на обработку, сериализацию и десериализацию сообщений;
- проблемы с версионированием и поддержкой обратной совместимости между сервисами;
- значительно сложнее и сложнее по сравнению с монолитом интеграционное тестирование.

Чаще всего разработку динамических веб-сайтов, в которых был успешно использован микросервисный подход, начинали с монолита, который со временем увеличивался в объеме. В то же время, бывает и такое, что проект начинается с микросервисного подхода и не достигает цели. Поэтому лучше начать с разработки монолита, даже если есть уверенность, что проект будет иметь значительный объем. Микросервисы являются достаточно эффективным архитектурным приемом, но их преимущества раскрываются только при использовании в больших и сложных системах.

Для разработки динамических веб-сайтов необходимо, прежде всего, убедиться в их целесообразности, полезности и спросе среди пользователей. В начале разработки максимальную ценность имеет скорость

разработки, а значит и скорость получения отзывов от пользователей. Следующая проблема разработки микросервисных динамических веб-сайтов состоит в том, что нужно получить набор ограниченных контекстов, а любые переработки и рефакторинг значительно сложнее при использовании микросервисов по сравнению с монолитом. Построение монолита позволяет легко разделить его на логические части, выявить слабые места и недостатки системы, выделить часто используемые фрагменты кода в собственные библиотеки и т.д.

Сейчас существует значительное количество путей реализации стратегии «сначала монолит». Наиболее логичным является проектирование монолита с четкой модульной структурой. При правильной реализации переход к микросервисам будет достаточно обычным.

Более общим считается написание монолита с постепенным отделением от него сервисов. В таком случае значительная часть монолита останется как первоначальное «ядро» системы, а большая часть новой разработки будет проходить в сервисах. Также в основном используют полную замену монолита на микросервисы. Среди недостатков этого подхода является необходимость остановки разработки нового функционала, что чаще всего неприемлемо для бизнеса.

За последние годы популярность микросервисов стремительно растет, и многие организации использовали этот архитектурный стиль во избежание ограничений крупных монолитов.

При разработке микросервисных динамических веб-сайтов чаще всего возникают проблемы с такими аспектами [6]:

- безопасной интеграцией нового кода в существующее приложение;
- использованием новых функций языка JavaScript или другого из множества языков, которые можно компилировать в JavaScript и сопутствующими проблемами со сборником приложения;
- масштабированием разработки в целях распределения частей приложения между командами.

Эти проблемы могут негативно отразиться на способности эффективно доставлять высококачественный продукт своим клиентам. Именно поэтому в последнее время уделяется все больше внимания всеобщей архитектуре и организации кодовой базы, необходимой для сложной, современной веб-разработки динамических веб-сайтов с помощью микрофронтенда. Микрофронтенды — это архитектурный стиль динамических веб-сайтов, когда независимые приложения для интерфейса складываются в единое целое, разрезание крупных монолитов на более мелкие, более управляемые куски, а затем — явное понимание зависимостей между ними.

Выбор технологий, кодовые базы, команды и процессы выпуска должны иметь возможность работать и развиваться независимо друг от друга без лишней координации.

Существует множество подходов, которые можно назвать микрофронтендовыми. Выделяют пять основных подходов к построению микрофронтенда динамических веб-сайтов [6]:

- композиция шаблонов на стороне сервера (server side composition);
- интеграция при сборке;
- интеграция при выполнении (runtime integration) с использованием HTML-элемента `iframe`;
- интеграция при выполнении (runtime integration) с помощью средств языка программирования JavaScript;
- интеграция при выполнении (runtime integration) с использованием технологии web components.

При этом используется `index.html`, содержащий любые общие элементы страницы, а затем сервер составляет содержимое страницы из фрагментов HTML-файлов:

Это достаточно стандартная композиция на стороне сервера. Такой подход относится к микрофронтендам, так как разделив код таким образом, каждый фрагмент является самостоятельной частью бизнес-логики, которую может поставить независимая команда. Здесь не показано, как эти разные HTML-файлы попадают на веб-сервер, но предположение состоит в том, что каждый из них имеет свой конвейер развертывания, позволяющий размещать изменения на одной странице, без использования какой-либо другой страницы. Для еще большей независимости можно использовать отдельный сервер, отвечающий за предоставление и обслуживание каждого микрофронтенда.

При интеграции при сборке каждый микрофронтенд публикуется как отдельный пакет, а контейнер учитывает пакеты как отдельные зависимости. На первый взгляд, такой подход имеет смысл. Создается единый пакет JavaScript, позволяющий избежать дублирования кодовой базы и посторонних зависимостей. Однако такой подход означает, что придется перекомпилировать и выпустить каждый микрофронтенд, чтобы внести изменения в любую отдельную часть продукта, влияющую на время, затрачиваемое на сборку.

Интеграция с использованием `iFrame` — один из самых простых подходов к составлению программ в браузере. По своей природе `iFrame` облегчают создание страницы с независимых подстраниц. Они также предлагают хороший уровень изоляции с точки зрения стилизации и глобальных переменных за счет того, что не мешают друг другу. Этот подход достаточно непопулярен. Упо-

мянутая выше простая изоляция, как правило, делает их менее гибкими, чем другие варианты. Построить интеграцию между разными частями программы может быть трудно, они делают значительно сложнее маршрутизацию, взаимодействие с историей браузера и глубокую маршрутизацию.

Runtime integration с использованием web components состоит в том, что каждый микрофронтенд является кастомным HTML-элементом в соответствии со стандартом web components, а не глобальной функцией в window.

Конечный результат здесь похож на предыдущий пример, главное отличие состоит в том, что решили делать вебкомпонент. Стоит отметить, что технология web components имеет достаточно низкую поддержку среди популярных браузеров, что является значительным недостатком.

Сегодня появляются схемы разложения монолитов фронтенда на более мелкие, простые куски — микрофронтенды, которые можно разработать, протестировать и развернуть самостоятельно и которые при этом отражаются для клиентов как единственный продукт.

Некоторые реализации микрофронтендов могут привести к дублированию зависимостей, увеличивая количество пользовательского трафика. Кроме того, резкое повышение автономности команды может вызвать раздробленность в работе ваших команд. Однако считаем, что этими рисками можно управлять и преимущества микрофронтендов часто превышают затраты.

Выделим преимущества архитектуры микрофронтендов для динамических веб-сайтов [1–3]:

1. Постепенные (инкрементальные) обновления. Основным преимуществом является то, что появляется больше пространства для принятия конкретных решений по отдельным частям продукта, совершенствованию архитектуры и зависимостей, экспериментов с новыми технологиями и способами взаимодействия.
2. Простые, не связанные между собой кодовые базы. Исходный код для каждого отдельного микрофронтенда по определению будет значительно меньше исходного кода сплошного монолита. Эти меньшие кодовые базы, как правило, более просты для работы разработчиков. В частности, можно избежать проблем, возникающих вследствие непреднамеренной и ненадлежащей связи между компонентами, не имеющими влияния друг на друга. Микрофронтенды побуждают разработчиков быть четкими и обдуманно по поводу того, как разные части программы взаимодействуют с данными и реагируют на события.

3. Независимое развертывание. Как и в случае с микросервисами, независимое развертывание является ключевым преимуществом. Оно ускоряет время развертывания, что, в свою очередь, уменьшает связанные с этим риски. Каждый микрофронтенд должен развертываться вне зависимости от состояния кодовых баз других компонентов. Если отдельный микрофронтенд готов быть развернутым на live серверах, он должен это сделать, и это решение зависит только от команды, которая его проектирует и поддерживает.

Отметим недостатки архитектуры микрофронтендов.

1. Значительный объем загружаемого кода. Существует прямая взаимосвязь между производительностью страницы и привлечением/конверсией пользователей, и значительная часть мира работает с интернет-подключением гораздо медленнее, чем привыкли в высокоразвитых городах, поэтому ряд причин заботиться о размерах загрузок. Этот вопрос решить непросто. Достаточно сложно найти баланс между желанием разрешить командам самостоятельно разрабатывать свои части приложения, чтобы они могли работать автономно, и желанием строить программы таким образом, чтобы они могли делиться общими зависимостями. Один из подходов заключается во внешнем применении общих зависимостей от составных пакетов. Недостатком такого подхода является то, что все части приложения должны использовать точные версии этих зависимостей. При необходимости изменить версию зависимости потребуются большие скоординированные усилия по обновлению и блокировке разработки нового функционала. Это все, что нужно пытаться избежать, в первую очередь, благодаря микрофронтендам. Однако даже если будет решено не делать ничего по поводу дублирования зависимостей, возможно, каждая отдельная страница все равно будет загружаться быстрее, чем при использовании монолитного приложения. В классических монолитах, когда загружается любая страница программы, загружается исходный код и зависимости каждой страницы сразу, а используя архитектуру микрофронтендов, будет загружаться только код, который необходим для работы этой страницы. Это может привести к более быстрой начальной загрузке страниц, но более медленной следующей навигации, поскольку пользователи вынуждены повторно загружать одинаковые зависимости на каждой странице. Если не перекрывать микрофронтенды ненужными зависимостями, или если пользователи будут соблюдать только одну или две страницы в программе, можно добиться высокого уровня производительности, даже при дублировании зависимостей.

- Различия среды. Каждый микрофронтенд должен разрабатываться без учета других. Возможно, даже возникновение необходимости запустить его в автономном режиме на отдельной странице, а не внутри программы-контейнера. Это может значительно упростить разработку, особенно, когда программа-контейнер является сложной и устаревшей, что является довольно распространенным при миграции из монолита. Однако существуют риски, связанные с разработкой в среде, содержащей значительные различия по сравнению с live-средой. Если контейнер для разработки ведет себя иначе, чем часть программы, в которую будет интегрироваться разрабатываемый код, то возможно выявление нарушений или изменения в функционировании при развертывании на live-серверах. Особенно опасными могут быть глобальные стили, вызываемые контейнером или другими микрофронтендами. Решением этой проблемы сродни ситуации, когда особенности среды имеют значение. Необходимо обеспечить регулярную интеграцию и развертывание микрофронтендов в тестовые среды и внедрять на этих средах процесс ручного и автоматизированного тестирования с целью скорейшего выявления интеграционных проблем.
- Сложность управления. Использование более распределенной архитектуры микрофронтендов неизбежно приводит к увеличению количества элементов, которыми необходимо управлять — больше репозитариев и, как следствие, — больше инструментов, доменов и серверов, сборки и развертывания конвейеров.

Был проведен анализ статистики по применению различных подходов в процессах разработки динамических веб-сайтов, результаты которого представлены на рис. 1.

При подходе к решению архитектурных задач в разработке динамических веб-сайтов существует большое

количество эффективных приемов, поэтому важен внимательный и тщательный подход к выбору архитектуры системы, поскольку это позволяет определить дальнейшее развитие всего проекта. Построение больших и сложных систем динамических веб-сайтов представляет собой непростую задачу, для решения которой применяется как монолитный, так и распределенный подходы в зависимости от контекста и бизнес-требований.

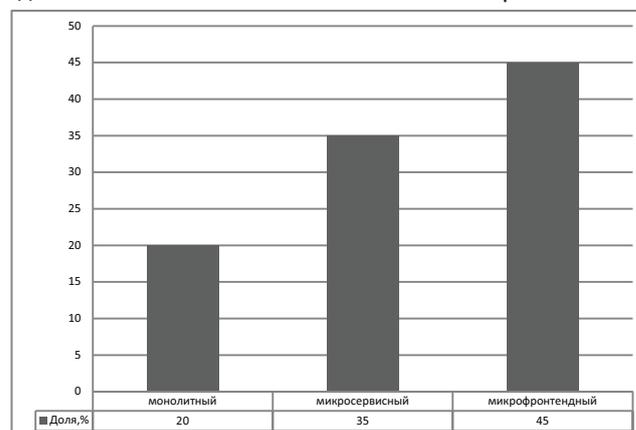


Рис. 1. Результаты анализа статистики по применению различных подходов в процессах разработки динамических веб-сайтов

#### Выводы

Существует несколько вариантов построения приложений, основанных на архитектуре микрофронтендов. Анализ преимуществ и недостатков каждого из них позволяет выбрать вариант, максимально отвечающий поставленным задачам. Перспективы дальнейших исследований видим в моделировании архитектуры модулей монолитного приложения в микросервисный. Выделенные преимущества и недостатки каждого варианта построения динамических веб-сайтов позволяет выбрать вариант, который будет лучше всего отвечать поставленным задачам, выделить ключевые компоненты системы и сформировать требования к ней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Kuepper R. Hands-On Swift 5 Microservices Development: Build microservices for mobile and web applications using Swift 5 and Vapor 4 / R. Kuepper. — UK: Pack Publishing Ltd, 2020. — 362 p.
- Kumar A. Micro Frontends Architecture: Introduction, Design, Techniques & Technology / A. Kumar. — USA: Kdp Print Us, 2019. — 124 p.
- Microservice Architecture: Aligning Principles, Practices, and Culture / I. Nadareishvili, R. Mitra, M. McLarty, M. Amundsen. — O'Reilly Media, 2016 — 146 p.
- Володченко В.С., Ланцова Д.С., Миронова Т.А., Сапунова Е.В., Бышок К.А. Разработка web-сайта // Достижения науки и образования. 2019. №12 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-web-sayta> (дата обращения: 03.05.2023).
- Гусев С.С., Макаров В.В. Система управления сайтом с модульной структурой и поддержкой мультиязычности и кеширования на технологиях XML и AJAX // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. №1 (39). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-upravleniya-saytom-s-modulnoy-strukturey-i-podderzhkoy-multiyazychnosti-i-keshirovaniya-na-tehnologiyah-xml-i-ajax> (дата обращения: 03.05.2023).
- Ахмеджанова Заррина, Гафурова Парвина Применение html и css для создания интерактивных Веб сайтов // Евразийский Союз Ученых. 2019. №4-3 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-html-i-css-dlya-sozdaniya-interaktivnyh-veb-saytov> (дата обращения: 03.05.2023).

# АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛАБЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ЦЕЛЕЙ НА СЛОЖНОМ ФОНЕ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ YOLOV5

## ALGORITHM FOR DETECTING WEAK INFRARED TARGETS ON A COMPLEX BACKGROUND USING THE YOLOV5 NEURAL NETWORK MODEL

*Ch. Wang*  
*G. Afanasyev*  
*A. Afanasyev*

*Summary.* The traditional algorithm for detecting infrared targets is based on the accurate selection and extraction of information from the surrounding background and does not always meet the requirements of detection in conditions of complex background and interference. The article discusses a modified algorithm for detecting weak infrared targets, which is based on the neural network model YOLOv5. This algorithm adds an attention mechanism to improve feature extraction ability and efficiency, and uses a modified loss function and a prediction frame filtering method to improve accuracy in detecting weak infrared targets.

*Keywords:* infrared weak targets, complex backgrounds, YOLOv5, attention mechanism, loss function.

**Ван Чаочао**

*Магистрант, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)*  
wccbmstu@gmail.com

**Афанасьев Геннадий Иванович**

*К.т.н., доцент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)*  
gaipcs@bmstu.ru

**Афанасьев Арсений Геннадьевич**

*Ассистент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)*  
afanasievag@bmstu.ru

*Аннотация.* Традиционный алгоритм обнаружения инфракрасных целей основывается на точном выделении и извлечении информации из окружающего фона и не всегда удовлетворяет требованиям обнаружения в условиях сложного фона и помех. В статье рассматривается модифицированный алгоритм обнаружения слабых инфракрасных целей, который базируется на нейросетевой модели YOLOv5. Этот алгоритм добавляет механизм внимания для улучшения способности извлечения признаков и эффективности, а также использует модифицированную функцию потерь и метод фильтрации кадров предсказания для повышения точности в обнаружении слабых инфракрасных целей.

*Ключевые слова:* слабые инфракрасные цели, сложные фоны, YOLOv5, механизм внимания, функция потерь, нейронные сети.

### Введение

Исследования в области обнаружения целей всегда придавали большое значение обнаружению слабых инфракрасных целей. Инфракрасные системы обладают целым рядом преимуществ: от хорошей скрытности до высокой чувствительности, большой дальности обнаружения, значительной проникающей способности в пространстве. Обнаружение слабых целей в инфракрасном диапазоне имеет важное значение в военном аспекте для раннего предупреждения, для инфракрасного наведения объектов на цель, в морском поиске и спасении, гражданской безопасности и других областях.

Существует три категории методов обнаружения слабых целей в инфракрасном диапазоне: методы в пространственной области, методы в области преобразования и методы нейронных сетей или глубокого обучения.

Методы в пространственной области и области преобразований в общем применяют к изображениям различные пространственные функции преобразования и фильтры, чтобы улучшить изображений. Такие методы на основе соответствующих преобразований лучше обнаруживают цели на слабом фоне, но плохо работают на сложном фоне с относительно большими волнистостями фона.

Методы глубокого обучения обладают мощными возможностями для решения рассматриваемой задачи. В 2020 году был предложен алгоритм YOLOv5, который значительно упростил модель глубокого обучения и улучшил скорость обнаружения требуемых целей с высокой точностью.

### 1. Нейросетевая модель YOLOv5

Нейросетевая модель YOLOv5 состоит из следующих четырех модулей: Input — на стороне входа,

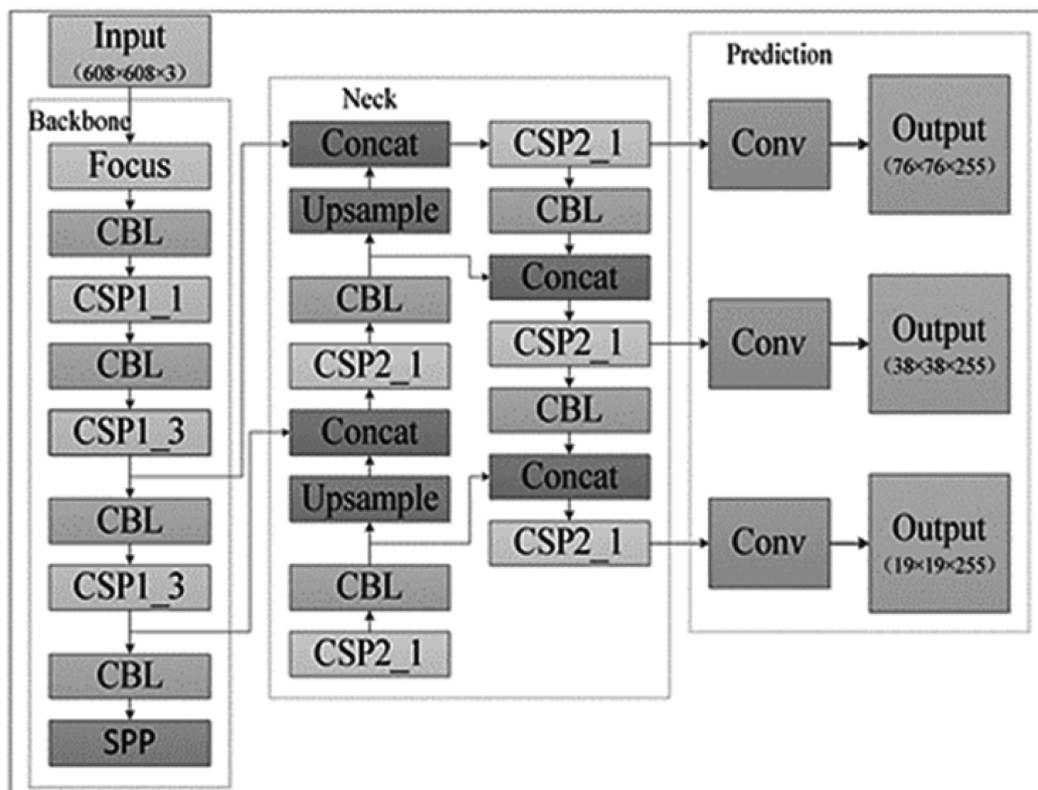


Рис. 1. Модель сети YOLOv5

Backbone — на стороне магистральной сети, Neck network и Prediction — на стороне предсказания [1]. Входные данные включают в себя улучшенные мозаичные данные, соответствующего масштабного размера изображений и адаптивные расчеты опорного кадра. Магистральная сеть включает в себя обработку Focus, обработку CBL, структуру CSP и пространственное пирамидальное объединение SPP. Модель сети изображена на рисунке 1.

Модуль прогнозирования

YOLOv5 использует метрику *GIOU\_Loss* в качестве функции потерь при фильтрации целевых кадров [2]. *A* — целевой объект, *B* — предсказание целевого объекта. (рис. 2)

Диаграмма метрики IOU показана на рисунке 2.

$$IOU = \frac{A \cap B}{A \cup B} = \frac{M}{N} \quad (1)$$

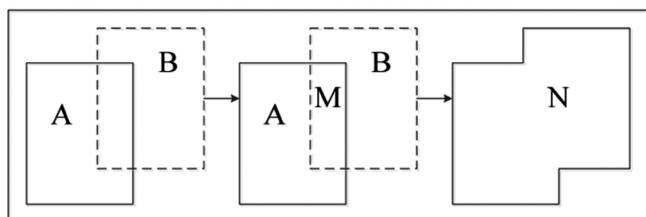


Рис. 2. IOU диаграмма

Диаграмма метрики GIOU показана на рисунке 3.

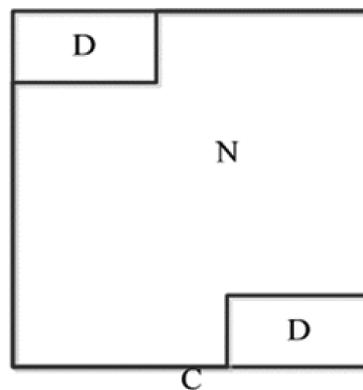


Рис. 3. Диаграмма GIOU

Метрика GIOU рассчитывается следующим образом

$$GIOU = IOU - \frac{|C - N|}{C} = IOU - \frac{D}{C} \quad (2)$$

Функция потерь имеет следующий вид:

$$GIOU\_Loss = 1 - \left( \frac{M}{N} - \frac{D}{C} \right) \quad (3)$$

**2. Модифицированный алгоритм обнаружения целей для YOLOv5**

Как показано на рисунке 4, для обнаружения слабых инфракрасных объектов необходимы высокая точность и скорость обнаружения. В построенной модели ней-

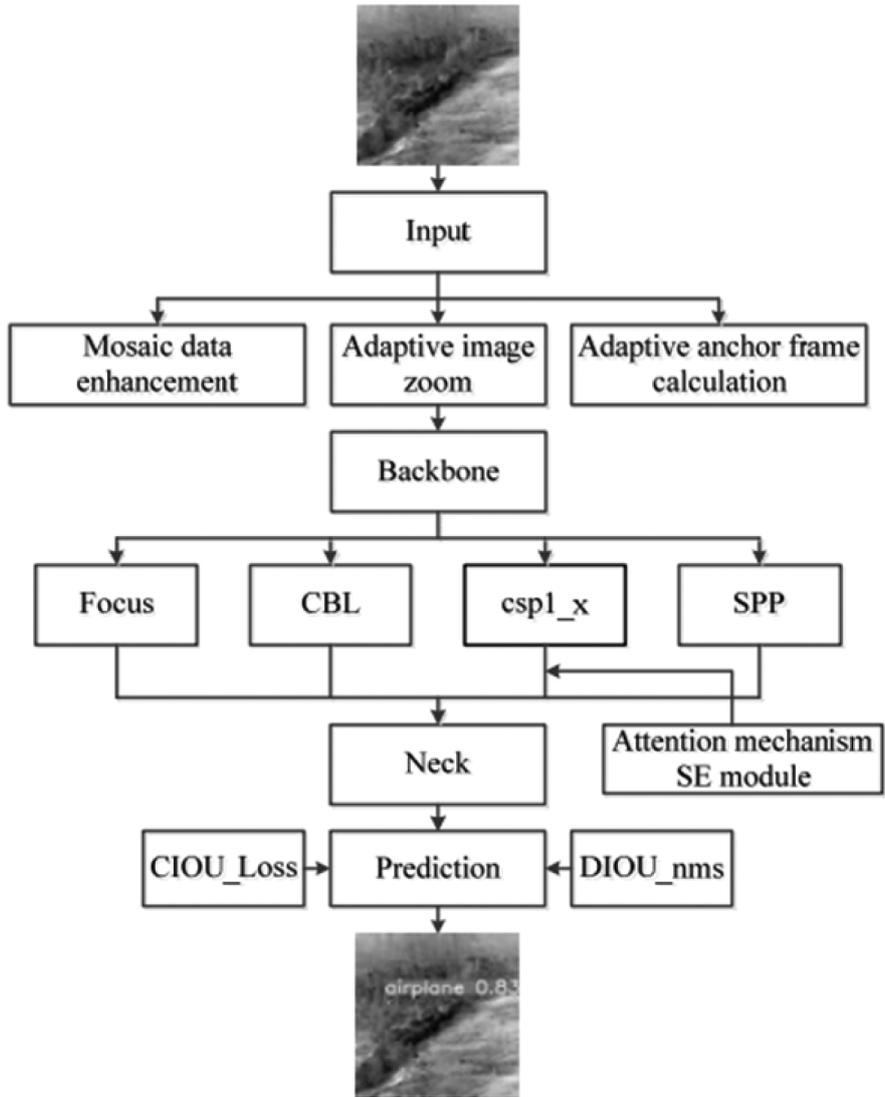


Рис. 4. Схема модифицированного алгоритма обнаружения целей YOLOv5

ронной сети YOLOv5 в основной части сети Backbone добавлен механизм внимания SE для повышения способности модели извлекать характеристики и повышения эффективности обнаружения. Модифицированы функции потерь и методы отбора предсказательных рамок в предсказательной части модели, что повышает точность обнаружения слабых инфракрасных объектов.

**2.1. Совершенствование механизма внимания SE модуля**

Механизм внимания был добавлен в нейросетевую модель обнаружения целей YOLOv5, чтобы улучшить способность извлечения признаков и повысить точность обнаружения модели. Основываясь на малом размере инфракрасных слабых целей, слой объединения признаков и масштаб признаков многомасштабного слоя обнаружения дополнительно оптимизированы, чтобы обученная модель обнаружения могла лучше адаптироваться к обнаружению малых целей и улучшить скорость обнаружения модели в то же время.

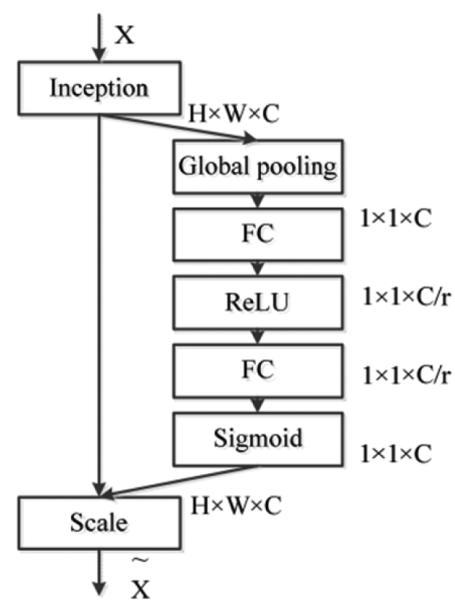


Рис. 5. Механизм привлечения внимания SE модуля

Этот модифицированный алгоритм имеет модуль SE механизма внимания, который работает в 3 этапа: сначала входная карта признаков ( $h, w, c$ ) глобально объединяется с размером объединения ( $h, w$ ), и на выходе получается карта признаков размером ( $1 \times 1 \times c$ ); затем она проходит через два полностью связанных слоя с  $c/12$  нейронами и с нейронами для увеличения нелинейного фактора; наконец, она проходит через сигмоидальную функцию активации. Функция активации Sigmoid имеет весовой коэффициент размером ( $1 \times 1 \times c$ ), который используется для умножения каждого канала исходной карты признаков ( $h, w, c$ ), чтобы в итоге получить карту признаков с различными весовыми каналами. Это показано на рисунке 5.

### 2.2. Улучшенная функция потерь CIOU\_Loss

Как показано на рисунке 6 метрика GIOU\_Loss не решает задачу возможности определения близости двух прямоугольных рамок, когда они не пересекаются и она не может определить положение предсказанной прямоугольной рамки, когда она находится внутри целевой реальной прямоугольной рамки [3].

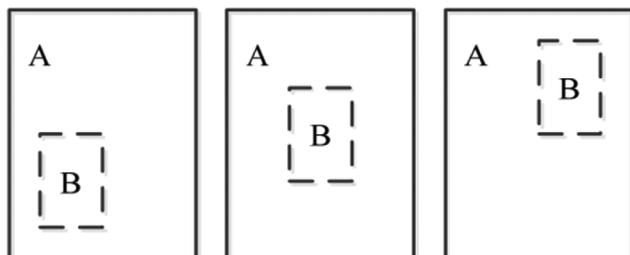


Рис. 6. Невозможность идентификации расположения прямоугольной рамки прогнозирования внутри целевой прямоугольной рамки

Поэтому в данном алгоритме вместо этого используется метрика CIOU\_Loss (CompleteIntersectionOverUnion\_Loss). Эта функция потерь учитывает не только расстояние между двумя прямоугольными рамками, но и информацию о соотношении сторон этих рамок, что может эффективно решить проблемы, существующие в алгоритме GIOU\_Loss. Конкретный метод расчета выглядит следующим образом.

Как показано на рисунке 7, пусть диагональ наименьшего внешней прямоугольной рамки  $C$  равна  $R$ , а расстояние между центральными точками реального прямоугольной рамки цели  $A$  и прямоугольной рамки предсказания  $B$  равно  $r$ .

CIOU-Loss рассчитывается следующим образом:

$$CIOU = IOU - \frac{R^2}{r^2} - \frac{v^2}{(1 - IOU) + v} \quad (4)$$

$$CIOU\_Loss = 1 - CIOU = 1 - IOU + \left( \frac{R^2}{r^2} + \frac{v^2}{(1 - IOU) + v} \right) \quad (5)$$

где:  $v$  — параметр, характеризующий постоянство соотношения сторон целевого кадра предсказания и рассчитываемый следующим образом:

$$v = \frac{4}{\pi^2} \left( \arctan \frac{w^{gt}}{h^{gt}} - \arctan \frac{w^p}{h^p} \right)^2 \quad (6)$$

где:  $w^{gt}, h^{gt}$  обозначают ширину и высоту целевого реального кадра;  $w^p, h^p$  обозначают ширину и высоту предсказанного кадра [4].

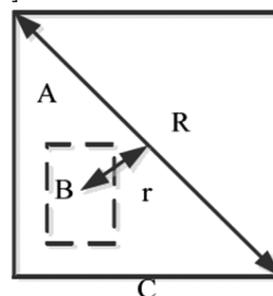


Рис. 7. Схематическая диаграмма CIOU

### 2.3. Модифицированный метод фильтрации прямоугольника предсказаний DIOU\_NMS

В алгоритме YOLOv5 используется обычный метод NMS (Non-Maximum Suppression) для отбора предсказательных рамок, который использует коэффициент пересечения и объединения (IOU) для подавления избыточных предсказательных рамок. Этот метод основывается только на области перекрытия в качестве единственного критерия, что приводит к ошибочному подавлению в случае наличия перекрытия объектов. В данном алгоритме используется метод DIOU\_NMS (Distance Intersection Over Union\_Non Maximum Suppression) для отбора предсказательных рамок, в котором DIOU используется в качестве критерия подавления. Этот метод учитывает не только влияние области перекрытия, но и информацию о расстоянии между центрами двух рамок. Это позволяет повысить точность обнаружения перекрытых и затененных объектов, делая предсказания более логичными и точными.

## 3. Моделирование

### 3.1. Набор исходных данные

Для тестирования эффективности алгоритма использовался набор данных инфракрасных слабых целей, состоящий из изображений инфракрасных слабых целей с разрешением 256 x 256 пикселей. Этот набор данных содержал: изображения близкой одиночной цели на фоне открытого грунта; изображения близких пере-

крывающихся 2-х целей на фоне неба; изображения одиночной цели в группе инфракрасных объектов с дальнего и ближнего расстояния на фоне леса; изображения ближней и дальней одиночной цели на фоне лесистой местности; изображения одиночной цели на фоне леса; изображения маневрирующей одиночной цели на дальнем и близком расстоянии на фоне леса; изображения одиночной маневрирующей цели на фоне местности с холмами.

### 3.2. Конфигурация параметров среды моделирования

Моделирование было проведено на фреймворке глубокого обучения Pytorch, на операционной системе Ubuntu 22.04, видеокарта NVIDIA GeForce GTX 1660 SUPER, оперативная память 32ГБ, графический ускоритель CUDA11.1

### 3.3. Экспериментальные результаты

В данном моделировании оценка производится с использованием показателей точности (Precision), полноты (Recall) и средней площади под кривой точности-полноты (mAP). Формулы вычисления точности и полноты представлены в уравнениях (7) и (8).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{7}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{8}$$

Precision (точность) представляет долю истинных слабых инфракрасных объектов *TP* относительно всех обнаруженных слабых инфракрасных объектов. *FP* — доля ошибочных обнаружений инфракрасных объектов.

Recall (полнота) представляет долю правильно обнаруженных слабых инфракрасных объектов *TP* относительно всех образцов слабых инфракрасных объектов. *FN* — доля необнаруженных слабых инфракрасных объектов.

Средняя точность (AP) — это площадь, заключенная между кривыми точности и полноты. Средняя точность (mAP) — это среднее значение точности по всем классам. mAP — среднее значение точности по всем классам обученной модели. mAP@0.5 означает вычисление AP для каждого класса в наборе данных изображений при пороге перекрытия IOU, установленном на 0.5, а затем нахождение среднего значения по всем классам.

В эксперименте, чтобы проверить производительность обученной модели для обнаружения целей, были сравнены алгоритмы SSD (Single Shot MultiBox Detector), Faster R-CNN, YOLOv3 и YOLOv5. В качестве показателя оценки была использована mAP, а также была учтена

скорость обнаружения модели. Результаты сравнения представлены в таблице.

Таблица 1.

Сравнение результатов моделирования

Параметры	mAP	Время (сек.)
SSD	76.67 %	7.90
Faster R-CNN	89.77 %	6.19
YOLOv3	94.35 %	3.77
YOLOv5	95.07 %	2.83
модифицированная YOLOv5	96.62 %	1.23

Согласно таблице, модифицированный алгоритм в рамках YOLOv5 в данном исследовании достигает значения mAP в 96.62 %. По сравнению с алгоритмами SSD, Faster R-CNN, YOLOv3 и YOLOv5, он улучшает показатель mAP на 19.95 %, 6.85 %, 2.27% и 1.55 % соответственно.

В рамках моделирования было выявлено, что алгоритм SSD имеет большой процент пропущенных тревог и способен обнаруживать слабые инфракрасные цели на относительно простых фонах, таких как граница раздела небо-земля и фон неба, но не на сложных фонах, таких как леса и холмы. Алгоритм Faster R-CNN не может эффективно извлекать признаки мелких целей, и у обученной модели есть ложные и пропущенные тревоги и уровень доверия к обнаруженным ложным целям довольно высок. Алгоритмы YOLOv3 и YOLOv5 улучшили производительность обученных моделей по сравнению с алгоритмами SSD и Faster R-CNN, но у них также есть ложные и пропущенные тревоги. Модифицированный алгоритм YOLOv5 смог эффективно идентифицировать слабые ИК-цели на семи сложных фонах с высокой точностью и низким коэффициентом ложных тревог, а уровень доверия обученной модели в обнаружении слабых ИК-целей составил около 0,83. Производительность значительно выше, чем у обученных моделей сравнения. Правильность и эффективность алгоритма и обученной модели подтверждены.

### Заключение

Таким образом, для решения задачи по точному и быстрому выделению и извлечению информации об инфракрасных целях из изображений со сложными фонами рассмотренный в данной работе алгоритм в рамках нейросетевой модели YOLOv5 на тестовых данных показал свою эффективность относительно других рассмотренных нейросетевых моделей. Было подтверждено, что обученная нейросетевая модель типа YOLOv5 способна эффективно обнаруживать слабые инфракрасные цели. Средняя точность составила 96,62 %, что свидетельствует об эффективности рассмотренного алгоритма в рамках нейросетевой модели YOLOv5.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Yang X., Jiang W., Yuan H. Traffic sign recognition detection based on YOLOv5 // Information Technology and Informatization. 2021. 4. P.28–30.
2. Zhou F.Y., Jin L.P. and Dong J. A Review of Convolutional Neural Networks // Journal of Computers.2017. 40. P. 1229–1251
3. Zhou J. et al. Ship target detection algorithm based on improved YOLOv5 // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. 9(8). P.908–912.
4. Zhang H., Ban Y., Guo L., et al. Detection method of remote sensing image ship based on YOLOv5 // Electronic Measurement Technology. 2021. 44(8). P.87–92.

---

© Ван Чаочао (wccbmstu@gmail.com); Афанасьев Геннадий Иванович (gaijcs@bmstu.ru); Афанасьев Арсений Геннадьевич (afanasievag@bmstu.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ

## DEVELOPING A CALCULATOR FOR FUNCTION APPROXIMATION

**M. Georgieva**  
**A. Ezaova**  
**L. Kanukoeva**  
**S. Arvanova**  
**I. Georgieva**  
**D. Tlepshieva**

*Summary.* Function approximation is a scientific method that is used to approximate complex functions by simpler functions that have minimal deviations from the original function over a given measurement interval  $x$ . It has many practical applications in various fields. In each of these areas, we may be faced with the task of approximating complex functions that can be used to predict future values or to analyze past data. That is why the development of a program that performs function approximation is an important step in solving this problem.

*Keywords:* approximation, calculator, function, data analysis.

**Георгиева Марьяна Альбековна**

Ст. преподаватель, КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 maryana.g@list.ru

**Езаова Алена Георгиевна**

к.ф.-м.н., доцент, КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 alena\_ezaova@mail.ru

**Канукоева Ляна Владимировна**

к.ф.-м.н., доцент, КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 armand97a@mail.ru

**Арванова Саният Мухамедовна**

Ст. преподаватель, КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 sani\_07@mail.ru

**Георгиева Ирина Альбековна**

Ассистент, КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 irka2725@mail.ru

**Тлепшева Диана Ануаровна**

КБГУ им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик)  
 tlepshieva@list.ru

*Аннотация.* Аппроксимация функций — это метод научного подхода, который используется для приближения сложных функций более простыми функциями, имеющими минимальные отклонения от исходной функции на заданном интервале измерения  $x$ . Она имеет множество практических применений в различных областях. В каждой из этих областей мы можем столкнуться с задачей аппроксимации сложных функций, которые могут быть использованы для предсказания будущих значений или для анализа прошлых данных. Именно поэтому разработка программы, выполняющей аппроксимацию функций, является важным шагом для решения данной проблемы.

*Ключевые слова:* аппроксимация, калькулятор, функция, анализ данных.

Целью данной работы являлась разработка прикладной программы, обеспечивающей аппроксимацию функций нахождением приближающей функции в виде основных элементарных функций.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи [1–6]:

- изучить математическую составляющую вопроса, проанализировать формулы и законы, рассмотреть частные случаи, составить алгоритм аппроксимации функций;
- разработать оптимальную схему взаимодействия «пользователь — система», определить требования к программе, включая форматы входных и выходных данных;
- построить примерную блок-схему программы;
- выбрать язык программирования для реализации алгоритма и создать проект в разрабатываемой среде. Реализовать алгоритм с помощью выбранного языка программирования;

- получить и проанализировать результаты проделанной работы;
- оценить качество программы и провести ее оптимизацию при необходимости. Создать документацию для программы, описывающую ее возможности и инструкции по использованию.

Главное меню программы (рис. 1) содержит 3 активные кнопки:

- Начать — запускается основная часть программы;
- О программе — открывает раздел с описанием данной программы;
- Выход — завершает работу программы.

В разделе «О программе» имеется информация об авторе проекта, а также описание самой программы (рис. 2).

Аппроксимация функций осуществляется **нахождением приближающей функции в виде основных элементарных функций.**

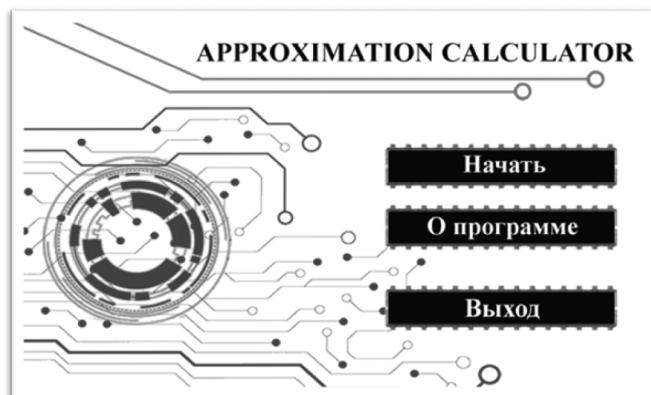


Рис. 1. Главное меню

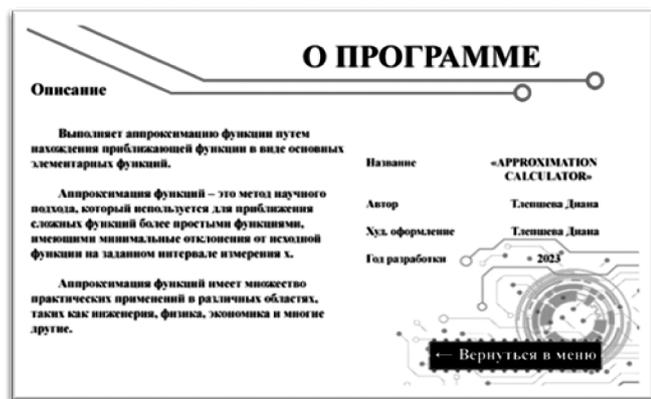


Рис. 2. О программе

**Аппроксимацией функции** называется приближенное представление сложной или заданной в виде таблицы функции  $f(x)$  более простой функцией  $\Psi(x)$ , имеющей минимальные отклонения от исходной функции на заданном интервале изменения  $x$ . По сути, аппроксимация — это моделирование сложной функции более простой с вычислительной точки зрения функцией. Пусть в результате измерений получены табличные значения некоторой функции  $y = f(x)$ , выражающей связь между двумя параметрами:

Таблица 1.

Исходная таблица

$x$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$f(x)$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

Применив метод интерполяции, можно найти формулу, выражающую эту зависимость аналитически. Однако, совпадение значений полученного аналитического выражения функции в узлах интерполяции с имеющимися эмпирическими данными не означает совпадение исходной и интерполирующей функции на всем интервале наблюдения. Задача аппроксимации функции одной переменной учитывает характер поведения исходной функции на всем интервале измерений и формулируется следующим образом. Пусть функция  $y = f(x)$  задана таблицей 1. Необходимо найти функцию заданного вида

$$y = F(x),$$

которая в точках  $x_1, x_2, \dots, x_n$  принимает значения, как можно более близкие к табличным  $y_1, y_2, \dots, y_n$ .

На практике вид приближающей функции чаще всего определяют путем сравнения вида приближенно построенного графика функции  $y = f(x)$  с графиками известных функций, заданных аналитически. А именно, по данным таблицы 1 строится точечный график  $f(x)$ , затем проводится плавная кривая, наилучшим образом отражающая характер расположения точек. С помощью полученной таким образом кривой устанавливается вид приближающей функции.

На рисунке 3 представлен основной экран программы. На нем расположены:

- поля для ввода данных, необходимых при вычислении;
- кнопки для выбора метода вычисления, очистки полей ввода, возвращения на экран главного меню, а также вывода графика;
- поле для вывода результата вычислений с двумя активными кнопками (копировать и сохранить);
- значок для отображения подсказки;

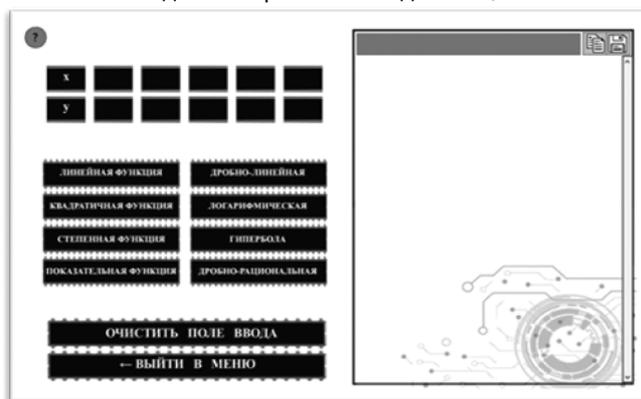


Рис. 3. Основной экран

На рисунке 4 изображена вкладка с подсказкой:

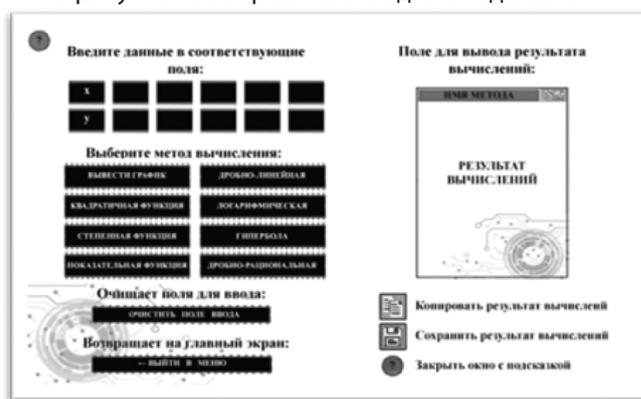


Рис. 4. Подсказка

**Нахождение приближающей функции в виде основных элементарных функций**

*1. Линейная функция (линейная регрессия)*

Начальным пунктом анализа зависимостей обычно является оценка **линейной** зависимости переменных. При этом следует учитывать, что «наилучшая» по методу наименьших квадратов прямая линия всегда существует, но даже наилучшая не всегда является достаточно хорошей.

Для рассмотрения задачи оценки коэффициентов линейной регрессии предположим, что связь между  $x$  и  $y$  линейна и искомую приближающую функцию будем искать в виде:

$$F(x, a, b) = ax + b.$$

Тогда частные производные по параметрам выглядят следующим образом:

$$F'_a = x, F'_b = 1.$$

Полученные соотношения можно представить в виде системы:

$$\begin{cases} \sum_i (y_i - ax_i - b)x_i = 0 \\ \sum_i (y_i - ax_i - b) = 0 \end{cases}, i = 1, \dots, n$$

Раскрыв скобки, получаем:

$$\begin{cases} \sum_i y_i x_i - a \sum_i x_i^2 - b \sum_i x_i = 0 \\ \sum_i y_i - a \sum_i x_i - nb = 0 \end{cases}, i = 1, \dots, n$$

Или, разделив каждое уравнение на  $n$ :

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{n} \sum_i x_i^2\right)a + \left(\frac{1}{n} \sum_i x_i\right)b = \frac{1}{n} \sum_i y_i x_i \\ \left(\frac{1}{n} \sum_i x_i\right)a + b = \frac{1}{n} \sum_i y_i \end{cases}, i = 1, \dots, n$$

Для упрощения введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum_i x_i &= M_x, \frac{1}{n} \sum_i y_i = M_y, \\ \frac{1}{n} \sum_i y_i x_i &= M_{xy}, \frac{1}{n} \sum_i x_i^2 = M_{x^2} \end{aligned}$$

Таким образом система принимает вид:

$$\begin{cases} M_{x^2}a + M_x b = M_{xy} \\ M_x a + b = M_y \end{cases}$$

Коэффициенты этой системы  $M_x, M_y, M_{xy}, M_{x^2}$  — это числа, которые в каждой конкретной задаче приближения могут быть вычислены путем подстановки их в соот-

ветствующие обозначения. Решив данную систему, мы получим значения параметров  $a$  и  $b$  и, соответственно, конкретный вид линейной функции.

В своей программе я не буду отдельно выводить линейную регрессию. Но к данному виду сводятся все остальные вычисления.

*2. Квадратичная функция (квадратичная регрессия)*

Приближающую функцию будем искать в виде **квадратного трехчлена**:

$$F(x, a, b, c) = ax^2 + bx + c.$$

Теперь найдем частные производные  $F'_a = x^2, F'_b = x, F'_c = 1$  и составим систему вида:

$$\begin{cases} \sum_i (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)x_i^2 = 0 \\ \sum_i (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)x_i = 0, i = 1, \dots, n. \\ \sum_i (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0 \end{cases}$$

Введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum_i x_i^4 &= M_{x^4}, \frac{1}{n} \sum_i x_i^3 = M_{x^3}, \\ \frac{1}{n} \sum_i x_i^2 y_i &= M_{x^2 y} \end{aligned}$$

Выполнив преобразования, аналогичные преобразованиям, проведенным в линейной регрессии, получим систему с тремя неизвестными  $a, b, c$  вида:

$$\begin{cases} M_{x^4}a + M_{x^3}b + M_{x^2}c = M_{x^2 y} \\ M_{x^3}a + M_{x^2}b + M_x c = M_{xy} \\ M_{x^2}a + M_x b + c = M_y \end{cases}$$

На рисунке 5 приведен *пример 1* вычислений **квадратичной регрессии**:

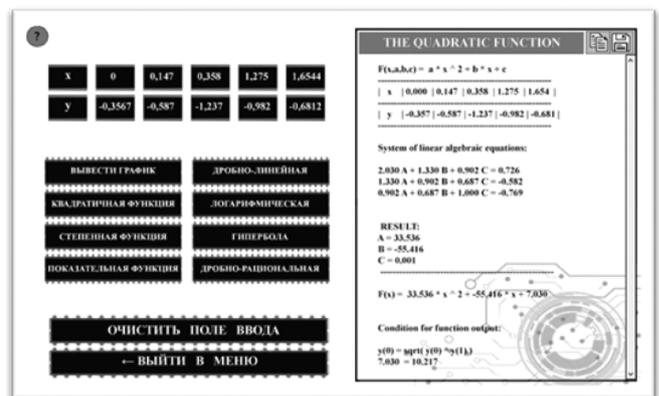


Рис. 5. Квадратичная функция

На рисунке 6 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 1:

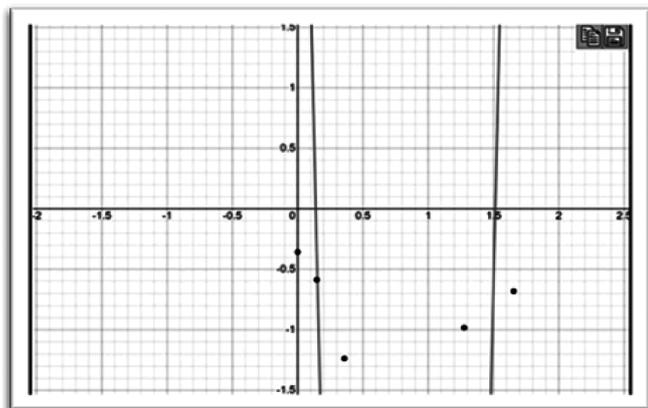


Рис. 6. График квадратичной функции

### 3. Степенная функция (геометрическая регрессия)

Будем искать приближающую функцию в виде:

$$F(x, a, m) = ax^m.$$

Предположим, что в исходной таблице значения аргумента и значения функции положительны. При условии  $a > 0$  прологарифмируем равенство:

$$\ln F = \ln a + m \ln x.$$

Функция  $F$  является приближающей для функции  $f$ . Следовательно, функция  $\ln F$  будет приближающей для функции  $\ln f$ . Введем следующее обозначение  $u = \ln x$ . Из этого всего следует, что  $\ln F$  будет функцией от  $u$ :  $\Phi(u)$ .

Обозначим:

$$m = A, \ln a = B.$$

Теперь равенство принимает следующий вид, а задача сводится к отысканию приближающей функции в виде линейной:

$$\Phi(u, A, B) = Au + B.$$

Для вычисления значений параметров  $a$  и  $m$  необходимо построить новую таблицу, прологарифмировав значения  $x$  и  $y$  в исходной таблице.

На рисунках 7 и 8 приведен пример 2 вычислений **геометрической регрессии**:

На рисунке 9 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 2.

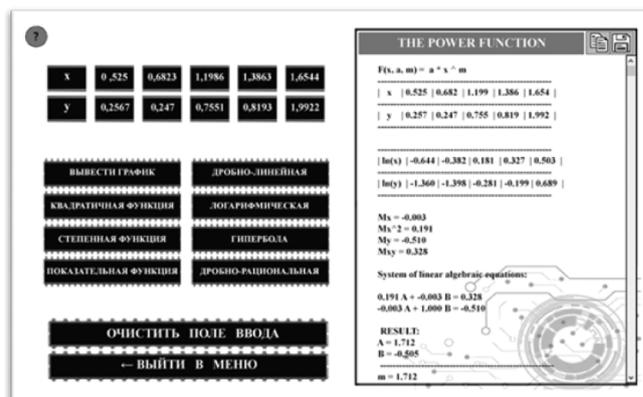


Рис. 7. Степенная функция (часть 1)

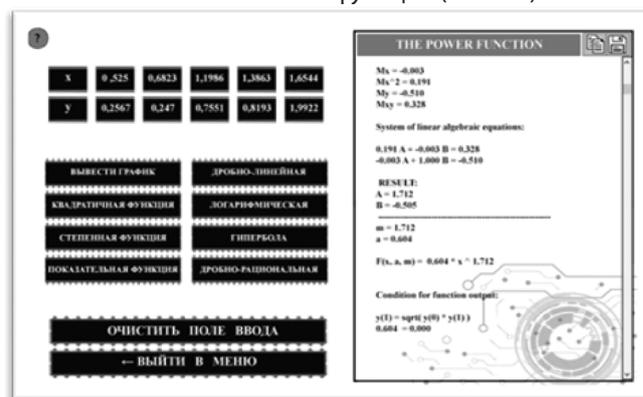


Рис. 8. Степенная функция (часть 2)

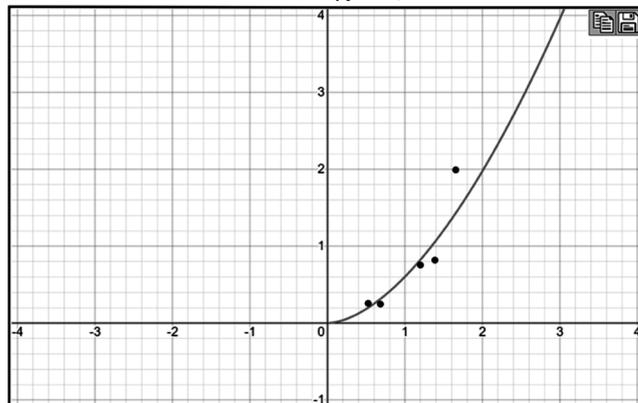


Рис. 9. График степенной функции

### 4. Показательная функция

Предположим, что нам необходимо искать приближающую функцию в виде **показательной функции**, имеющей следующий вид:

$$F(x, a, m) = ae^{mx}, a > 0.$$

Как и в предыдущем случае прологарифмируем равенство:

$$\ln F = \ln a + mx.$$

А затем введем аналогичные обозначения:

$$\ln F = Ax + B.$$

Таким образом, нахождения приближающей функции в виде показательной функции также сводится к линейной регрессии. Для вычисления значений  $a$  и  $b$  необходимо прологарифмировать значения функции в исходной таблице и рассматривать их совместно с исходными значениями аргумента.

На рисунках 10 и 11 приведен пример 3 нахождения приближающей функции в виде **показательной функции**:

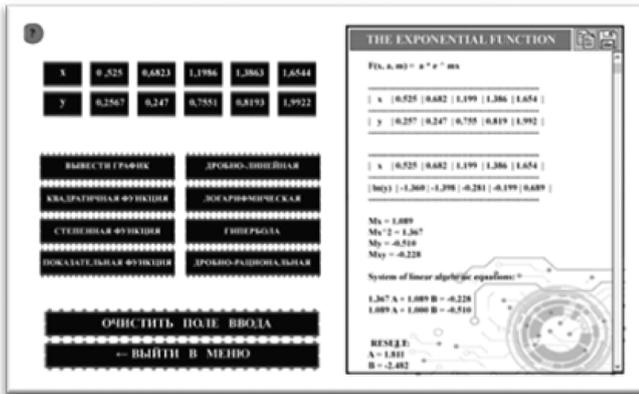


Рис. 10. Показательная функция (часть 1)

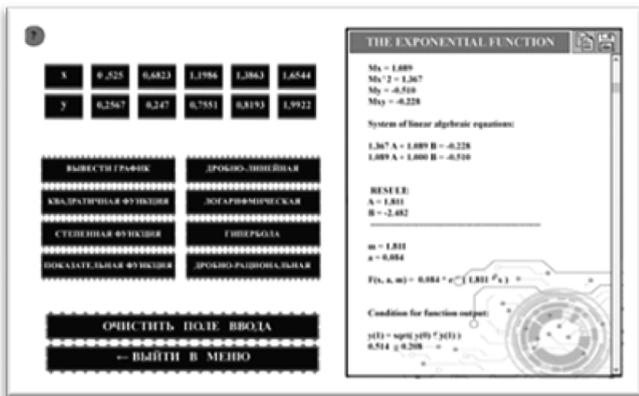


Рис. 11. Показательная функция (часть 2)

На рисунке 12 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 3:

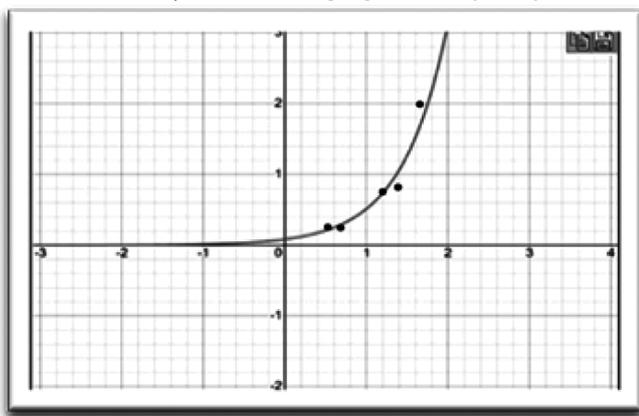


Рис. 12. График показательной функции

5. Дробно-линейная функция

Будем искать приближающую функцию в виде:

$$F(x, a, b) = \frac{1}{ax + b}$$

Данное равенство перепишем следующим образом:

$$\frac{1}{F(x, a, b)} = ax + b$$

Из последнего равенства следует, что для нахождения значений параметров  $a$  и  $b$  по исходной таблице необходимо составить новую таблицу, у которой значения аргумента оставить прежними, а значения функции заменить обратными числами. Затем найти для полученной таблицы приближающую функцию вида  $ax + b$ . Найденные значения параметров  $a$  и  $b$  подставить в исходную формулу.

На рисунках 13 и 14 приведен пример 4 нахождения приближающей функции в виде **дробно-линейной функции**:

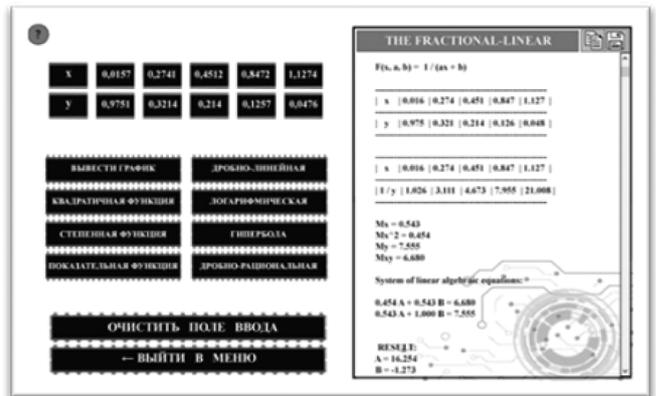


Рис. 13. Дробно-линейная функция (часть 1)

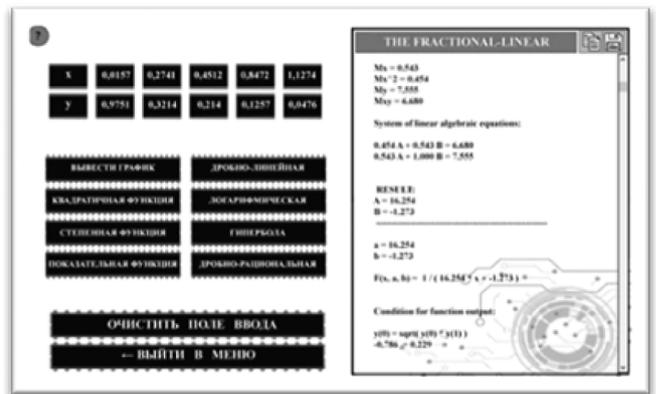


Рис. 14. Дробно-линейная функция (часть 2)

На рисунке 15 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 4:

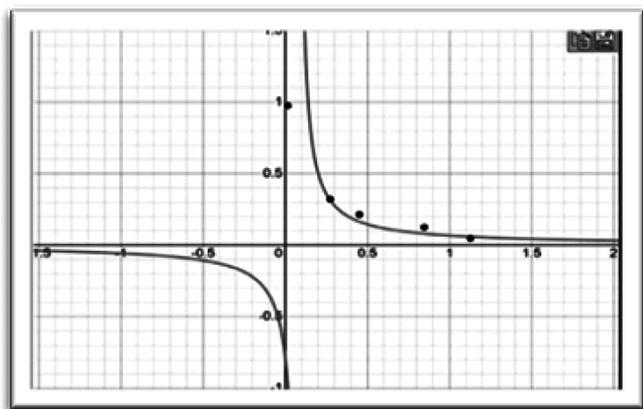


Рис. 15. График дробно-линейной функции

### 6. Логарифмическая функция

Пусть приближающая функция имеет следующий вид:

$$F(x, a, b) = a \ln x + b.$$

Для перехода к линейной функции необходимо сделать подстановку  $\ln x = u$ . А для нахождения значений  $a$  и  $b$  нужно прологарифмировать значения аргументов в исходной таблице и рассматривать полученные значения в совокупности с исходными значениями функции.

На рисунках 16 и 17 приведен пример 5 нахождения приближающей функции в виде **логарифмической функции**:

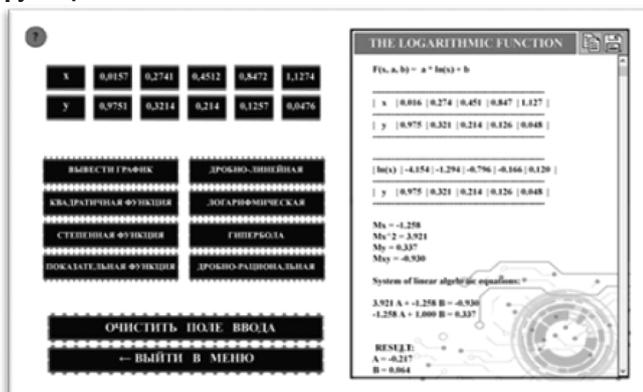


Рис. 16. Логарифмическая функция (часть 1)

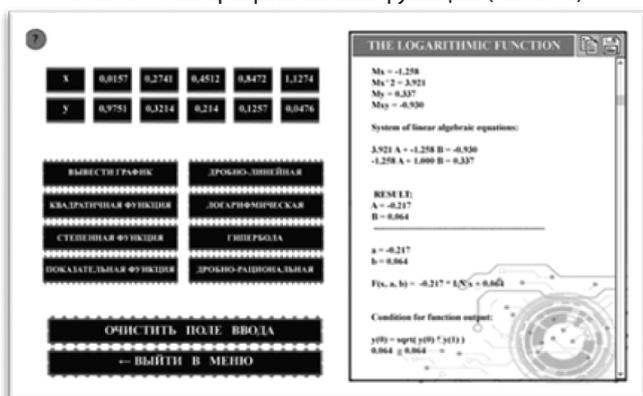


Рис. 17. Логарифмическая функция (часть 2)

На рисунке 18 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 5:

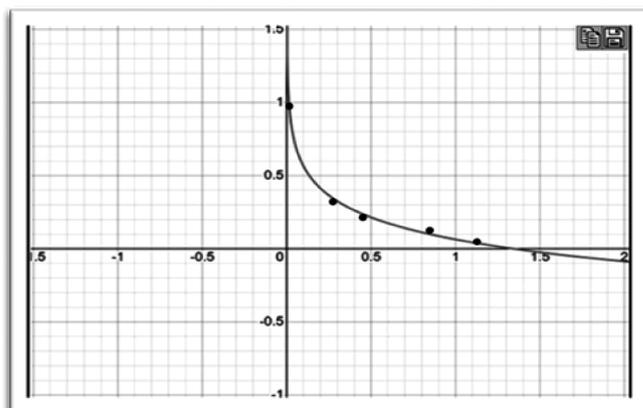


Рис. 18. График логарифмической функции

### 7. Гипербола

Будем искать приближающую функцию в виде:

$$F(x, a, b) = \frac{a}{x} + b.$$

Для перехода к линейной функции сделаем подстановку  $u = \frac{1}{x}$ , получим:

$$\Phi(u, a, b) = au + b.$$

Для нахождения приближающей функции в виде гиперболы значения аргумента в исходной таблице следует заменить обратными числами.

На рисунках 19 и 20 приведен пример 6 нахождения приближающей функции в виде **гиперболы**:

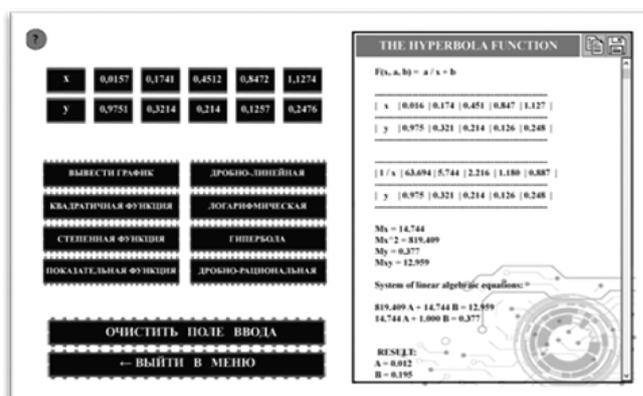


Рис. 19. Гипербола (часть 1)

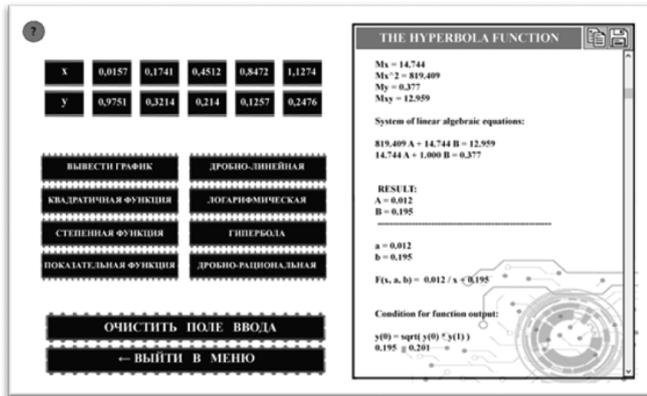


Рис. 20. Гипербола (часть 2)

На рисунке 21 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 6:

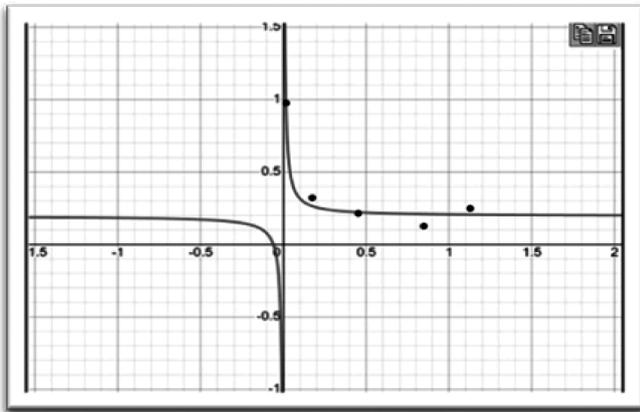


Рис. 21. График гиперболы

8. Дробно-рациональная функция

Предположим, что приближающую функцию необходимо искать в виде:

$$F(x, a, b) = \frac{x}{ax + b}.$$

Перепишем данное равенство в следующем виде:

$$\frac{1}{F(x, a, b)} = a + \frac{b}{x}.$$

Теперь задача сводится к случаю, рассмотренному в предыдущем пункте. Заменяем значения x и y обратными величинами:

$$z = \frac{1}{x}, u = \frac{1}{y}.$$

Построим новую таблицу, учитывая обозначения, и будем искать приближающую функцию в виде:

$$u = bz + a.$$

На рисунках 22 и 23 приведен пример 7 нахождения приближающей функции в виде дробно-рациональной функции:

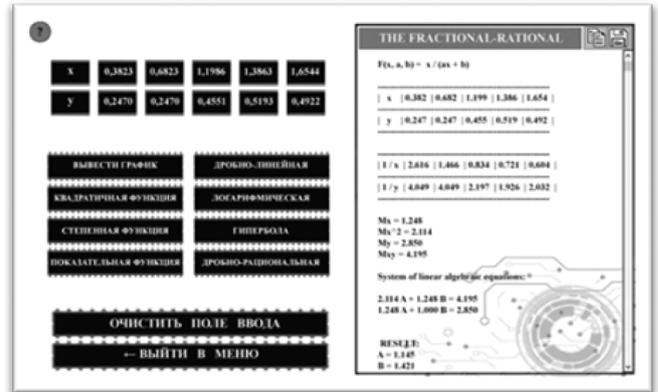


Рис. 22. Дробно-рациональная функция (часть 1)

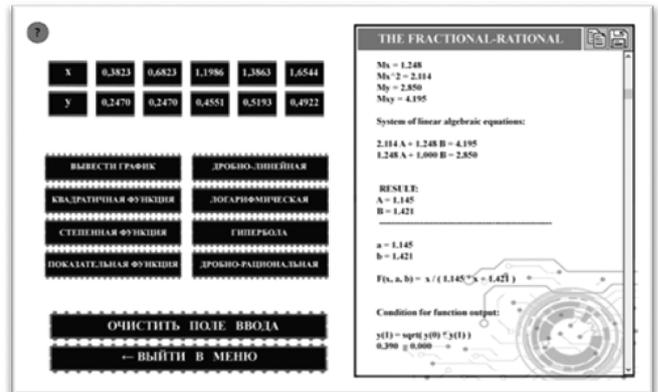


Рис. 23. Дробно-рациональная функция (часть 2)

На рисунке 24 показан график, полученный после нажатия на кнопку «Вывести график» из примера 7:

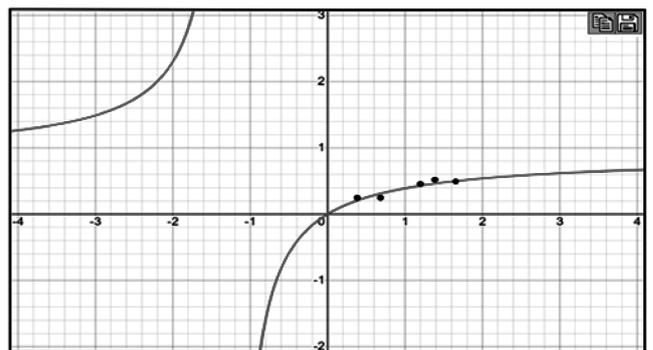


Рис. 24. График дробно-рациональной функции

Подводя итоги, можно сказать, что была разработана и реализована программа, написанная на языке программирования C++, представляющая собой калькулятор аппроксимации функции путем нахождения приближающей функции в виде основных элементарных функций. Таким образом, все поставленные задачи решены, и цель работы достигнута.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиева М.А., Ксенофонтов А.С., Блиева О.З., Дзамихова Ф.Х., Езаова Б.З., Тлепшева Д.А. РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2023. — №01. — С. 68–76 DOI 10.37882/2223–2966.2023.01.10
2. Роберт Лафоре. Объектно-ориентированное программирование в C++. Электронное издание.
3. Георгиева М.А., Езаова А.Г., Арванова С.М., Чочиева А.М., Лосанов Х.Х., Тлепшева Д.А. Разработка калькулятора для вычисления интегралов численным методом по формулам Ньютона-Котеса // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2022. — №10/2. — С. 44–54 DOI 10.37882/2223-2966.2022.10-2.07
4. Бердышев В.И., Петрак Л.В. Аппроксимация функций, сжатие численной информации, приложения. Электронное издание.
5. А.М. Данилов, И.А. Гарькина. Интерполяция, аппроксимация, оптимизация: анализ и синтез сложных систем. Электронное издание.

---

© Георгиева Марьяна Альбековна (maryana.g@list.ru); Езаова Алена Георгиевна (alena\_ezaova@mail.ru);  
Канукоева Ляна Владимировна (armand97a@mail.ru); Арванова Саният Мухамедовна (sani\_07@mail.ru);  
Георгиева Ирина Альбековна (irka2725@mail.ru); Тлепшева Диана Ануаровна (tlepshieva@list.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАСПОЗНАВАНИЕ ФЕЙКОВОГО (ПОДДЕЛЬНОГО) ВИДЕОКОНТЕНТА, СИНТЕЗИРОВАННОГО С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DEEPFAKE АЛГОРИТМА GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK (GAN)

## RECOGNITION OF FAKE (SPURIOUS) VIDEO CONTENT SYNTHESIZED USING DEEPFAKE TECHNOLOGY OF THE GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORK (GAN) ALGORITHM

**A. Dzhurov**  
**L. Cherckesova**  
**E. Revyakina**

*Summary.* In the modern world, one of the main and actual problems is fake (false) content: news, videos, photos, etc. At the early stage of the development of DeepFake imitation technology, it was used mainly by amateur users to synthesize entertaining multimedia content by comparing people's facial expressions and phrases said, as a rule, by recognizable personalities, to create fake news that looks authentic. But the political situation has changed, and DeepFake technology has been used not only to compromise undesirable persons, but also for disinformation and political agitation, as an integral part of the information war. The purpose of study: software implementation of the video content recognition algorithm synthesized using the DeepFake technology of the Generative Adversarial Networks (GAN) algorithm with acceptable correctness and accuracy. The paper proposes the software implementation that analyzes video content and makes decision about its authenticity. The main architectures of the GAN algorithm are presented; the results and consequences of using DeepFake technology are considered. The analysis of the features of the Xception and ResNeXt models trained using neural networks is carried out. Methods: for the operation of the system, the appropriate neural networks were selected based on the results of their productivity. The software implementation uses ResNeXt and XceptionNet models, as well as a pre-trained human face recognition model BlazeFace, used for face recognition on extracted images. Results: the Deep\_Fake\_Recognizer-23 software tool has been created that recognizes fake video content synthesized using DeepFake technology using the GAN algorithm with acceptable correctness and accuracy.

*Keywords:* information war, false content, DeepFake, Generative Adversarial Networks (GAN) algorithm; neural networks, discriminator.

**Джуров Александр Андреевич**

Аспирант,

Донской государственный технический университет  
sashaz1696@yandex.ru

**Черкесова Лариса Владимировна**

Д.ф.-м.н., профессор,

Донской государственный технический университет  
chia2002@inbox.ru

**Ревякина Елена Александровна**

К.т.н., доцент

Донской государственный технический университет  
revyelena@yandex.ru

*Аннотация.* В современном мире одной из основных и актуальных проблем является фейковый (ложный) контент: новости, видео, фото и т.д. На раннем этапе развития технологии глубокого подражания (подделки) DeepFake она применялась в основном пользователями-любителями, для синтеза развлечения развлекательного мультимедийного контента, путём сопоставления выражений лиц людей и фраз, сказанных, как правило, узнаваемыми личностями, для создания фейковых новостей, выглядящих как подлинные. Но политическая ситуация изменилась, и технология DeepFake стала использоваться не только для компрометации неугодных лиц, но и для дезинформации и политической агитации, как составная часть информационной войны. Цель исследования: программная реализация алгоритма распознавания видеоконтента, синтезированного с помощью технологии DeepFake алгоритма Generative Adversarial Networks (GAN), с приемлемой точностью. В работе предложена программная реализация, анализирующая видеоконтент и принимающая решение о его подлинности. Представлены основные архитектуры алгоритма GAN, рассмотрены результаты и последствия применения технологии DeepFake. Проведен анализ особенностей моделей Xception и ResNeXt, обученных с помощью нейронных сетей. Методы: для работы системы осуществлен выбор соответствующих нейронных сетей на основе результатов их производительности. В программной реализации использованы модели ResNeXt и XceptionNet и предварительно обученная модель распознавания человеческих лиц BlazeFace, применяемая для распознавания лиц на извлеченных изображениях. Результаты: создано программное средство Deep\_Fake\_Recognizer-23, распознающее фейковый видеоконтент, синтезированный по технологии DeepFake по алгоритму GAN с приемлемой точностью.

*Ключевые слова:* информационная война, ложный контент, DeepFake, алгоритм Generative Adversarial Networks (GAN); нейронные сети, дискриминатор.

## Введение

В работе разрабатывается программная реализация, предназначенная для анализа видеоконтента Web-ресурсов и вывода решения о его поддельности или подлинности с приемлемой вероятностью, используя нейросетевые технологии искусственного интеллекта. Анализу подвергается использование интеллектуальной технологии Deepfake и алгоритма Generative Adversarial Networks (GAN) при создании фейкового видеоконтента с помощью алгоритмов его распознавания.

Технология Deepfake [1] представляет собой методику компьютерного синтеза изображения, основанную на искусственном интеллекте, которая используется для соединения и наложения существующих изображений и видео на исходные изображения или видеоролики. Искусственный интеллект использует синтез изображения человека, объединяя несколько кадров, на которых человек запечатлен с различных ракурсов и с различным выражением лица, после чего синтезирует из них видеоролик [2]. Технология Deepfake представляет собой данные, полученные с помощью синтеза, в содержании которых личность и его лицо из реального видеоряда может быть заменена на другую личность. Как правило, результаты имеют формат видеозаписи, аудио или фото. Технология DeepFake позволяет создавать и заменять различные элементы существующих видеороликов на другие элементы, с помощью искусственного интеллекта и обучения нейронных сетей. Однако всё чаще её используют в корыстных целях. Существуют факты злонамеренного использования технологии DeepFake [3], к которым относятся проблемы социальной стабильности и национальной безопасности, развития организованной преступности, рисков для репутации медийных лиц и обычных граждан, с последующим шантажом и вымогательством денег, и др. Многочисленные угрозы злоумышленников уже были неоднократно реализованы с помощью использования алгоритма Generative Adversarial Networks (GAN), и есть все основания полагать, что в ближайшее время количество поддельного видеоконтента будет только возрастать. Новая угроза использования дипфейков — это дезинформация в политике в рамках информационной войны. Дипфейки быстро создаются и легко распространяются в широкой аудитории [4].

## Предлагаемая методология

### Алгоритм GAN

В широко распространённом алгоритме Generative Adversarial Networks используется нейросетевые технологии. В терминологии сферы искусственного интеллекта две применяемые искусственные нейронные сети (ИНС) носят название *синтезатора (генератора)* и *дискриминатора (детектора)* [5].

Генерирующий алгоритм, на вход которого поступают случайные данные, синтезирует уникальный контент. Другая ИНС, являющаяся дискриминатором, проверяет контент, чтобы убедиться, что он соответствует исходным данным. Такая конкуренция двух ИНС, по сути, и составляет основной принцип работы алгоритма GAN. Нейронная сеть — синтезатор выдаёт в качестве результата реалистичный видеоконтент, в том числе, с использованием медийных лиц. Рассматривая синтез изображений через призму математических вычислений, нейросети, синтезирующие картинки Web-контента (статические графические изображения) и видео (динамические изображения) не регистрируют различий, при том, что полученный видеоряд может использоваться для различных целей.

В процессе создания фейкового видеоряда генерируется множество последовательных изображений, обусловленных необходимостью придавать естественность движениям людей, чтобы избежать резкого несогласованного движения частей тела от кадра к кадру. Такая плавность изображения на кадрах видеоряда достигается за счёт различных модификаций алгоритма GAN [6].

Чтобы придать естественность движениям объекта на видео и улучшить его трёхмерное изображение, в нейронную сеть нужно загрузить ряд фотографий объекта, сделанных с разных ракурсов. Если одинаково фотографировать людей, например, с бородой и без бороды, то получить точных результатов не удастся. Поэтому не стоит опасаться, что злоумышленники могут взять фотографии из социальных сетей и создавать дипфейки на основе подобных изображений [7].

Для того чтобы создать качественное искусственное изображение на основе фотографий, понадобится сделать ряд фотоснимков, выполненных с различных ракурсов, вручную создать трёхмерную модель, синтезировать множество отдельных изображений этой 3D-модели и загрузить их в нейросеть [8].

Алгоритм GAN используют две видеопоследовательности: первая — с изображением лица человека, которая используется для замены лица на второй видеопоследовательности, а вторая — исходная, в которой и выполняется замена лица. На качество результата влияет множество характеристик исходного файла и входных данных (например, разрешение и продолжительность видеофайла, выражение лица человека, используемое в синтезе, относительное сходство лиц, освещённость изображения в видеоклипе и т.д.). Процесс предполагает ряд этапов.

*Этап 1* — происходит распознавание черт лица человека в видеокадрах, полученных из видеоролика. Для упрощения сложных вычислений, каждый кадр прове-

руется, и некорректные и/или неудачные отбрасываются. К ним относятся образцы из множества, которые не содержат чётко определяемых человеческих черт. Возможны ситуации, когда лицо закрыто различными предметами, или смазано. На этой стадии можно улучшить качество конечного продукта.

*Этап 2* — происходит процесс определения контуров человеческого лица в кадрах, полученных из второго видеоряда. Главным отличием является тот факт, что в данной ситуации, в каждом отдельном образце, необходимо извлечь все лица, находящиеся на картинке, даже если конкретное лицо будет нечётким или мутным, что обусловлено невозможностью провести замену лица человека без соблюдения правил, без которых добиться высокого качества результата не получится.

*Этап 3* — обучение искусственной нейронной сети на наборах данных (датасетах), содержащих изображения на видеоряде. Для тренировки нейронной сети необходимо выбрать одну из возможных моделей обучения и подобрать её архитектуру. Обучение ИНС, в свою очередь, является базовой циклической процедурой, выполняемой относительно алгоритма GAN. От качества датасетов, используемых для обучения, зависит и качество работы нейронной сети.

*Этап 4* — тренировка работы ИНС. Это наиболее затратная и ресурсоемкая часть, по длительности она может занять как несколько суток, так и несколько недель. Чем больше продолжительность тренировок, тем лучшими окажутся результаты. На качество результатов, помимо длительности обучения и качества исходного материала, влияет и производительность оборудования.

По результатам обучения, выполненного на 4 этапе, проводится пок кадровое наложение сгенерированных лиц на изображения, полученные из исходного материала. Возможно использование нескольких режимов наложения.

*Этап 5* — конечная стадия алгоритма GAN, заключающаяся в процессе наложения кадров на видеоряд получаемого видеоролика, с точно такой же частотой фреймов и звуковым сопровождением, которые были в исходном файле [9].

Каждая стадия работы алгоритма требует различных временных ресурсов как от человека, так и от компьютера. Время работы программного средства, пок кадрово извлекающего изображения из видео, может составить несколько минут, однако для проверки результатов человеку может потребоваться несколько часов.

Перечислим самые известные направления работы алгоритма GAN, которые активнее всего используют

ИТ-сообществом: конвертация исходной картинки между состояниями (CycleGAN); создание изображения на основе текстового описания, напечатанного или даже написанного человеком от руки, а впоследствии распознанного интеллектуальным алгоритмом (процесс преобразования текста в изображение); создание изображения с очень высоким разрешением, что предполагает развитие классического алгоритма до идеала, и др.

Разрабатываемая интеллектуальная система состоит из двух нейронных сетей, генератора и дискриминатора (детектора), обучаемых по методу *backpropagation* (метод обратного распространения ошибки). Суть метода состоит в том, что распространение сигнала о неточности значений искомым входных и выходных точек (input-output) происходит в направлении, обратном прямому распространению сигнала, в стандарте метода прямого распространения ошибки [10].

На рис. 1 представлена схема работы алгоритма GAN.

Из множества случайных чисел (случайного шума из заранее выбранного распределения) генератор создает требуемую картинку, причём изображение должно быть максимально реалистичным. Синтез происходит на основе имеющегося набора данных. Далее данные передаются детектору, который представляет собой двоичный классификатор, который с наибольшей точностью определяет, является ли входная выборка реальной (в этом случае вывод скалярного значения равен 1) или ложной (вывод скалярного значения равен 0).

В детектор (дискриминатор) попадает образец, синтезированный генератором, и обрабатываемое изображение. В генератор поступает информация о причине, по которой дискриминатор определил текущую выборку как синтезированный контент.

Дискриминатор должен выполнять свою работу максимально качественно. Когда поддельный образец (созданный генератором) передается дискриминатору и производятся соответствующие вычисления, результаты всегда округляются не в пользу генератора. Однако он должен сгенерировать образцы таким образом, чтобы дискриминатор допустил ошибку, назвав его подлинным.

В конце каждой итерации детектор получает информацию от специального контролирующего блока о том, правильно ли он выполнил свою работу или нет. Такой блок называется блоком потерь или функцией Loss.

Важно отметить, что в генератор не поступают образцы из оригинального набора данных (датасета), он изменяет веса своих нейронов, ориентируясь и опираясь только на результаты, полученные от детектора.

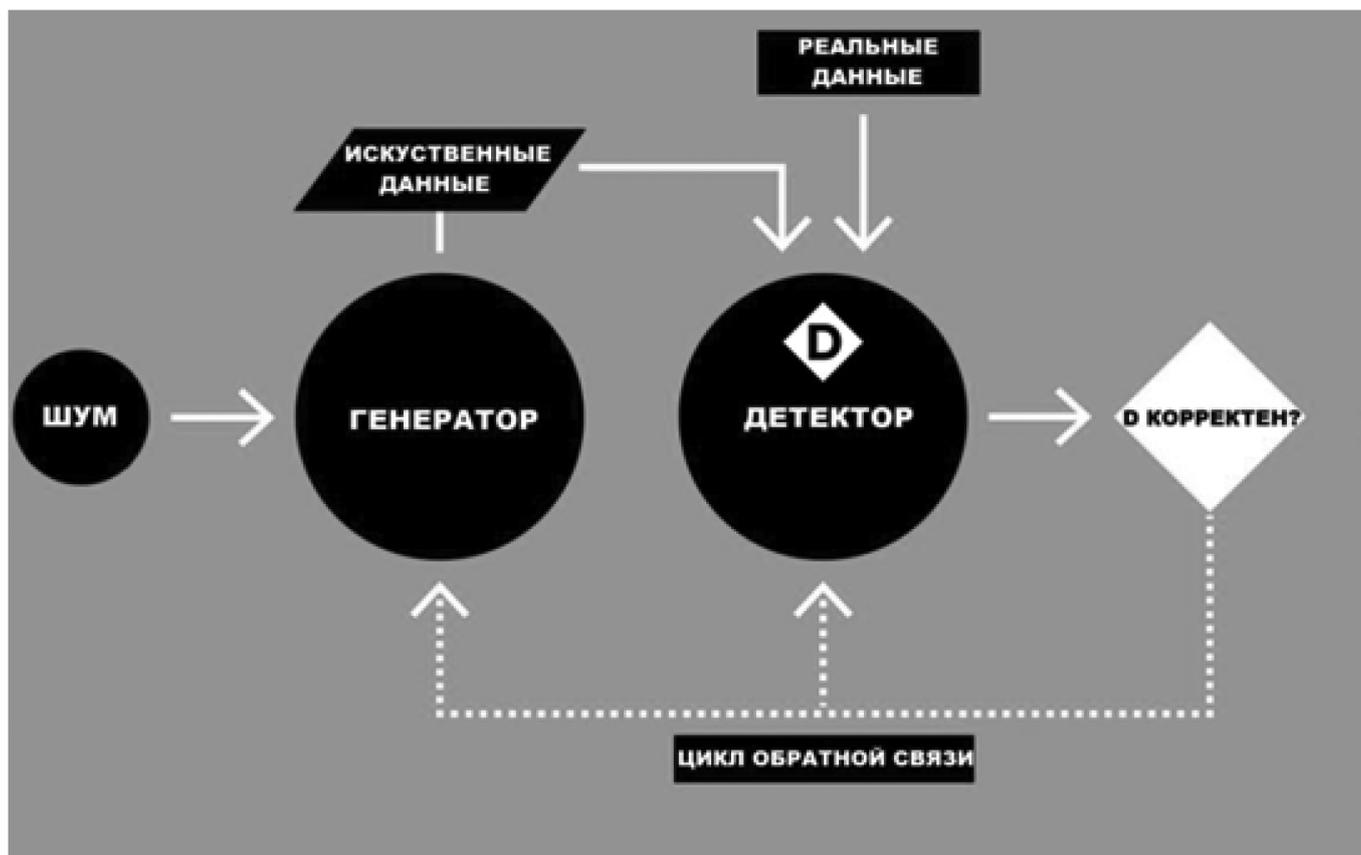


Рис. 1. Схема работы алгоритма Generative Adversarial Networks (GAN)

Рассмотрим выполнение обработки. Это формула оптимизации от минимального к максимальному, в которой генератор хочет минимизировать целевую функцию, в то время как дискриминатор хочет ее максимизировать:

$$V(D,G) = \int_{P_{data}} (x) \times [\log D(x)] + \int_{P_Z} (Z) \times [\log_{(1-D)} D(G(Z))], \quad (1)$$

где  $V(D,G)$  — целевая функция.

Различающей функцией является  $D(G(Z))$ , а функцией искусственной нейронной сети (ИНС) синтезатора является  $G(Z)$ .  $P_Z(Z)$  — это вероятности, распределенные в скрытом пространстве (нормальное распределение), которое обычно является случайным (рандомным) гауссовским распределением.  $P_{data}$  — это распределение вероятностей обучающего набора данных.

На этапе выбора образца из  $P_{data}$  детектор искусственной нейронной сети (ИНС — детектор) делает попытку его определить, как истинный образец.  $G(Z)$  — это выборка, являющаяся результатом процесса синтеза, если  $G(Z)$  указан в качестве входного параметра *input* для ИНС-детектора, который должен определить его подлинный или поддельный характер.

Дискриминатору необходимо уменьшить вероятность  $D(G(Z))$  до нуля. Следовательно, он стремится мак-

симизировать значение  $(1 - D(G(Z)))$ , в то время как генератор хочет увеличить вероятность  $D(G(Z))$  до 1, чтобы дискриминатор допустил ошибку при вызове сгенерированной выборки в качестве подлинной. Поэтому генератор стремится минимизировать значение данного выражения.

При такой постановке задачи градиент детектора будет принимать положительное значение, так как значение функции оптимизации будет возрастать с каждой итерацией, а градиент генератора станет антиградиентом, то есть его значение при каждом шаге будет уменьшаться.

В перечень известных архитектур входят: CycleGAN, StyleGAN, PixelRNN (авторегрессивная модель), Text-2-Image (создание изображения на основе введенного текста), DiscoGAN (вариант архитектуры CycleGAN с незначительными изменениями, направленными на уменьшение потребления ресурсов).

#### Основные методы и средства разработки программного средства

При разработке программного средства использован язык программирования Python 3.11. В качестве среды разработки — IDE Microsoft Visual Studio Code. Применены следующие библиотеки языка Python:

- openCV — библиотека компьютерного зрения, которая предназначена для анализа, классификации и обработки изображений [11];
- NumPy — открытая бесплатная библиотека языка Python, предназначенная для работы с многомерными массивами [12];
- Pandas — высокоуровневая библиотека Python для анализа данных [13];
- PyTorch — современная библиотека глубокого обучения [14];
- Deepfakeutils — библиотека, включающая в себя модели обучения и инструменты, необходимые для создания и детектирования Deepfake-контента.

Программное средство должно принимать на вход тестовые данные, обрабатывать их, выводить итоги тестирования и генерировать файлы-результаты с вердиктом о синтезированности искомого видеоряда.

*Используемые модели*

При реализации программного обеспечения использованы предварительно обученные модели распознавания человеческих лиц на извлечённых изображениях. Такие модели (например, BlazeFace), применяющиеся в машинном обучении, были разработаны корпорацией Google с целью определения местонахождения основных точек человеческого лица относительно друг друга. Для разработки системы был осуществлён выбор искусственных нейронных сетей на основе характеристик их производительности и продуктивности, например, ИНС ResNeXt [15], и XceptionNet [16], применённые в рамках данного исследования.

Модели нейронных сетей обучались с использованием выбранного алгоритма ИНС на сервисе Google Cloud Platform, используемом разработчиками в сфере искусственного интеллекта и машинного обучения.

Каждая из моделей была протестирована на основе доступных тестовых видеоданных с целью проверки качества работы и поддержания точности. Как только окончательная модель проходит все проверки, она может быть запущена в производство, и, со временем, улучшает свои характеристики.

Архитектура Inception, предложенная в 2015 году, не выбирает размер ядра, а использует одновременно несколько массивов, которые восстанавливаются в одно и то же время, и использует слияние для вывода каналов. Однако такая архитектура значительно увеличивает количество операций, которые нужно выполнить для вычисления в рамках отдельно взятого слоя.

Поэтому разработчики предложили хитрость: перед каждым свёрточным блоком рекомендуется делать

свёртку с размером ядра 1x1, подающегося на вход свёрткам с большими размерами ядер [17]. Свёрточный слой в прочих архитектурах обычно одновременно обрабатывает как пространственную информацию (корреляцию соседних точек внутри одного канала), так и данные между каналов, так как свёртка будет применена ко всем каналам сразу.

Архитектура Xception основана на теории, что обработка двух типов информации, непосредственно в последовательности, не приводит к снижению качества сети, и разлагает традиционную свертку на кросс-канальную (которая имеет дело только с межканальными корреляциями) и пространственную (которая имеет дело только с пространственными корреляциями внутри каждого канала). Получившаяся конструкция и составляет полный модуль Inception [18].

Архитектура Xception (рис. 2) основана на теории, что обработка двух типов информации непосредственно в последовательности не приводит к снижению качества сети, и разлагает традиционную свертку на кросс-канальную (которая имеет дело только с межканальными корреляциями) и пространственную (которая имеет дело только с пространственными корреляциями внутри каждого канала). Получившаяся на рисунке конструкция и составляет полный модуль Inception [19].

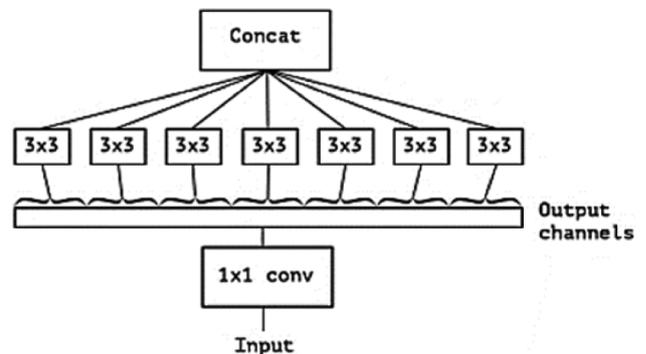


Рис. 2. Схема блока Xception

Вместо выполнения обычного алгоритма блока искусственной нейронной сети, последовательно выполняется два следующих шага [20]:

1. Нужно свернуть имеющийся тензор размером 1x1 подобно тому, как это выполнялось в блоке Inception, получив новый тензор. Это операция называется *pointwise convolution (точечная свёртка)*.
2. Далее требуется свернуть каждый канал по отдельности, сверткой с параметрами 3 x 3 (в этом случае размерность не изменится, так сворачиваются не все каналы вместе, как в обычном свёрточном слое). Это операция называется *depthwise spatial convolution (пространственная свертка по глубине)*.

Исходные данные, которые разделяются по глубине свёртки, выполняют первую пространственную свёртку относительно отдельно взятого канала, а затем выполняют свертку  $1 \times 1$ , тогда как модификация сначала выполняет свертку  $1 \times 1$ , а затем пространственную свёртку по отдельному каналу.

В исходном начальном этапе после первой выполненной операции характерна нелинейность. В исключении, в модели ResNeXt, в модифицированной разделяемой свёртке по глубине, промежуточной нелинейности нет. В ходе выполнения промежуточных тестов, сообществом разработчиков этой модели было доказано, что агрегированные преобразования превосходят стандартный модуль ResNet (сравнение суммы весов нейронных слоев) даже при условии ограничения сложности и размера модели, сохраняемых компьютером. Следует подчеркнуть, что хотя повысить точность нетрудно за счёт увеличения количества слоёв, методы повышения сложности на практике встречаются редко [20].

Модели нейронных сетей обучались с использованием выбранного алгоритма искусственной нейронной сети на сервисе Google Cloud Platform, широко используемом разработчиками в сфере ИИ и машинного обучения.

Сверточный слой в такой архитектуре обрабатывает внутриканальную и межканальную информацию последовательно, в рамках одного процесса. Это позволяет снижать нагрузку на ИНС, так как количество весов в рамках одного вычисления снижается. На рис. 3 изображена схема работы блока ResNeXt.

Метод основан на том, что мощность (размер серии преобразований) — это конкретное измеряемое значение (не являющееся константой), имеющее центральное значение наряду с измерениями ширины и глубины.

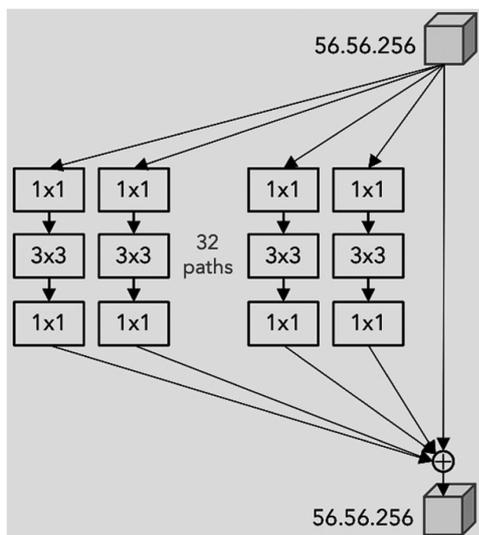


Рис. 3. Схема блока ResNeXt

Эксперименты показывают, что повышение производительности является более эффективным способом повышения точности, чем углубление или расширение изображения, особенно когда глубина и ширина начинают давать существующим моделям меньшие результаты при анализе функции потерь.

Простейшие нейроны в искусственной нейронной сети выполняют внутреннее произведение (взвешенную сумму), представляющее собой элементарное преобразование, выполняемое полносвязными и сверточными слоями [20].

Соответственно, чем больше вес внутри отдельно взятого слоя, тем больше вероятность, что характерные его признаки будут доминирующими при обучении и при дальнейшем распределении весов. Данная серия вычислений называется  $wixi$ . Эта операция отображена на рис. 4.

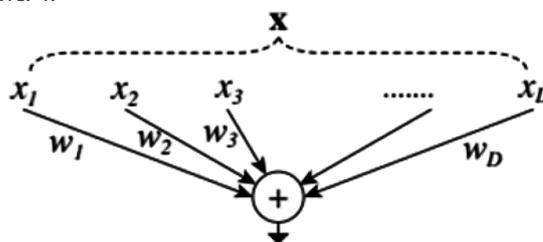


Рис. 4. Серия вычислений  $wixi$

Задача определения ключевых точек имеет важное значение для распознавания и анализа человеческих лиц. Поэтому для решения этой проблемы были предложены различные методы. Классические методы, такие как *Random forest*, *Gradient boosting* и *SVM*, являются наиболее известными. Однако они сложны в реализации и не очень стабильны. В последние годы для решения задач компьютерного зрения были разработаны методы, связанные с высокоточными глубинными нейронными сетями. Решения на основе нейронных сетей быстро превосходят традиционные методы по точности, стабильности и общности модели в основных задачах компьютерного зрения.

#### Схема работы разработанного ПО

Алгоритм проверки видео на подделку состоит из обязательных шагов.

1. Загрузка предварительно обученных моделей ResNeXt и Xception, которая выполняется с помощью модуля *gdown*, представляющего собой одну из базовых библиотек по скачиванию файлов из сети Интернет.
2. Переход в модуль получения результатов предугадывания относительно модели ResNeXt. Выводом является величина отклонения в предугадывании.

3. Переход в модуль получения результатов предугадывания относительно модели Xception. Выводом является величина отклонения в предугадывании.
4. Вычисление среднего значения точности предугадывания, находится среднее арифметическое коэффициентов отклонений.
5. Если среднее значение точности предугадывания оказывается больше некоторого порогового значения (которое задается вручную), то выводом является заключение о том, что видео является поддельным — фейковым. Иначе — выводом является заключение о его подлинности.

Описанные шаги является действенным способом определения фейкового (поддельного или, наоборот, подлинного) видеоконтента, синтезированного с помощью технологии Deepfake алгоритма GAN, работающим с приемлемой точностью. Описанный алгоритм представлен в качестве блок-схемы на рис. 5.

В разработанном программном средстве также присутствует модуль получения результатов предугадывания отдельной модели.

Алгоритм его работы состоит из следующих шагов.

1. Извлечение видеок кадров с лицами людей из искомого видеоряда.
2. Форматирование каждого кадра, проводящееся для конкретной модели.
3. Нормализация данных каждого видеок кадра, и подача видеоряда на анализ.
4. Получение и анализ результатов обработки видеок кадров.
5. Вывод результатов (в консоль или в качестве видеоряда).

Алгоритм представлен в качестве блок-схемы на рис. 6.

Вместе с этим, программная реализация включает в себя модуль анализа данных. Его работа состоит из нескольких этапов.

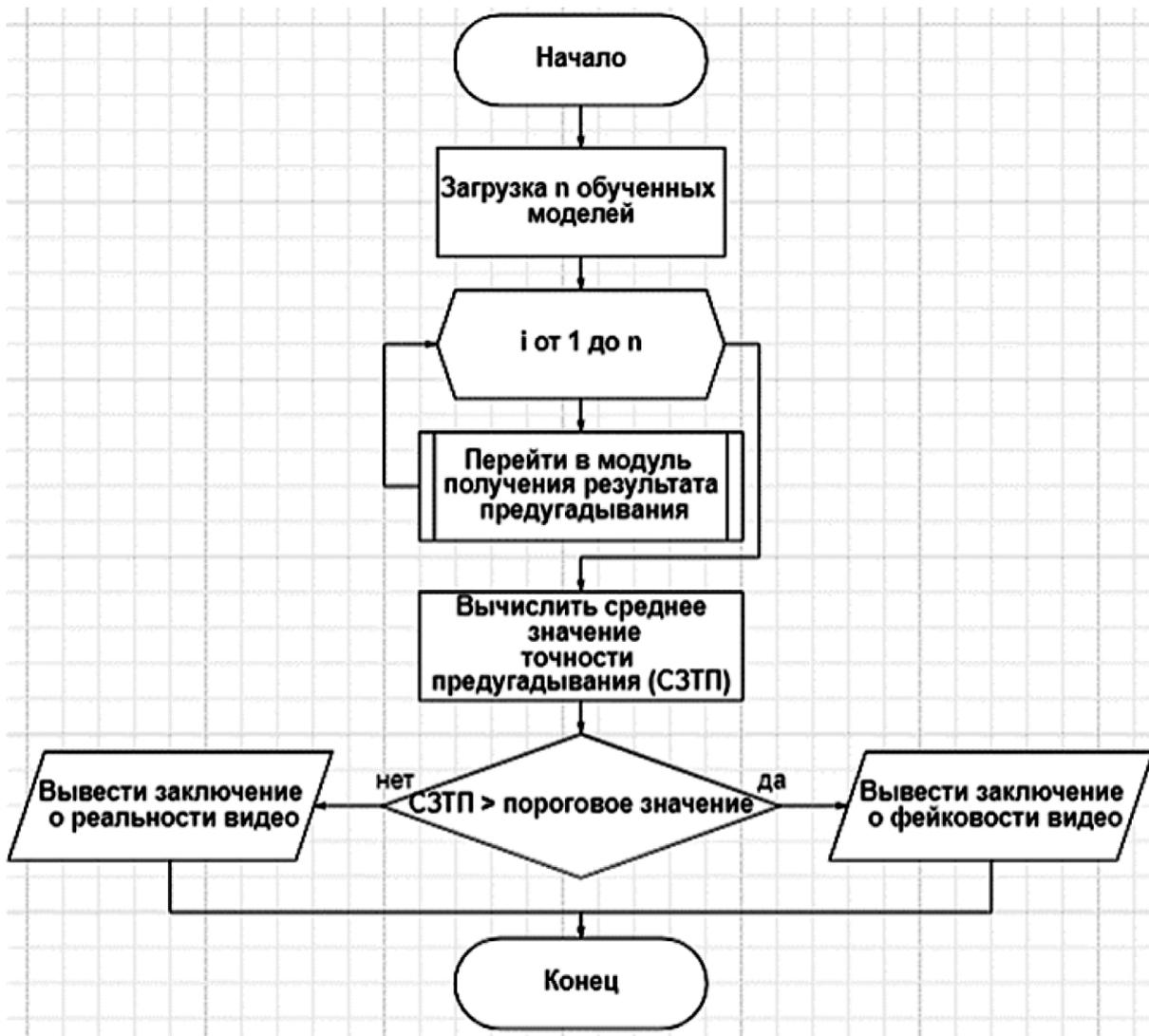


Рис. 5. Блок-схема работы основного алгоритма программы

1. Преобразование данных каждого видеокadra в тензор.
2. Если применяется модель искусственной нейронной сети Xception, то анализ происходит относительно этой модели, иначе — относительно модели ResNeXt.
3. Отключение градиентного спуска.
4. Выгрузка модели и запуск процесса предугадывания.
5. Нормализация данных с помощью сигмоиды.
6. Вывод среднего значения всех элементов массива.



Рис. 6. Блок-схема алгоритма получения результата предугадывания

### Результаты исследований и их анализ

#### Функции разработанной программы

Программа обладает следующими функциональными возможностями.

1. Происходит подготовительная обработка образца — анализ и проверка видеоряда на предмет его поддельности (получение ответа на вопрос, является

ли видеоконтент синтезированным с помощью технологии Deepfake алгоритма Generative Adversarial Network (GAN), или же он является подлинным.

Для этого на вход функции подается путь к видеоролику (в файловой системе). Образец проходит покадровую проверку на наличие лица человека в каждом отдельном фрейме. Если распознавание прошло успешно, то данные добавляются в список. По желанию, можно оставить фиксированное количество сэмплов с наилучшим качеством среди представленных.

Если конечное число кадров с лицами ненулевое, то запускается цикл, в котором каждый кадр форматируется. Изменяется его размер (изотопически), после чего стороны кадра уравниваются, он становится условно квадратным.

2. Вывод текстового заключения о поддельности или подлинности отдельно взятого видеоряда, с приемлемой точностью, с вероятностью, в процентах.

На основе анализа видеоряда делается текстовое заключение со сведениями, отражающими тот факт, является ли данный образец синтезированным с помощью технологии Deepfake алгоритма GAN, или нет. Вывод происходит в консоли.

3. Вывод текстового заключения о поддельности или подлинности любого произвольного количества видеороликов, находящихся в одной директории (папке или каталоге) файловой системы, с приемлемой точностью. Вывод текстового заключения относительно каждого видеоролика из предложенного списка.

4. Вывод видеозаключения о поддельности или подлинности отдельно взятого видеоряда с приемлемой точностью. Параметры нормализации являются рекомендуемыми разработчиками ResNeXt нейронной сети, для этого также создается отдельный объект класса нормализации. При анализе в качестве основного контейнера используется двумерный список, сгенерированный с помощью библиотеки NumPy. Инструмент по обработке образцов — сэмплов реализован в виде класса — наследника от основного класса.

Для выполнения основного функционала разработанного программного средства используются модули компьютерного зрения. Инициализируются объект-рекордер (для записи) и объект-плеер (для воспроизведения записи). Каждый объект покадрово проходит по образцу, создавая новый видеоролик, содержащий результат работы программного средства. По желанию, можно изменить его цветовую палитру, ускорить или замедлить темп его воспроизведения.

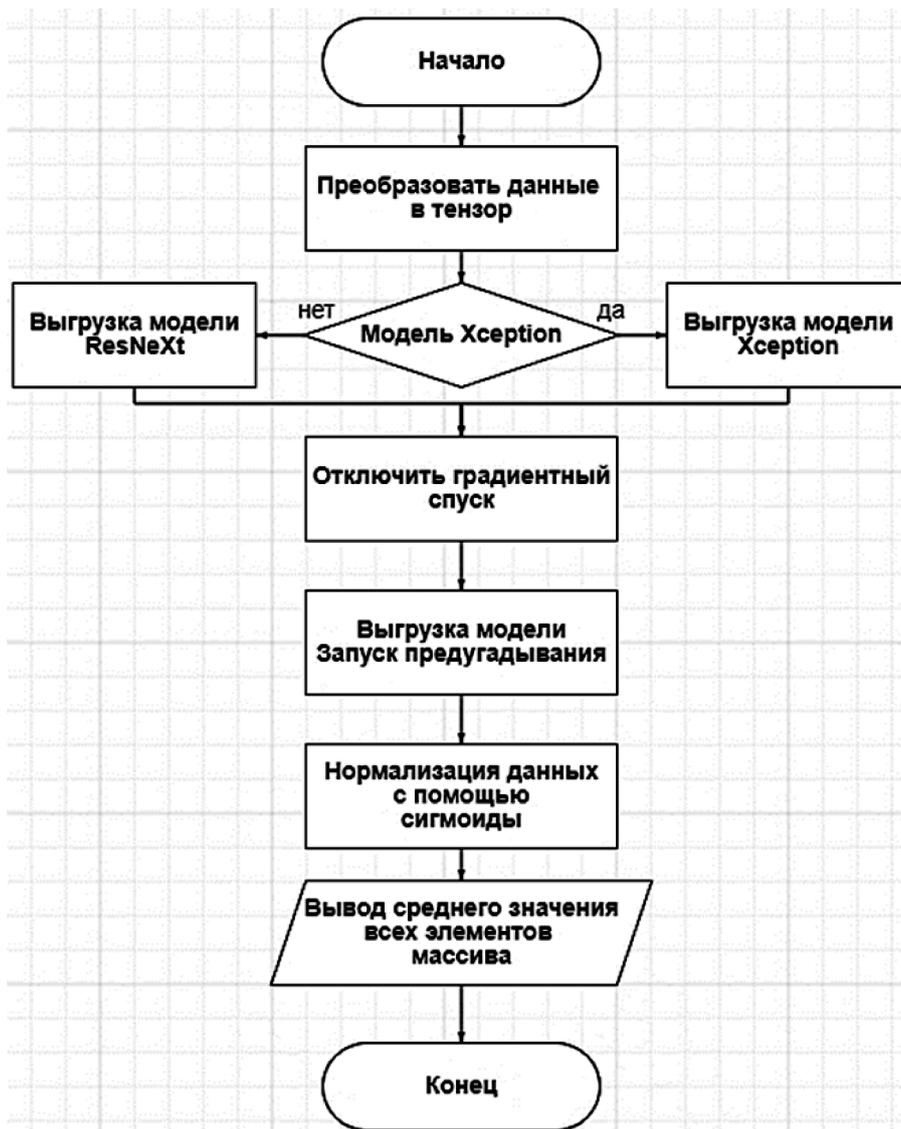


Рис. 7. Блок-схема алгоритма анализа данных

#### Принцип работы программного средства

Программа принимает на вход строку, являющуюся путём к видео в файловой системе, проверяет корректность введённых данных, а именно отсутствие повторяющихся функций, взаимоисключающих аргументов и неверных опций.

Далее, программа начинает свою работу на любом незагруженном логическом ядре, в противном случае будет выведено сообщение о возможном снижении производительности процесса тестирования. Далее проверяется возможность создания выходных файлов и чтение тестовых данных. Сбои во время этих действий маловероятны, однако может произойти ситуация, когда необходимых файлов нет. Программа не имеет графического интерфейса, поэтому запуск осуществляется через консоль. На рисунке 8 представлен пример запуска.

Если всё отработало успешно, то запускается тестирующая программа для всех тестовых данных, чтобы убедиться, что всё работает должным образом. Это делается только для начальных входных данных и только один раз.

Рассмотрим аргументы. Основными входными параметрами являются пути к видеороликам, которые могут быть представлены как строка, объект Path библиотеки Pathlib или объект Windows Path библиотеки OS.

Для работы программы необходимо ввести требуемый режим (его номер). Первый режим представляет собой вывод заключения о поддельности видео в виде текстовой строки; второй режим выводит строку с заключением о поддельности (фейковости) произвольного количества образцов, при работе третьего режима пользователь получает видеозаключение с вердиктом программы.

```
PS F:\Programm> & C:/Users/roone/AppData/Local/Programs/Python/Python39/python.exe f:/Programm/detector.py
-----
Choose what you want:
1 - Get text result about one video
2 - Get text result about few video
3 - Get video result about one video
Mode: 1
-----
Welcome to "Deepdetector"! Start working!
-----
Choose video to analyze:
  1 - examples\abbalbisk.mp4
  2 - examples\captain_lore.mp4
  3 - examples\donald_thrump.mp4
  4 - examples\krylova.mp4
  5 - examples\me_at_zoo.mp4
  6 - examples\morgan_freeman.mp4
  7 - examples\queen_elizabeth.mp4
  8 - examples\robert_downey.mp4
  9 - examples\vladimir_putin.mp4
 10 - examples\vladimir_zelenskiy.mp4
Enter the number: 1
-----
Load Xception pre-trained model...
  Done!
-----
Load ResNext pre-trained model...
  Done!
-----
Face samples:
  64
-----
Model prediction:
  0.11014726758003235
-----
Face samples:
  64
-----
Model prediction:
  0.07376221567392349
-----
Comparing prediction and threshold:
  0.08350665807823768 < 0.3
-----
examples\abbalbisk.mp4 - REAL!
-----
Good Bye!
```

Рис. 8. Работа программы в первом режиме

На рисунке 9 представлен пример работы второго режима программы.

Видеоролики, которые были проанализированы детектором, являются или поддельными (дипфейками) или подлинными оригинальными видео различного уровня качества, как самого видео, так и степени точности поддельвания.

Из результатов запуска видеороликов можно сделать вывод, что детектор ошибся в одном случае из трёх (рисунок 10). В среднем, проверка одного видеоролика занимает от 7 до 30 секунд, в зависимости от размера и длительности видеоконтента. Вся тестовая сессия длится, в среднем, 90 секунд.

Третий режим работает аналогично первому. Основное отличие заключается в том, что в конце выводится

```
Mode: 2
-----
Welcome to "Deeptector"! Start working!
-----
Choose videos you want to analyze:
  1 - examples\abbalbisk.mp4
  2 - examples\captain_lore.mp4
  3 - examples\donald_thrump.mp4
  4 - examples\krylova.mp4
  5 - examples\me_at_zoo.mp4
  6 - examples\morgan_freeman.mp4
  7 - examples\queen_elizabeth.mp4
  8 - examples\robert_downey.mp4
  9 - examples\vladimir_putin.mp4
 10 - examples\vladimir_zelenskiy.mp4
Choose number (press q to exit): 1
Choose number (press q to exit): 3
Choose number (press q to exit): 7
Choose number (press q to exit): q
-----
Face samples:
  64
-----
Model prediction:
  0.3829379081726074
-----
Face samples:
  64
-----
Model prediction:
  0.4184581935405731
-----
Face samples:
  64
-----
Model prediction:
  0.7207198143005371
-----
[0.3829379081726074, 0.4184581935405731, 0.7207198143005371]
-----
Comparing prediction (ResNeXt) and threshold:
  0.3829379081726074 > 0.3
-----
Comparing prediction (ResNeXt) and threshold:
  0.4184581935405731 > 0.3
-----
Comparing prediction (ResNeXt) and threshold:
  0.7207198143005371 > 0.3
-----
abbalbisk.mp4 - FAKE!
donald_thrump.mp4 - FAKE!
queen_elizabeth.mp4 - FAKE!
-----
Good Bye!
```

Рис. 9. Работа программы во втором режиме

результатирующее видео. В данном режиме вводиться дополнительный аргумент, который представляет собой имя файла–результата. Пример работы программы приведен на рисунке 10.

Хранение значений кадров с лицами и соответствующих им имен файлов происходит в оперативной памяти. Проведено тестирование программного средства для различных файлов, включая обработку исключительных ситуаций.

Таким образом, реализовано программное средство для проверки видео на предмет его синтезированнойности с помощью технологии Deepfake алгоритма GAN (генеративно-сопоставительных сетей: Generative Adversarial Network).

#### Заключение

Технологии глубокого подражания быстро развиваются. Точность получаемых данных постоянно растёт.

```

PS F:\Program> & C:/Users/roone/AppData/Local/Programs/Python/Python39/python.exe f:/Program/detector.py
-----
Choose what you want:
1 - Get text result about one video
2 - Get text result about few video
3 - Get video result about one video
Mode: 3
-----
Welcome to "Deeptector"! Start working
-----
Choose video to analyze:
1 - examples\abbalbisk.mp4
2 - examples\captain_lore.mp4
3 - examples\donald_thrump.mp4
4 - examples\krylova.mp4
5 - examples\me_at_zoo.mp4
6 - examples\morgan_freeman.mp4
7 - examples\queen_elizabeth.mp4
8 - examples\robert_downey.mp4
9 - examples\vladimir_putin.mp4
10 - examples\vladimir_zelenskiy.mp4
Enter the number: 4
-----
Input file:
examples\krylova.mp4
-----
Parameters:
Height: 480
Width: 854
-----
Load Xception pre-trained model...
Done!
-----
Load ResNext pre-trained model...
Done!
-----
Face samples:
64
-----
Model prediction:
0.03488840535283089
-----
Face samples:
64
-----
Model prediction:
0.04678688943386078
-----
Comparing prediction and threshold:
0.043600303548936466 < 0.3
-----
examples\krylova.mp4 - REAL!

```



Рис. 10. Демонстрация работы программы в третьем режиме

Алгоритмы обнаружения мошенничества совершенствуются. Предполагается, что в будущем многие российские ИТ— компании будут предлагать услуги по борьбе с данной угрозой [20].

В настоящее время двумя факторами, всё ещё препятствующими широкому распространению дипфейков, являются сравнительно низкий уровень совершенства алгоритмов и высокая стоимость конечного продукта. Однако с ростом индустрии развлечений эти два показателя будут возрастать, по мере выхода Deepfake на массовый рынок. Угрозы будут только возрастать [21].

Авторы внесли свой скромный вклад в создание импортозамещающего отечественного программного продукта, направленного на борьбу с угрозой, которую представляет собой распространение ложного фейкового видеоконтента.

Результатом проделанной работы является оценка (процент вероятности) подлинности или поддельности

видеоряда, проходящего проверку, т.е. — даётся ответ на вопрос, является ли видеоконтент синтезированным с помощью технологии DeepFake алгоритма GAN, или настоящей видеосъёмкой, в подлинности которой сомневаться не приходится.

Достоинством работы является её высокая актуальность, злободневность и практическая направленность на распознавание заведомо ложного поддельного видеоконтента, направленного на обман мировой общественности.

Полученные результаты можно использовать как в средствах массовой информации, на телевидении, в Интернете, — везде, где возникают сомнения в правдивости и подлинности содержания видеоконтента, предлагаемого массовому зрителю и/или пользователю, так и в частном порядке, для борьбы со злоумышленниками — мошенниками, пытающимися, для достижения своих неблагоприятных целей, обмануть доверие простых людей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанщиков, В.А. Deepfake в исследованиях восприятия лица. Москва: ИНГН, 2018. 176 с.
2. Баранова, Е.К. Информационная безопасность и защита информации с нуля до полного понимания. Москва: Риор, 2018. 400 с.
3. Lyu S. Deepfake Detection: Current Challenges and Next Steps // IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). 2020. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICMEW46912.2020.9105991.
4. Xinyi Z., Reza Z. A Survey of Fake News: Fundamental Theories, Detection Methods and Opportunities // ACM Computing Surveys. 2020. Vol. 53, Iss. 5. P. 1–40. DOI: 10.1145/3395046.
5. Dash A., Ye J., Wang G. A review of Generative Adversarial Networks (GANs) and its applications in a wide variety of disciplines // arXiv preprint.2021.
6. Ярочкин В.И. Информационная безопасность. Москва: Академический проект, 2018. 544 с.
7. Крон Д. Глубокое обучение в картинках. Визуальный гид по ИИ. СПб.: Питер, 2016. 416 с.
8. Стюарт Р. Искусственный интеллект. Современный подход к решению актуальной проблемы. Москва: МГИУ, 2017. 272 с.
9. Курцвейл Р. Как создать разум: секрет человеческого мышления раскрыт. СПб.: BHV, 2019. 368 с.
10. Songyuan L., Fan M., Chen R. Overview of generative adversarial networks. J Phys Conf Ser. 2021.
11. Howse J., Minichino J. Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3: Get to grips with tools, techniques, and algorithms for computer vision and machine learning. 3rd Edition, 2020. P. 372.
12. Johansson R. Numerical Python: Scientific Computing and Data Science Applications with Numpy, SciPy and Matplotlib. 2019. DOI: 10.1007/978-1-4842-4246-9.
13. Лемешевский С.В. Введение в библиотеку Pandas. Институт математики НАН Беларуси. 2020.
14. Макмахан Б., Пао Д. Знакомство с PyTorch. Глубокое обучение при обработке естественного языка. 2020. ISBN:978-5-4461-1241-8.
15. Zhou T., Zhao Y., Wu J. ResNeXt and Res2Net Structures for Speaker Verification. Microsoft Corp., USA. 2020. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.02480>
16. Jain A.K. Artificial Neural Networks: a Tutorial // Computer. 1996. Vol. 29. № 3. P. 31–44. DOI: 10.1109/2.485891.
17. Do N.Q. Phishing webpage classification via deep learning-based algorithms: an empirical study// Applied Sciences. 2021. Vol. 11. № 19.32 p. DOI: 10.3390/app11199210.
18. Letou K. Host-based Intrusion Detection and Prevention System (HIDPS) // International Journal of Computer Applications. 2013. Vol. 69. № 26. P. 28–33. DOI: 10.5120/12136-8419.
19. Mitchell T.M. Machine learning // New York: McGraw-hill. 1997. Vol. 1. № 9. 414 p. ISBN 0071154671, 9780071154673.
20. Модификация классического квантового протокола bb84, повышающая его характеристики Ляшенко К.А., Поркшеян В.М., Черкесова Л.В., Ревякина Е.А., Енгибарян И.А., Бурякова О.С., Решетникова О.А. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 2. С. 100–115.
21. Goodfellow I. Deep learning // MIT press. 2016. 800 p. ISBN 9780262337373, 0262337371.

---

© Джуров Александр Андреевич (sashaz1696@yandex.ru); Черкесова Лариса Владимировна (chia2002@inbox.ru);  
Ревякина Елена Александровна (revyuelena@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# IP-ТЕЛЕФОНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ

## IP TELEPHONY AS A MANAGEMENT TOOL OF ORGANIZATIONAL SYSTEM IN DIFFERENT MODES

**S. Kurovsky  
D. Mishin  
A. Petrushin**

*Summary.* This study raises a rather topical issue related to the management of the organizational system in the daily mode and in the emergency response mode based on IP telephony. This study is devoted to the analysis of the specific needs and problems faced by employees of duty shifts of the Ministry of Emergency Situations in order to develop solutions that correspond to their organizational system ensuring effective communication both in daily mode and in emergency response situations. The article contains the problems of the introduction and use of IP telephony in the work of the duty shifts of the Ministry of Emergency Situations. The solution of these problems requires careful planning, implementation, as well as continuous monitoring and maintenance of IP telephony systems, especially in emergency response mode, therefore, recommendations are given for improving the management of the organizational system under different modes based on IP telephony.

*Keywords:* organizational system, management tool, IP telephony, emergency response mode, daily mode, duty shift of the Ministry of Emergency Situations.

**Куровский Станислав Валерьевич**

Руководитель, Научно-исследовательское  
подразделение ООО «Высшая Школа Образования»  
8917564@gmail.com

**Мишин Денис Александрович**

Руководитель, редакционно-издательский отдел  
ООО «Высшая Школа Образования»  
9651530@gmail.com

**Петрушин Александр Витальевич**

Академия гражданской защиты МЧС России  
rvvkus@bk.ru

*Аннотация.* В исследовании поднимается достаточно актуальный вопрос, обусловленный управлением организационной системой в повседневном режиме и в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации на основе IP-телефонии. Данное исследование посвящено анализу конкретных потребностей и проблем, с которыми сталкиваются работники дежурных смен МЧС, для разработки решений, соответствующих их организационной системе, обеспечивая эффективную связь как в повседневном режиме, так и в ситуациях реагирования на чрезвычайные ситуации. Статья содержит проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС. Решение указанных проблем требует тщательного планирования, внедрения, а также постоянного мониторинга и технического обслуживания систем IP-телефонии, в особенности в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, поэтому приведены рекомендации по совершенствованию управления организационной системой при различных режимах на основе IP-телефонии.

*Ключевые слова:* организационная система, инструмент управления, IP-телефония, режим реагирования на чрезвычайные ситуации, повседневный режим, дежурная смена МЧС.

### Введение

Исследование IP-телефонии может стать основой для совершенствования управления организационной системой МЧС как в повседневном режиме, так и в ситуациях реагирования на чрезвычайные ситуации.

IP-телефония предлагает расширенные коммуникационные возможности, такие как передача голоса, видео и данных по сетям интернет-протокола, что обеспечивает эффективную и надежную связь между различными функциональными подразделениями, персоналом на дежурных сменах. В данном случае IP-телефония позволяет осуществлять обмен информацией в режиме реального времени, аудио и видеоконференц-звонки и совместную работу, улучшая общую коммуникацию внутри организации.

Системы IP-телефонии могут достаточно легко расширяться или уменьшаться в зависимости от требований МЧС. По мере роста организации или формирования

дополнительных групп реагирования на чрезвычайные ситуации IP-телефония может удовлетворить возросшие потребности в связи, что обеспечивает гибкость при добавлении новых телефонных линий, добавочных номеров или даже новых центров реагирования на чрезвычайные ситуации без существенных изменений объемов инфраструктуры.

Исследования в области IP-телефонии могут быть направлены на обеспечение избыточности и отказоустойчивости систем связи для МЧС РФ. При этом можно использовать резервные сетевые подключения, резервные источники питания и альтернативные варианты маршрутизации, для того чтобы минимизировать временной промежуток простоя в связи с аварийными ситуациями или сбоями в работе сети, что гарантирует, что аудио-конференцсвязь остается работоспособной даже в критических ситуациях.

Исследование IP-телефонии должно способствовать анализу интеграции систем телефонной связи с система-

ми управления чрезвычайными ситуациями, используемыми МЧС, что может включать интеграцию с системами оповещения о чрезвычайных ситуациях, отслеживания местоположения, отчетности об инцидентах и системами управления ресурсами. Цель состоит в том, чтобы облегчить беспрепятственный обмен информацией между различными системами, обеспечивая быстрое и эффективное реагирование на чрезвычайные ситуации.

Кроме того, в области IP-телефонии следует сосредоточить своё внимание на мерах безопасности для защиты конфиденциальных информационных сообщений внутри функциональных подразделений МЧС РФ. Целесообразно изучить протоколы шифрования, механизмы контроля доступа и конструкцию защищенной сети, для того чтобы защитить каналы связи от несанкционированного доступа, утечки данных или угроз перехвата информационных данных.

Внедрение и использование систем IP-телефонии требует надлежащей подготовки персонала для эффективного применения новых инструментов и функций. При этом исследование должно дать представление о создании учебных программ и структур поддержки для обеспечения бесперебойного внедрения и использования систем IP-телефонии в МЧС.

Следовательно, данное исследование посвящено анализу конкретных потребностей и проблем, с которыми сталкиваются работники дежурных смен МЧС, для разработки решений, соответствующих их организационной системе, обеспечивая эффективную связь как в повседневном режиме, так и в ситуациях реагирования на чрезвычайные ситуации.

#### Актуальность работы

Проводимое исследование в области IP-телефонии как инструмента управления организационными системами как в повседневном режиме, так и в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации достаточно актуально по нескольким причинам:

1. IP-телефония позволяет функциональным подразделениям значительно уменьшить внутренние расходы на связь, используя существующую инфраструктуру сети передачи данных для голосовой связи. Исследования в этой области направлены на повышение эффективности и рентабельности систем IP-телефонии, что делает их привлекательным вариантом для организаций как в повседневном режиме, так и в чрезвычайных ситуациях.
2. Исследования в области IP-телефонии сосредоточены на разработке систем, обладающих высокой гибкостью и масштабируемостью, а также позволяющих внутри организационной системы легко добавлять или удалять телефонные линии,

добавочные номера и функции в соответствии с их меняющимися потребностями [3]. Подобная адаптивность имеет основополагающее значение в ситуациях реагирования на чрезвычайные ситуации, когда может потребоваться быстро расширить внутренние коммуникационные системы для размещения огромного количества сотрудников на одной территории или в разрезе нескольких местоположений.

3. Исследования в области IP-телефонии также фокусируются на интеграции голосовой связи с другими средствами коммуникации, такими как видеоконференции, мгновенные сообщения и информация о присутствии сотрудника в конкретном месте территории [1]. Такая интеграция укрепляет общую организационную коммуникационную систему, обеспечивая непрерывное сотрудничество и координацию между различными функциональными подразделениями и отдельными сотрудниками. Во время реагирования на чрезвычайные ситуации подобная интеграция становится еще более важной, поскольку своевременная и эффективная коммуникация крайне важна для быстрого принятия решений и координации предпринимаемых действий.
4. В связи с растущей тенденцией к удаленной работе, которая возникла в связи с пандемией коронавирусной инфекции, в научных исследованиях IP-телефонии особое внимание уделяется разработке функций и инструментов, поддерживающих удаленную связь, что позволяет сотрудникам работать из любого места и оставаться подключенными к коммуникационной системе организации, независимо от их физического местоположения. В ситуациях реагирования на чрезвычайные ситуации, когда сотрудники могут быть не в состоянии получить доступ к офисным помещениям, такая возможность удаленного взаимодействия становится необходимой для поддержания работы непрерывных каналов связи [4], [8].
5. Исследования в области IP-телефонии сосредоточены на создании систем, обладающих встроенными функциями аварийного восстановления и устойчивости, что гарантирует, что даже в неблагоприятных ситуациях, таких как перебои в подаче электроэнергии или сбой в работе сети, коммуникационная система в управлении организацией остается работоспособной. В режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, когда надежность и непрерывность связи имеют важнейшее значение, вышеуказанные функции аварийного восстановления начинают играть первостепенную роль [2].

Таким образом, применение IP-телефонии играет ключевую роль в совершенствовании управления орга-

низационными системами в повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации за счет обеспечения экономически эффективной связи, гибкости и масштабируемости, интеграции с другими средствами связи, поддержки удалённого взаимодействия между функциональными подразделениями, отдельными работниками, а также обеспечения аварийного восстановления и устойчивости.

Цель данного исследования — разработать рекомендации по совершенствованию управления организационной системой при различных режимах на основе IP-телефонии.

### Задачи исследования

1. Выявить проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС в повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации.

2. Привести рекомендации по совершенствованию управления организационной системой при повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации на основе IP-телефонии.

### Материалы и методы

Для выявления проблем использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС в повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации авторами статьи был проведён опрос 127 работников Главного управления МЧС России по г. Москве в период январь-февраль 2023 года.

Помимо метода опросного анкетирования и социологического исследования, авторами статьи использовались метод индукции, дедукции, анализа статистических рядов, обработки количественных данных с помощью прикладного решения SPSS.

### Результаты и их обсуждения

Анкетный опрос работников Главного управления МЧС России по г. Москве был направлен на то, чтобы выяснить их потребности в применении системы IP-телефонии в повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, а также выделить на основе полученных результатов проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС.

На вопрос «Используете ли Вы в работе современные средства информационно-коммуникационных технологий, в том числе IP-телефонию?» 46 % работников ответило, что активно использует в работе современные

средства информационно-коммуникационных технологий, среди которых наибольшей популярности пользуется голосовая почта с помощником (72 %), аудиозвонки (67 %), автоматическая геолокация чрезвычайной ситуации (49 %).

Одновременно с этим 58 % работников считает, что осуществляемое в настоящее время управление организационной системой в Главном управлении МЧС России по г. Москве находится на среднем уровне операционной эффективности, к тому же, 39 % сотрудников отметило, что для увеличения уровня эффективности управления организационной системой следует на постоянной основе проводить техническую экспертизу применяемых информационных технологий, а также возможности интеграции передовых современных средств в общую информационную среду Главного управления МЧС России по г. Москве. Большинство респондентов, а именно 91 %, также обратило внимание на то, что в значительной степени на уровень операционной эффективности управления организационной системой воздействуют нерешённые до сих пор проблемы, которые связаны с внедрением современных средств информационно-коммуникационных технологий.

Вместе с тем работники Главного управления МЧС России по г. Москве обратили внимание на то, что при использовании информационно-коммуникационных технологий отмечаются различные проблемы как в повседневном режиме, так и в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, например, отсутствие совместимости приложения конференц-связи с мобильным устройством и планшетами, которые имеются у работников, на что указали 37 % сотрудников, перебои в Интернет-связи, при мобильной передаче данных (74 %), отсутствие системы резервирования информационных данных в приложении конференц-связи (81 %), достаточно низкое качество звука и видео при конференц-звонках (84 %), отсутствие соответствующего обучения для более эффективного использования современных информационно-коммуникационных технологий (43 %), потребность в технической поддержке современных информационно-коммуникационных технологий, которая не всегда осуществляется на базе Главного управления МЧС России по г. Москве (38 %), высокая уязвимость современных средств информационно-коммуникационных технологий к киберугрозам и кибератакам (44 %), потребность в соблюдении определённых нормативных правил либо регламентов при применении в практической деятельности современных средств информационно-коммуникационных технологий (28 %).

Следовательно, результаты, полученные в процессе осуществления самостоятельного исследования, позволяют прийти к выводу, что использование современных средств информационно-коммуникационных техноло-

гий, в частности, IP-телефонии, крайне важно для улучшения координации действий работников дежурных смен МЧС, при этом в значительной степени на уровень операционной эффективности управления организационной системой воздействуют нерешённые до сих пор проблемы, которые связаны с внедрением и использованием современных средств информационно-коммуникационных технологий.

### Проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС

На основании полученных результатов опроса авторы статьи определили систему проблем внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС, совокупность которых была распределена на две группы в зависимости от режима работы дежурных смен МЧС: повседневного режима и режима реагирования на чрезвычайные ситуации.

Проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС в повседневном режиме состоят в следующих аспектах:

1. Системы IP-телефонии не всегда могут быть совместимы с существующей коммуникационной инфраструктурой или устройствами, используемыми службами МЧС, что может привести к проблемам совместимости, дополнительным затратам на адаптацию внутренней организационной системы или замену оборудования и задержкам в процессе внедрения инструментов конференц-связи.
2. Эффективное внедрение и использование IP-телефонии требует специальных знаний и технической экспертизы организационной системы. Сотрудникам служб экстренного реагирования МЧС может потребоваться обучение и техническая поддержка, чтобы гарантировать, что они смогут в полной мере использовать функции и возможности IP-телефонии. Отсутствие технических инноваций может привести к недостаточному использованию системы и неэффективным методам коммуникации между работниками МЧС [7].
3. Внедрение IP-телефонии в государственных службах МЧС может потребовать соблюдения конкретных нормативных актов и требований действующего законодательства, при этом несоблюдение нормативных правил может привести к потенциальной ответственности за ненадлежащее использование инструментов IP-телефонии в управлении организационной системой.

Проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации обусловлены нижеследующими моментами:

1. IP-телефония основана на подключении к Интернету, и любое нарушение соединения может привести к перебоям в связи. В режиме реагирования на чрезвычайные ситуации несущественная задержка соединения или сброшенный вызов могут иметь значительные отрицательные последствия.
2. IP-телефония подвержена колебаниям сетевого трафика и ограничениям полосы пропускания, что может повлиять на качество звука и видео при конференц-звонках. В режиме реагирования на чрезвычайные ситуации четкая и непрерывная связь имеет важнейшее значение, и любое ухудшение качества конференц-звонков может помешать эффективной координации и реагированию на происшествия.
3. Системы IP-телефонии уязвимы для различных угроз безопасности, таких как взлом, подслушивание и несанкционированный доступ. МЧС в своём функционировании взаимодействуют с конфиденциальной информацией и нуждаются в защищенных каналах связи для обеспечения конфиденциальности и целостности данных, которыми обмениваются сотрудниками во время конференц-звонков [6].
4. В режиме реагирования на чрезвычайные ситуации важно иметь системы резервирования и меры по резервированию для обеспечения непрерывной связи. Системы IP-телефонии должны иметь варианты отработки отказа и механизмы резервирования, для того чтобы смягчить отрицательные последствия любого сбоя оборудования или отключения сети [5].

Решение вышеуказанных проблем требует тщательного планирования, внедрения, а также постоянного мониторинга и технического обслуживания систем IP-телефонии, в особенности в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации. Важно провести тщательную оценку рисков, разработать рекомендации, обеспечить надлежащую техническую подготовку сотрудников дежурных служб реагирования на чрезвычайные ситуации и обеспечить соблюдение соответствующих правил и регламентов, принятых в МЧС.

### Рекомендации по совершенствованию управления организационной системой при повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации на основе IP-телефонии

В соответствии с выделенными проблемами авторы статьи предлагают ряд рекомендаций, способствующих совершенствованию управления организационной системой при повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации на основе IP-телефонии:

1. Внедрение эффективной системы IP-телефонии в Главное управление МЧС России по г. Москве, при этом целесообразно инвестировать в надежную систему IP-телефонии, которая обеспечивает эффективные каналы связи как в повседневном режиме, так и в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации. Эффективная система IP-телефонии должна иметь такие функции, как маршрутизация вызовов, конференц-связь, голосовая почта и переадресация информационных сообщений.
2. Крайне важно иметь системы резервирования и резервной копии информационных данных на локальном месте, чтобы справиться с любыми системными сбоями или простоями в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, что может включать в себя резервные серверы, источники питания и сетевые подключения для обеспечения непрерывной телефонной связи.
3. Использование соответствующих мер безопасности для защиты системы IP-телефонии от киберугроз и несанкционированного доступа, авторы статьи рекомендуют внедрение брандмауэров, протоколов шифрования, а также регулярные автоматические проверки информационной безопасности организационной системы.
4. Установление специальных номеров для связи в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации, которые работники могут легко запомнить, обеспечивая достаточно быстрое реагирование в критических ситуациях. Подобные цифры должны также регулярно проверяться для обеспечения эффективности инструментов IP-телефонии.
5. Формирование predetermined protocols связи и руководящих принципов для различных сценариев реагирования на чрезвычайную ситуацию, что должно включать четкие инструкции о том, с кем необходимо в определенное время связаться, как распределять конкретные рабочие роли и обязанности в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации.
6. Проведение регулярных тренировок для обучения сотрудников эффективному использованию IP-телефонии, особенно в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации. Обучающие программы повышения информационной осведомленности работников смогут помочь в распространении информации о возможностях системы IP-телефонии в управлении организационной системой, а также о том, как ее эффективно использовать.
7. Обеспечение плавной интеграции IP-телефонии с другими важными для работы МЧС системами, такими как системы оповещения о чрезвычайных ситуациях, платформы управления инцидентами во время реагирования на чрезвычайные ситуации, а также системы отслеживания местоположения работников в условиях чрезвычайной ситуации. Такая интеграция улучшит общий промежуток времени отклика работника с помощью IP-телефонии, а также повысит операционную эффективность дежурных смен МЧС.
8. Создание в Главном управлении МЧС г. Москвы специальной команды, ответственной за мониторинг производительности системы IP-телефонии, оперативное выявление, а также решение возникающих проблем использования такой системы. Регулярное техническое обслуживание, такое как обновление программного обеспечения, проверка оборудования и оптимизация сети, также должно быть приоритетным в работе специальной команды.
9. Моделирование сценариев чрезвычайных ситуаций, для того чтобы проверить эффективность системы IP-телефонии, определить любые области для улучшения, а также усовершенствовать процедуры в режиме реагирования на чрезвычайные ситуации. Подобные тренировки могут позволить выявить потенциальные узкие места, требующие улучшения координации между различными функциональными подразделениями.
10. Проведение анализа после инцидента, произошедшего в режиме реагирования на чрезвычайную ситуацию. После критического инцидента важно провести тщательный анализ для оценки эффективности системы телефонной связи и общего реагирования на чрезвычайные ситуации, что позволит выявить любые недостатки или области, требующие совершенствования, а также предоставит ключевую информацию для перспективных рекомендаций.

#### Выводы

В исследовании были выявлены проблемы внедрения и использования IP-телефонии в работе дежурных смен МЧС в повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации.

Приведены рекомендации по совершенствованию управления организационной системой при повседневном режиме и режиме реагирования на чрезвычайные ситуации на основе IP-телефонии.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянцев П.К., Чуйков Д.А., Сметанкина Г.И. Оптимизация надзорной деятельности МЧС России на основе применения современных инфокоммуникационных технологий // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2019. — Т. 1. — №. 10. — С. 35–37.
2. Ермилов А.В., Белорожев О.Н. Аспекты тушения крупного пожара в библиотеке // Пожарная и аварийная безопасность. — 2019. — С. 127–129.
3. Кириченко Е.В., Зарубина Е.Ю. Применение информационно-управляющих систем для обеспечения взаимодействия органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. — 2021. — №. 1. — С. 196–201.
4. Медынская М.А., Марюха В.П. Дистанционное обучение — основа создания и обновления знаний // Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО. — 2019. — С. 29–34.
5. Репин С.В. О проблемах применения и путях развития программного обеспечения поддержки принятия управленческих решений в подразделениях надзорной деятельности МЧС России // Современные проблемы гражданской защиты. — 2021. — №. 4 (41). — С. 24–32.
6. Тилалалдиев Б.Т., Абдуллаев З.Д. Информационно-коммуникационные технологии управления в условиях чрезвычайных ситуаций // Universum: технические науки. — 2021. — №. 11-1 (92). — С. 31–33.
7. Трофимец Е.Н. К вопросу совершенствования информационно-аналитической подготовки специалистов МЧС России // Наука. Исследования. Практика. — 2019. — С. 50–52.
8. Чумаченко А.П., Филкова К.А. Значение электронного правительства для развития гражданского общества // ГосРег: государственное регулирование общественных отношений. — 2019. — №. 1. — С. 20–31.

---

© Куровский Станислав Валерьевич (8917564@gmail.com); Мишин Денис Александрович (9651530@gmail.com);  
Петрушин Александр Витальевич (rvvkus@bk.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДИКА И ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОДУКТОВЫХ КОМАНДАХ

**Леухин Елисей Владимирович**

Независимый исследователь

eles.leukhin@gmail.com

## METHODS AND APPROACHES FOR IMPROVING THE QUALITY OF DEVELOPED PRODUCTS IN PRODUCT TEAMS

**Ye. Leukhin**

*Summary.* In the conditions of a rapidly changing market and the need to respond as quickly as possible to business initiatives, IT tasks include building processes that allow making large amounts of changes in the shortest possible time, without compromising on the quality of implemented solutions. An additional direction is to create conditions in which engineers are maximally immersed in the product, for an effective value delivery process. Product teams are designed to help solve these problems, the main goal of which is to improve metrics, study the user and influence business indicators.

Many companies work according to the scheme of product teams using flexible methodologies or working in a classical form, or combining them. This helps to develop products quickly, efficiently, taking into account the needs of users and achieving high business performance.

Depending on the volume of the product, the number of teams working on changes changes, as well as the number of interactions with external teams and systems changes.

The isolation of the teams may lead to the need for separate stages of assembling the entire solution and researching the results. This leads to an increase in the cost of development with an incremental-iterative approach and does not agree with the basic principles of the work of product teams, greatly increasing the lead time (the time of delivery of the solution to the industrial operation environment).

*Keywords:* methodology, quality improvement, development, products, team.

*Аннотация.* В условиях быстро меняющегося рынка и потребности максимально быстро реагировать на бизнес инициативы, в задачи ИТ ложится выстраивание процессов, позволяющих делать большие объемы изменений в кратчайшие сроки, без компромиссов в качестве реализуемых решений. Дополнительным направлением является создание условий, в которых инженеры максимально погружены в продукт, для эффективного процесса доставки ценности. Помочь решить данные задачи призваны продуктовые команды, главной целью которых является, улучшение метрик, изучение пользователя и влияние на бизнес-показатели.

Множество компаний работают по схеме продуктовых команд используя гибкие методологии или работающие в классическом виде, либо комбинируя их. Это помогает развивать продукты быстро, качественно, учитывая потребности пользователей и достигая высоких бизнес-показателей.

В зависимости от объемов продукта меняется количество команд, которые работают над изменениями, так же, меняется количество взаимодействий с внешними командами и системами.

Изолированность команд может приводить к необходимости проведения отдельных этапов сборки всего решения и исследования результатов. Это ведет к увеличению стоимости разработки при инкрементальном-итеративном подходе и не согласуется с основными принципами работы продуктовых команд, сильно увеличивая lead time (время доставки решения в среду промышленной эксплуатации).

*Ключевые слова:* методика, повышение качества, разработка, продукты, команда.

**Д**ля решения задачи повышения качества разрабатываемых продуктов в продуктовых командах предлагаю следующую методику, при использовании рекомендаций которой, будет обеспечиваться превентивное обеспечение качества и снижение затрат на внесение исправлений в процессе разработке цифровых продуктов.

Процесс работы над изменением продукта начинается с того, что продуктовая команда, прорабатывая пользовательскую историю. На этапе проработки беклога продукта или груминга беклога продукта. При работе с пользовательской историей команде необходимо использовать INVEST модель. Команда формирует основные критерии пользовательской истории, которые

должны выполняться и фиксирует приемочные критерии [3].

Команда формирует definition of done для пользовательской истории. При разработке необходимо обеспечивать выполнение прохождения этих критериев, первичный контроль прохождения приемочных критериев выполняется разработчиком.

Команда фиксирует набор артефактов, которые описывают критерии выполнения пользовательской истории. Артефакты используются при завершении этапа разработки, для проверки реализованной функциональности.

Артефакты результатов проведения исследования продукта сохраняются для возможности вести исторические наблюдения. Необходимо проводить ретроспективный взгляд на жизненный цикл продукта с изучением артефактов, которые были сохранены.

Необходимо изучить, случались ли проблемы в промышленной среде, что стало их причинами, какие действия проводились на этапах процессе создания продукта во время которых были допущены ошибки, что было отражено в артефактах. Как артефакты помогли разобрать проблему, которая была найдена в промышленной среде. Что необходимо добавить, чтобы при появлении ошибок из подобного класса, команда могла решить их быстрее. Что нужно сделать что бы избежать подобных ошибок.

Грумминг беклога продукта и проработка беклога, это встреча продуктовой команды, на которой сущности беклога продукта, прорабатываются, обсуждаются и проходит подготовка к следующему планированию спринта.

Грумминг критически важен в управлении продуктом, он направлен на поддержание беклога продукта актуальным и поддерживает готовность элементов беклога для предстоящих спринтов [7, с. 10].

Грумминг беклога иногда называют пред планированием. Владелец продукта и представители команды проводят его в середине спринта. В данном случае планирование и грумминг проводятся в один и тот же день недели. Это позволяет поддерживать эффективный ритм для всей команды [9, с. 53].

Основные преимущества проработки беклога продукта [10]:

- убрать неопределенности и неизвестные факты о пользовательских историях, что повышает эффективность продукта
- позволить избежать переработки решения на этапах разработки и тестировании
- позволить идентифицировать зависимости в команде и помочь снизить риски
- постоянное проведения грумминг встреч сохраняет время для команды разработки, для дальнейшего обсуждения в течении спринта, так как позволяет внести ясность разработчикам и тестировщикам о требованиях
- успешный грумминг приводит к более эффективному планированию спринта
- процесс грумминга дает владельцу продукта, менеджерам и бизнес аналитикам больше шансов улучшить требования, дополнительной информацией, если она требуется.

INVEST модель, акроним от independent, negotiable, valuable, estimable, small, testable. INVEST модель помо-

гает сформулировать пользовательскую историю таким образом, чтобы повысить эффективность работы над ней, во время проработки пользовательской истории команда контролирует выполнения требований модели.

Independent — пользовательская история должна быть независима от других историй. Позволяет избежать проблем с приоритизацией и планированием, которые могут возникнуть при большом количестве историй в одной области, которые зависят друг от друга. В случае если одна из них должна быть пересмотрена это может привести к эффекту домино для всех зависимых историй. Необходимо удерживать истории в максимально самодостаточном виде.

Negotiable — пользовательская история должна обсуждаться между заказчиками и разработчиками. Не должно быть полностью закрытых требований, они должны быть открыты для корректировки в случае необходимости [5, с. 587].

Valuable — основной приоритет пользовательских историй, критерий, который демонстрирует каким образом функциональность помогает клиентам и пользователям. В случае описания пользовательской истории, когда команда не может определить пользу или любую ценность истории, команда должна определить действительно ли нужна данная пользовательская история.

Estimable — возможность оценки, разработчики должны точно понимать, что требуется для создания функциональности. Пользовательская история должна быть точно определена и понятна для разработчиков, что бы они могли разделить ее на индивидуальные задачи и эффективно спланировать.

Small — пользовательская история не должна быть большой или избыточно документированной. Пользовательские истории должны быть короткие, лаконичные и легкие для понимания. Они не должны быть слишком большими, что сделает их сложными для планирования и должны быть достижимыми в течение 40 часов работы.

Testable — пользовательские истории должны быть тестируемы что бы подтвердить, что они готовы к внедрению. Пользовательские истории должны включать четкие критерии, которые позволяют измерить историю. У пользовательской истории должны быть критерии приемки.

Definition of Done, в методологиях разработки программного обеспечения это соглашение между продуктовой командой о наборе состояний, которые должны быть выполнены для заключения о том, что элемент беклога готов и выполнен.

Приемочные критерии, определены как состояния, которые должны быть достигнуты продуктом, пользовательской историей или инкрементом работы, чтобы они считались принятыми и завершенными.

Приемочные критерии определяют каким образом каждая функциональность будет использоваться с перспективы конечного пользователя. Они фокусируются на бизнес ценности, устанавливают границы набора функциональностей и направляют разработчиков. Они уникальные для каждой пользовательской истории и составляют основу приемочного тестирования пользовательской истории, которое используется как условие успешного выполнения задачи [2, с. 314].

Практикой, которая позволяет контролировать качество на самых ранних этапах разработки является DevTest.

Development testing, подход в разработке программного обеспечения который направлен на сближение фазы разработки и тестирования.

В традиционном процессе разработки программного обеспечения, разработка и тестирование два разных этапа, со своими специфичными функциями. Сложность такого подхода заключается в задержке между тем, когда код был написан и процессом, когда этот код будет протестирован.

В DevTest эти фазы намного больше интегрированы друг в друга, код будет написан и протестирован в автоматизированном или ручном виде. При использовании подхода проблемы будут найдены, изучены и проработаны намного быстрее и раньше.

Использование DevTest методологии позволяет получить множество преимуществ. Основные важные преимущества, следующие:

- повышенное качество кода в любой момент времени, так как новый коды непрерывно тестируется
- сокращение времени доставки новых функций в продуктивную среду

Следующий важный этап работы команды с требованиями, определение деталей реализации и полное понимание всех ветвлений разрабатываемой пользовательской истории. Активность 3 Амиго, на которой члены команды, нескольких ролей прорабатывают пользовательскую историю, которая будет реализовываться.

3 Амиго это процесс в гибких методологиях разработки, включающий активность, на которой аналитик/владелец продукта, разработчик и инженер по качеству, прорабатывают и обсуждают цели проекта или продукта, чтобы внести ясность по всем аспектам задачи.

Такая совместная работа позволяет членам команды быть в едином контексте и знать, что ожидается от каждой стадии разработки продукта.

Встреча может быть расширена представителями DevOps и другими.

В результате активности необходимо что бы все роли определили ключевые особенности реализации, какие могут быть сложности, какие части системы будут затронуты. Это необходимо для определения возможных объемов регрессий. Необходимо уточнить приемочные критерии (и сформировать тестовые сценарии), определить подходы с помощью, которых будут проводиться исследования (какие данные необходимы, какие состояния будут у системы), внести уточнения и дополнения в документацию [10].

Три основные цели, на которых необходимо фокусироваться во время митинга, это спецификации, тестовые сценарии и новые функции.

- Бизнес аналитик инициирует обсуждение требований к пользовательской истории. Обсуждается какую продуктовую проблему решает команда.
- Разработчик инициирует обсуждение функций продукта, обсуждая их пока команда не достигнет консенсуса по новым возможностям продукта. Обсуждается как команда будет строить, разрабатывать систему для решения этой проблемы.
- Специалист по качеству инициирует обсуждение дизайна спецификации, чтобы убедиться в высоком качестве и направляет разработчика в процессе создания новых пользовательских историй. Обсуждается как команда будет исследовать разработанное решение, какой негативный эффект для качества могут принести изменения [6, с. 280].

Этот подход позволяет построить общее понимание изменений, которые создаются в рамках данной итерации. Определить, не полностью проработанные зоны решаемой задачи, недопонимания, прояснить все неточности и неоднозначности на раннем этапе, это позволяет изучить то, что будет происходить в ближайшее время в процессе Деливери текущего инкремента [11, с. 54].

Подход позволяет выстроить изоляцию и концентрацию для определенного количества вовлеченных людей, в обсуждение конкретного программного инкремента.

Отсутствие практики три Амиго в продуктовых командах может приводить к тому, что каждый член команды имеет свое смешанное и отличающееся представление о том какой проект реализуется. Поэтому бизнес аналитик, разработчик и специалист по качеству должны совместно работать и экзаменовывать разработку продукта через призму того, что важно для их клиентов и бизнеса.

Практика Inner source. Стратегия разработки программного обеспечения, которая позволяет вносить изменения в код, владельцем которого является другая команда/проект/инженер и т.д. Позволяет выстроить культуру внутри организации в процессе разработки программного обеспечения.

Команды используют inner source для повышения прозрачности, усиления взаимодействия, и устранения разрозненности.

Для решения задач доработки и развития больших систем, командам необходимо использовать набор шагов и действий позволяющих повышать качество финального продукта.

По отдельным частям системы, микросервисами и наборам микросервисов объединённых одним функциональным доменом, необходимо формировать разделы документации, содержащие информацию о ролевом составе команды, технической документации, подходах к исследованию функциональности, подходов к внесению изменений, процессах верификации функциональности.

В ролевом составе команды необходимо отразить контакты и роль инженеров, отвечающих за часть системы, их зону ответственности и экспертизу.

В технической части необходимо зафиксировать ссылки на требования и артефакты части системы являющиеся наиболее важными и критичными при внесении доработок.

В подходах к исследованию необходимо зафиксировать ссылки на приемочные критерии, definition of done, критичные сценарии использования.

В подходах к внесению изменений необходимо отразить процессы, специфичные для данной части системы, которые используются при внесении изменений.

В процессах верификации необходимо отразить специфичные для части системы активности направленные на обеспечение качества.

Практика позволяет построить подход, в рамках которого любые изменения вносимые в части системы, владельцами которой является другая команда или инженер, проходят дополнительный этап верификации, со стороны инженеров, которые обладают максимальной экспертизой по данной части системы. Дополнительные разделы документации позволяют погрузиться в особенности реализации компонент или частей системы для того, чтобы вносимые изменения не приводили к деградации работоспособности внедренных функциональностей.

Практика направлена на выполнения условий конвенций, процессов исследования и использовании необходимых наборов инструментов, данных для процесса контроля качества.

Подход позволяет снизить количество времени, затрачиваемого на погружение инженеров в предметную область, при их введении в команду.

В ходе инкремента разработки, команда, которая делает изменения, знакомится с документацией и ключевыми подходами по работе в части системы, в случае необходимости обращается к необходимым ролям для уточнения деталей.

В ходе внесения изменений код проходит ревью со стороны владельцев компонента. Команда, вносящая изменения, в дальнейшем, передает все артефакты проделанной работы и выполненных изменений владельцу компоненты. Дальнейшее сопровождение функциональности будет производиться силами владельца компоненты. Владелец компоненты заинтересованы в том, чтобы внесенные изменения полностью соответствовали всем критериям качества, выставляемых к коду и реализации [12, с. 441].

Матрица покрытия требований. Подход описывающий документ, содержащий соответствие функциональных требований и сценариев исследования, которые используются для контроля качества.

Подход используется для того, чтобы показать, что требования были полностью покрыты проверками, матрица должна иметь прослеживаемость по всем артефактам, включенным в нее [7].

Двунаправленная прослеживаемость — это возможность отслеживания в прямом, например, от требования к сценарию исследования и обратном направлении, например, от сценария исследования к требованию.

Связанность матрицы позволяет проследить зависимость от требований к исходному коду, сценариям исследований, проведенным тестированиям и проблемам. От проблем обратно к требованиям. Необходимо иметь возможность проследить путь от требований к бизнес-целям или задачам, чтобы ответить на вопрос, почему существует данное требование.

Матрица покрытие требований позволяет формировать необходимый и достаточный объем сценариев исследований.

При внесении изменения в систему, опираясь на объем измененных требований, формируется объем сценариев использования необходимых для процедуры контроля качества.

Это позволяет командам контролировать ухудшение качества функциональных возможностей, минимальным количеством сценариев исследования.

Матрица покрытие требований позволяет давать более точные оценки на реализацию пользовательских историй, на основе объемов сценариев исследований участвующих в контроле качества. Большое количество сценариев исследования, необходимое для контроля качества, говорить о высокой сложности текущей реализации, внесение изменений в которую будет требовать повышенного внимания к регрессиям [11, с. 51].

Quality gate — практика, обеспечивающая соблюдение политик качества на проекте. Практика позволяет отвечать на вопрос, готов ли продукт к выпуску.

Чтобы ответить на этот вопрос, определяется набор условий, по которым производится оценка. Например, нет новых проблем уровня блокирующий, покрытие кода сценариями тестирования более 80%.

Практика использует определенные вехи в производственном процессе, во время которых продукт подвергается проверкам. Проверки направлены на выявление соответствия продукта критериям качества.

Продукт переходит на следующую фазу, только при выполнении политик качества. Практика является важным инструментом управления продуктом, используемым в крупных командах.

Необходимо использовать Quality Gate на всех этапах жизненного цикла программного обеспечения, таких как, проработка требований продукта, реализация продукта, тестирование продукта, стабилизация релиза продукта, приемочные испытания продукта.

На этапе стабилизации выводимого в промышленную среду продукта Quality Gate будет сформированный необходимый и достаточный объем тестовых сценариев, который будет выполняться. Объем тестовых сценариев должен быть сформирован на основе матрицы покрытия.

Для каждого релиза Quality Gate будет уникальным, в связи с разницей вносимых изменений. Что позволит максимально эффективно расходовать ресурсы команды.

Автоматизация приемочных сценариев, позволяет командам, получить повторяемость результатов проверок на всех этапах разработки.

Автоматизация дает максимальный эффект, когда используется на разных уровнях тестирования: юнит, компонентное, интеграционное, системное, E2E и UI.

При автоматизации приемочных сценариев, на ранних этапах, команды получают готовые проверки, артефакты и критерии качества, по которым будут оцениваться результаты работы.

Автоматизированные проверки будут расширять набор проверок входящих в Quality Gate.

Автоматизированные проверки позволяют повысить воспроизводимость результатов на этапе подготовки релиза продукта, а также увеличить покрытие функциональности продукта тестовыми сценариями для дальнейшего использования.

Метрики, ключевой компонент в эффективном менеджменте качества и его планировании, эти измерения помогают убедиться в том, что клиенты получают приемлемый продукт или поставку. Метрики должны трансформироваться в цели для достижения.

Метрики качества позволяют ответить на вопросы чем команда может управлять для оценки своей работы, а также при принятии решения о релизе.

Командам необходимо использовать в своей работе метрики качества продукта, для определения соответствия текущего уровня качества целевому уровню. Основными метриками, на которые команда должна опираться, являются следующие:

- соотношение выполненных тестов к общему количеству валидаций
- соотношение выполненных тестов к количеству пройденных
- количество дефектов после рефакторингов
- изменение числа дефектов при переходе между не промышленными средами
- дефекты и их серьезность в промышленной среде
- количество инцидентов в промышленной среде
- down time, время простоя системы в целом и отдельных компонент
- recovery time, время на восстановление после сбоя
- first pass yield, процент модулей, соответствующих спецификации без какой-либо доработки
- defect per unit, среднее значение, получаемое из общего количества дефектов и модулей
- fill rate, процент модулей заказанных к внедренным, к доставленным в промышленную среду
- shipping errors per shipment, общее количество дефектов поставок, по отношению к общему количеству поставок
- total test duration, общее время на тестирование, в разрезе ручного и автоматизированного прохождения
- requirements coverage / test cases by requirement, покрытие требований, какие функции валидиру-

ются и как много проверок относится к конкретной юзер стори или требованию

- percentage of tests passed or failed, отношение числа пройденных проверок к проверкам, по которым появились замечания, из общего количество планируемых к проведению валидаций
- number of defects found in testing, количество дефектов, найденных в процессе контроля качества
- percentage automated test coverage of total coverage, процент автоматизированных проверок к общему количеству валидаций
- useful vs irrelevant results, отношение релевантных результатов к ложнопозитивным/ложнонегативным полезный результат, не зависит от финального статуса passed или failed, с причиной именно в дефекте не релевантный результат, результатом выполнения, является причина, связанная с изменениями в коде валидаций или проблемы с не промышленной средой
- percentage of broken builds, процент билдов не прошедших quality gate на этапе контроля качества.

При внедрении данных методик и подходов, в трех компаниях в сфере финтех и фудтех, были получены высокие результаты работы.

Компании получили рост качества выпускаемых продуктов до 70 %. Сокращение времени вывода в промышленную эксплуатацию за счет снижения количества доработок во время разработки продукта. Была повышена

точность выдаваемых командами оценок на 30 %, за счет точного определения сложности внедряемых изменений. Сокращено количество обращений пользователей.

Достигнут рост первичного качества продуктов, снижен lead time. Повышена погруженность всех членов команды в требования к юзер стори. Появилась прозрачность в объеме изменений подвергаемых валидациям. Командам разработки стало проще планировать внедрения новых функциональностей. Концентрация на определенном инкременте всеми ролями позволяет быстрее доводить изменение до среды промышленной эксплуатации не меняя контекст.

Данная комбинация подходов и практик, используемых в продуктовых командах, позволяет выстроить производственный процесс, который фокусирует внимание команды на каждом из этапов жизненного цикла программного обеспечения, для увеличения производительности и влияния на продукт. Обеспечивая превентивное воздействие на качество продукта и на качество самого процесса создания ценности. Подходы и практики используются в компаниях и ИТ департаментах, для создания среды, в которой возможны быстрые и эффективные решения задач. Компании используют методики в динамично развивающихся проектах и продуктах, помогая бизнесу получать решения и реализации в максимально короткие сроки с выполнением всех политик качества. Методики позволяют максимизировать использование бюджетов на развитие продуктов и систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абаев А.Л., Алексунин, В.А. Международный маркетинг. учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А.Л. Алексунин В.А. Абаев. — Люберцы: Юрайт, 2016. — 362 с.
2. Акканина Н.В. Маркетинг в агропромышленном комплексе: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н.В. Акканина [и др.]; под редакцией Н.В. Акканиной. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 314 с.
3. Бабкин А.В., Буркальцева, Д.Д., Костень, Д.Г., Воробьев, Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. — 2017. — № 3.
4. Безрутенко Ю.В. Маркетинг в социально-культурном сервисе и туризме: Учебное пособие, 2-е изд. / Ю.В. Безрутенко. — М.: Дашков и К, 2016. — 232 с.
5. Благовещенский Д.И., Козловский В.Н. Комплексные программы улучшений в машиностроении: монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. 587с.
6. Вовченко Н.Г., Галазова, С.С., Сопченко, А.А. Влияние экономики пандемии на мировые тренды цифровой трансформации // Интеллектуальные ресурсы — региональному развитию. — 2020. — № 2. — С. 275–283.
7. Гагарина С.Н. Аутсорсинг как метод повышения эффективности управления закупками организации / С.Н. Гагарина, В.С. Жукова // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2021. — № 11-2 (81). — С. 40–43. — DOI 10.24412/2411-0450-2021-11-2-40-43.
8. Гагарина С.Н. Интервальное прогнозирование объемов спроса на услуги субъектов естественных монополий с учетом неопределенности информации / С.Н. Гагарина, Ю.Е. Гагарин // Вестник университета. — 2013. — № 22. — С. 101–110.
9. Гагарина С.Н. Форсайт как инновационный инструмент предвидения будущего / С.Н. Гагарина, М.А. Леонова, Т.Е. Раецкая // Вестник Калужского университета. — 2020. -№4 (49). — С. 52–55.
10. Джабраилов Ш.В. Сравнительный анализ методологий разработки ПО Agile и Waterfall // Молодой ученый. — 2020. — № 52 (342).
11. Кондрашова Н.Г., Авраменко М.А. Управление временем как эффективное средство менеджмента // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2020. — № 11-2 (69). — С. 51–54.
12. Постигая Agile: ценности, принципы, методологии / Эндру Стеллман, Дженнифер Грин / Пер. с англ С. Пасерба. — 3-е изд. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 441 с.

13. Ручкина Г.Ф., Березин, М.Ю., Демченко, М.В. Внедрение и практическое применение современных финансовых технологий: законодательное регулирование. — М., 2020.
  14. Сысоева Л.А. Подходы к использованию методологии Scrum для управления проектами по автоматизации сквозных бизнес-процессов // International journal of advanced studies in computer engineering. — 2020. — № 1. — С. 21–30.
  15. Каченко И.Н., Сивокос К.К. Использование гибких технологий Agile и Scrum для управления стейкхолдерами проектов // Управленец. — 2017. — №4 (68). — С. 85–95.
- 

© Леухин Елисей Владимирович (eles.leukhin@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОБНАРУЖЕНИЕ И ИСКЛЮЧЕНИЕ ОБФУСЦИРОВАННЫХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ

## DETECTION AND PREVENTION OF OBFUSCATED DATA LEAK CHANNELS IN CORPORATE NETWORKS

**A. Mansurov  
A. Lependin  
D. Ruder  
P. Ladygin**

*Summary.* This paper discusses the important problem of detection and prevention of hidden obfuscated data leak channels inside the protected areas of corporate networks. Typically, these channels are initiated by the malicious software components executed at the users' workstations. Simulation, consecutive study of their operating principles, and methods of masquerading the confidential data transfer as the regular HTTP and DNS network traffic are conducted in details. Following the results of the study, several effective approaches are proposed to identify and eliminate the operation of such hidden data leak channels inside the protected areas of corporate networks.

*Keywords:* network security, traffic obfuscation, data leak channels, traffic filtering.

**Мансуров Александр Валерьевич**

Канд. техн. наук, доцент,  
Алтайский государственный университет, г. Барнаул,  
mansurov.alex@gmail.com

**Лепендин Андрей Александрович**

Канд. физ-мат. наук, доцент,  
Алтайский государственный университет, г. Барнаул,  
andrey.lependin@gmail.com

**Рудер Давыд Давыдович**

Канд. физ-мат. наук, доцент,  
Алтайский государственный университет, г. Барнаул,  
ddruder@gmail.com

**Ладыгин Павел Сергеевич**

Старший преподаватель,  
Алтайский государственный университет, г. Барнаул,  
pavel-ladygin@yandex.ru

*Аннотация.* В работе обсуждается важная проблема идентификации и устранения скрытых каналов утечки конфиденциальной информации за пределы защищенного сегмента корпоративной сети, иницируемых вредоносным программным обеспечением на рабочих станциях пользователей. Выполнено моделирование и исследование работы такого скрытого канала, использующего маскировку под регулярный обмен данными с использованием двух распространенных сетевых протоколов прикладного уровня — HTTP и DNS. На основании проведенного моделирования и исследования принципов маскировки передаваемых данных сформирован ряд мер, необходимых для обнаружения и предотвращения работоспособности таких скрытых каналов внутри защищенного сегмента корпоративной сети.

*Ключевые слова:* сетевая безопасность, обфускация трафика, утечка данных, фильтрация трафика.

### Введение

Вопрос контроля сетевого трафика на границе корпоративной сети является одним из важных моментов в процессе обеспечения защищенной работы корпоративной сети и защиты информационных систем любого современного предприятия. Анализ и выявление подозрительных попыток установить соединения к критичным сервисам корпоративной сети извне или подозрительные соединения и обмен данными из корпоративной сети во внешний мир должны вовремя распознаваться и блокироваться. Для этого, как правило, применяются современные многофункциональные прокси-серверы, межсетевые экраны следующего поколения, системы обнаружения и предотвращения вторжений и системы глубокого анализа трафика (DPI — Deep Packet Inspection) [1].

Сложность обнаружения таких скрытых каналов обмена информацией, которые организованы нарушите-

лем (злоумышленником) многократно повышается, если нарушитель маскирует свой обмен под протоколы обмена данными популярных и часто используемых корпоративных решений для организации удаленной и совместной работы, телеконференций и систем телефонии [2,3]. Такие известные решения, как SkypeMorph [4], StegoTorus [5], SensorSpoofers [6] ориентируются на тот факт, что применяемые в корпоративной сети и на ее периметре средства контроля, обнаружения, анализа и предупреждения будут воспринимать организованный ими обмен как нормальный «штатный» обмен соответствующих корпоративных приложений и не идентифицируют его как опасный, который необходимо заблокировать.

Отдельную сложность представляет задача обнаружения скрытого обмена с использованием широко распространенных в корпоративных решениях протоколов прикладного уровня, таких как протоколы HTTP, HTTPS, DNS, NTP, RDP и т.п., а также протокола ICMP [7,8]. В этом случае штатные средства и системы, обеспечивающие

работу корпоративной сети, выступают посредниками для организованных DNS- и ICMP-туннелей, а также используют предусмотренные администраторами сети возможные «открытые» пути для пропуска таких протоколов на границе. Обнаружение таких каналов скрытого обмена требует более тщательного анализа и мониторинга трафика указанных протоколов с применением методик статистического и поведенческого анализа, что удорожает и усложняет процесс.

В данной работе выполняется моделирование и исследование принципов работы возможного скрытого канала утечки конфиденциальной информации из защищенного сегмента корпоративной сети путем маскировки под обмен популярных протоколов прикладного уровня. По результатам моделирования и исследования формируются меры и подходы по обнаружению и противодействию возникновению и работы таких скрытых каналов утечки данных.

**Моделирование и исследование работы потенциального канала скрытого информационного обмена**

Потенциальный скрытый канал утечки конфиденциальной информации из защищенного сегмента корпоративной сети функционирует с использованием двух востребованных прикладных протоколов — протокола HTTP (или HTTPS) и протокола DNS. Согласно модельной концепции, протокол HTTP используется как основной канал передачи конфиденциальной информации за пределы сегмента корпоративной сети, а протокол DNS обеспечивает канал синхронизации отправляемой информации для обеспечения корректного получения передаваемых данных на стороне нарушителя. Выбор двух

этих протоколов неслучаен. Во-первых, это одни из самых популярных протоколов сетевого взаимодействия, активно применяемых в работе корпоративных решений и элементов распределенных информационных систем (которые в настоящее время все больше становятся веб-ориентированными). В достаточно большом случае ряд компонентов (серверная составляющая, например, для клиент-серверных решений) таких распределенных систем находится за пределами сегмента корпоративной сети (в сети Интернет как облачная компонента, например). Во-вторых, для этих протоколов в корпоративной сети практически всегда есть штатные «посредники» — прокси-серверы или иные серверы, которые эффективно могут быть использованы для маскировки исходной точки происхождения трафика и дальнейшего введения в заблуждение систем пограничного контроля и анализа трафика. Концептуальная схема работы скрытого канала утечки конфиденциальной информации с использованием двух протоколов прикладного уровня приведена на рис. 1.

Вредоносное программное обеспечение (ПО), внедренное нарушителем на рабочую станцию в корпоративной сети, осуществляет отправку конфиденциальной информации на рабочую станцию нарушителя за пределами корпоративной сети с помощью протокола HTTP или HTTPS. Происходит имитация штатной работы «запрос-ответ» некоторого приложения-браузера (вредоносное ПО) с некоторым веб-сервером (ПО на рабочей станции нарушителя) в определенном домене (который контролирует нарушитель), в роли которого выступает рабочая станция нарушителя. При этом применяются штатные настройки рабочей станции для работы с данными протоколами, требующие использования корпоративного прокси-сервера (чаще всего это именно так). Корпора-

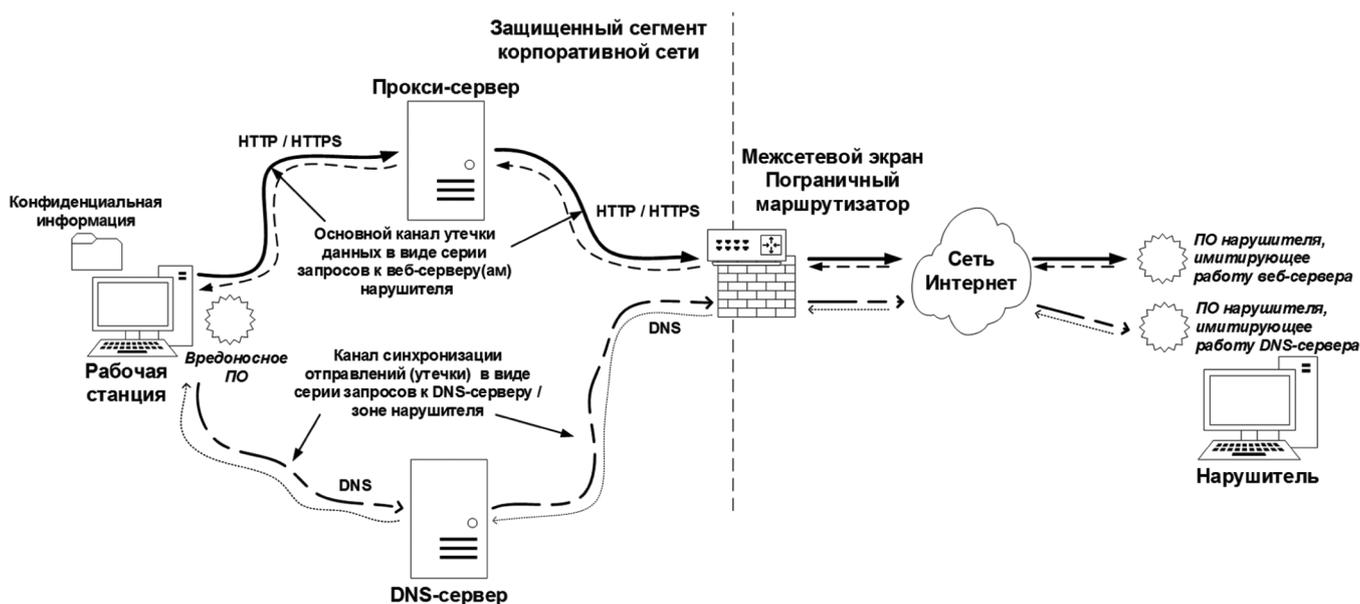


Рис. 1. Концептуальная схема работы скрытого канала утечки конфиденциальной информации

тивный HTTP/HTTPS прокси-сервер является эффективной точкой контроля и анализа веб-трафика с использованием как встроенного в функционал прокси-сервера средств проверки, ограничения и блокирования, так и с привлечением дополнительных «пристыковывающихся» решений, таких как средства антивирусной защиты, анализа передаваемых данных и интеграции в единое пространство безопасности корпоративной сети (домен безопасности Active Directory и т.п.). Весь веб-трафик во внешний мир отправляется от адреса сетевого интерфейса прокси-сервера. Это позволяет скрыть истинного инициатора сетевого взаимодействия (рабочие станции и приложения на них), а также предусмотреть «облегченный» вариант контроля и ограничений средствами на границе сети, считая трафик от прокси-сервера во внешний мир уже прошедшим необходимые проверки и фильтрацию своими силами.

Дополнительный канал, необходимый для синхронизации отправляемых фрагментов и их упорядочивания после получения на стороне нарушителя, обеспечивается при помощи протокола DNS. Здесь вредоносное ПО имитирует DNS-запросы с целью получения информации о хостах, находящихся в определенном домене (DNS-зоне), который полностью контролирует нарушитель. Поскольку в корпоративной сети функционирует штатный корпоративный DNS-сервер, то он эффективно выступает в роли посредника, ретранслируя все запросы во внешний мир от своего адреса. Все ретранслируемые запросы попадают на рабочую станцию нарушителя, где они обрабатываются ПО, имитирующим работу DNS-сервера, контролирующего ранее обозначенный домен (DNS-зону). Использование протокола DNS для организации чистого DNS-туннеля [7] может вызвать подозрения при обнаружении в ходе анализа трафика большого количества DNS-запросов больших размеров, в то время как серия типичных DNS-запросов может быть легко проигнорирована как случай штатной работы DNS-серверов.

На рабочей станции нарушителя комплексно работает ПО, которое имитирует работу веб-сервера, получающего запросы от корпоративного прокси-сервера, и имитирует работу DNS-сервера, получающего запросы от корпоративного DNS-сервера (или иного в рамках иерархии DNS-серверов). На каждый запрос формируется штатный ответ сообразно поступившему запросу для дальнейшего введения в заблуждение действующих систем анализа сетевого трафика на границе корпоративной сети и самих корпоративных DNS- и прокси-серверов путем маскировки под правильный и ожидаемый обмен данными в рамках режима «запрос-ответ».

Детальная последовательность функционирования скрытого канала и отправки конфиденциальной информации на рабочую станцию нарушителя приведена

в виде алгоритмической схемы на рис. 2. Здесь требуемый для передачи объем конфиденциальной информации разбивается на некоторое количество фрагментов определенного размера. Размер каждого фрагмента зависит от того, каким образом будет маскироваться его транспортировка в рамках HTTP/HTTPS обмена. Передача начинается со случайно выбранного фрагмента с номером PN из общего числа N фрагментов.

В данной работе при моделировании такого скрытого канала использовался вариант маскировки передаваемых фрагментов в теле HTTP-запросов GET (URL) в области полей со служебной информацией. Такой запрос однозначно будет правильно обработан прокси-сервером, и при его пересылке за пределы сегмента корпоративной сети к целевому веб-сайту все служебные поля будут сохранены без изменений. Одним из характерных полей, допускающих произвольное содержание, которые сопровождают запрос GET, являются поля "Cookie:". В этих полях веб-браузер ретранслирует ранее сохраненную и связанную с конкретным веб-сайтом некоторую произвольную информацию [9]. Это давно известный и не вызывающий подозрения способ сохранения данных на стороне веб-браузера в ходе взаимодействия с некоторым веб-сервером, который применяется для хранения персональных предпочтений и настроек пользователя, отслеживания и управление состоянием сеанса доступа и т.п. Такую сохраненную информацию веб-браузер отправляет вместе с остальными служебными заголовками с каждым запросом к веб-серверу. Согласно RFC 6265, размер каждого Cookie не превышает 4096 байт, соответственно предел для каждого фрагмента передаваемой конфиденциальной информации можно установить, исходя из этого значения. Для большей правдоподобности и лучшей маскировки в моделируемом обмене размер фрагмента принят равным 1024 байт. Каждый фрагмент при этом может дополнительно обрабатываться некоторым криптографическим алгоритмом, ответная часть которого известна и имплементирована на стороне нарушителя.

Поля "Cookie:" содержат два элемента cookie, которые используются вредоносным ПО для передачи фрагмента. Элемент "ck\_encst" содержит цифровой идентификатор примененного к передаваемому фрагменту метода обработки — номер/индекс криптоалгоритма или иной процедуры кодирования (например, 0 — base64, 1 — AES256, ...). Элемент "ck\_RNDNAME" является основным элементом cookie, которое содержит передаваемый фрагмент данных. Для усложнения процесса обнаружения имя этого элемента генерируется случайным образом (вместо RNDNAME) и представляет собой строку длиной 6-12 случайных символов латинского алфавита.

Сформированные поля "Cookie:" добавляются к случайно выбранному из банка шаблонов заранее сфор-

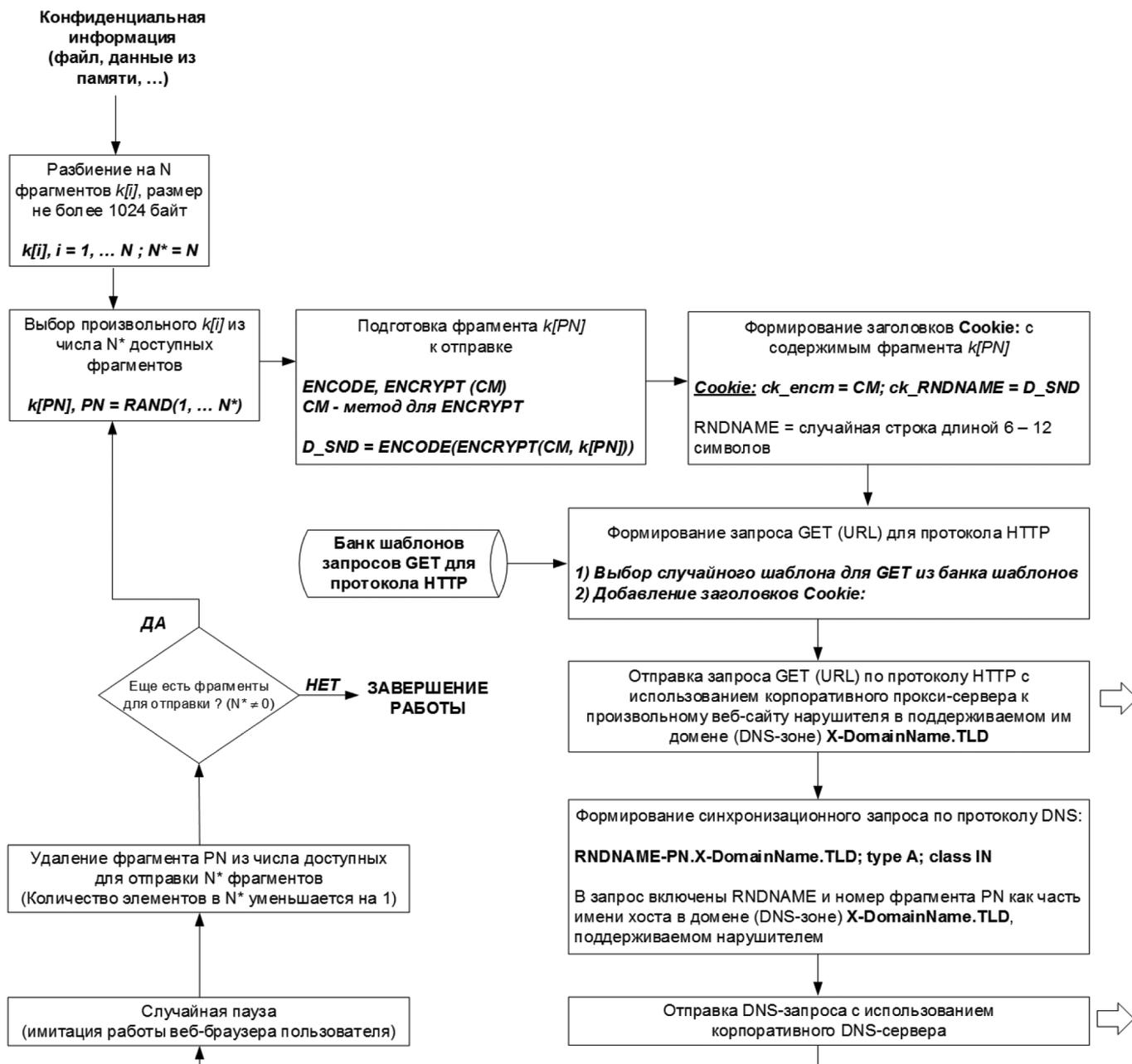


Рис. 2. Алгоритмическая схема работы вредоносного ПО при отправке конфиденциальной информации с рабочей станции

мированных типовых запросов GET (URL) шаблону запроса, который содержит все необходимые служебные поля, сопровождающие такой запрос. В банке шаблонов включены запросы к различным документам и объектам (html-страницы, изображения, pdf-файлы, ...) для имитации выполняемого запроса от лица веб-браузера. Готовый запрос с использованием протокола HTTP/HTTPS отправляется через корпоративный прокси-сервер на адрес веб-сайта в домене, контролируемом нарушителем — например, к веб-сайту www.X-DomainName.TLD. Вместо 'www' может использоваться любой другой хост в домене нарушителя. Пример сформированного запроса приведен на рис. 3.

После отправки запроса GET (URL) вредоносное ПО формирует DNS-запрос на получение IP-адреса (A-запись) некоторого хоста в домене нарушителя. В качестве имени хоста используется составная конструкция, включающая в себя случайно сгенерированное имя элемента cookie «ck\_RNDNAME» и порядковый номер отправляемого фрагмента PN. Запрос адресуется корпоративному DNS-серверу, который иерархически перенаправляет его (уже от своего адреса) на адрес рабочей станции нарушителя. Таким образом обеспечивается синхронизация и обнаружение на стороне нарушителя ранее переданного фрагмента и сопоставление его порядкового местоположения при составлении оригинального блока конфиденциальной информации.

```

GET /forum/userpage/page1.html HTTP/1.1\r\n
Host: www.X-DomainName.TLD\r\n
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64; rv:109.0) Gecko/20100101 Firefox/115.0\r\n
Accept-Language: en-US,en;q=0.5\r\n
Accept-Encoding: gzip, deflate\r\n
Connection: keep-alive\r\n
Referer: http://www.X-DomainName.TLD/\r\n
Cookie: ck_encm=0; ck_mngexsghy=aGlkZGVuIGNvbWZpZGVudGlhbCBwYXJ0IGh1 ... cmU==\r\n
\r\n

```

Рис. 3. Сформированный HTTP-запрос, содержащий передаваемый фрагмент данных

Работа вредоносного ПО на рабочей станции продолжается до окончания передачи всех фрагментов. При передаче между фрагментами делается случайная пауза.

На рабочей станции нарушителя функционирует ответная часть ПО, имитирующая работу веб-сервера и DNS-сервера. При этом, компонента, отвечающая за получение HTTP-запросов, сохраняет содержимое полей «Cookie:» из полученного запроса, производит анализ содержимого запроса GET (URL) и формирует для обратного отправления ожидаемый ответ — на запрос html-страницы отправляется заранее заготовленное содержимое некоторой html-страницы, на запрос изображения — заранее заготовленное изображение с требуемым MIME-типом (JPG, PNG, ...) и т.п. Задача данной компоненты ПО на рабочей станции нарушителя — обеспечивать полную имитацию взаимодействия «веб-браузера» с «веб-сервером». DNS-компонента обеспечивает прием DNS-запросов и извлечение запрашиваемого имени хоста в домене нарушителя из запроса. Ответ выглядит стандартно и содержит IP-адрес рабочей станции нарушителя (или любой другой IP-адрес) для обеспечения полной имитации работы «DNS-сервера».

Полученная синхронизационная информация используется для нахождения нужного фрагмента и упорядочивания извлеченной из него информации. Выполнив все процедуры обработки полученных фрагментов и составив их в правильном порядке, на рабочей станции нарушителя оказывается копия переданного с рабочей станции в корпоративной сети объема конфиденциальной информации.

Компоненты вредоносного ПО для выполнения моделирования и рассмотрения его работы выполнены в виде программного кода на языке Python [10]. Модель сегмента корпоративной сети и участка сети с рабочей станцией нарушителя имитировались в виртуальной лабораторной среде «EVE-NG» [11], которая содержит необходимые виртуальные компоненты сетевых устройств, рабочих станций и специализированных решений защиты информации. Используемые анализаторы трафика абсолютно корректно идентифицируют создаваемый обмен как обмен по протоколам HTTP и DNS, который свободно преодолевает механизмы защиты на грани-

це сегмента корпоративной сети и средства контроля и анализа корпоративного прокси-сервера (выполнен на основе ПО Squid [12] с дополнительными средствами анализа, контроля, фильтрации и антивирусной обработки проксируемого трафика).

#### Подходы к обнаружению и устранению скрытого канала утечки конфиденциальной информации

Поскольку в работе ранее уже было сказано, что обнаружение подобных каналов является сложной задачей, то логичным представляется решение диверсифицировать подходы к обнаружению и предотвращению возможности успешной работы вредоносного ПО на рабочих станциях внутри защищаемого сегмента корпоративной сети. Если проследить весь путь такого скрытого канала, то можно выделить три явные точки, в которых необходимо применить дополнительные средства контроля, анализа и ограничения для блокирования работы скрытого канала. Такими точками являются — сама рабочая станция с вредоносным ПО, корпоративный прокси-сервер как посредник основного канала передачи конфиденциальной информации, и средства контроля на границе корпоративной сети.

1) На рабочих станциях необходимо наличие централизованно администрируемого современного межсетевого экрана следующего поколения (NGFW — Next Generation Firewall) уровня узла [13], позволяющего формировать разрешительные и запретительные правила с учетом порождающего сетевой трафик конкретного приложения и рабочего контекста, что составляет дополнительную метаинформацию, используемую в составе правил фильтрации сетевого трафика. Таким образом, можно будет однозначно определять, каким именно приложениям на рабочей станции можно инициировать сетевой обмен с использованием определенного набора сетевых протоколов. Это позволит исключить возможность установления соединений и организацию сетевого взаимодействия для вредоносного ПО на рабочих станциях корпоративной сети.

2) На корпоративном прокси-сервере с использованием протокола ICAP возможно подключение внешнего решения, которое будет осуществлять детальный анализ служебных полей отправляемых HTTP-запросов и от-

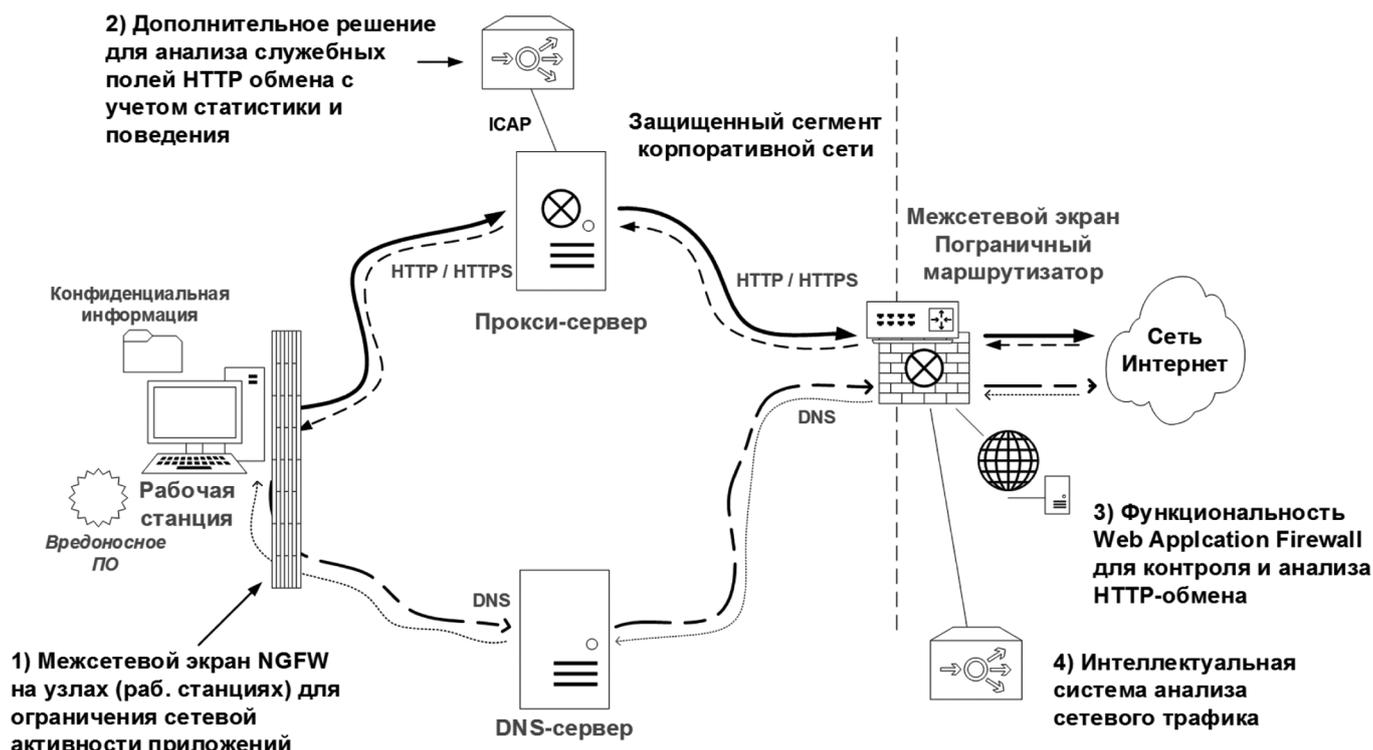


Рис. 4. Применяемые меры по обнаружению и блокировке скрытого канала утечки конфиденциальных данных

ветов. Подобное решение может собирать статистику по различным служебным полям запросов в адрес каждого конкретного веб-сайта (веб-сервера). В этом случае, исключая набор стандартных полей заголовка запроса, определение размера таких дополнительных полей, как «Cookie:», позволит выявить аномалию по общему размеру элементов поля. Согласно исследованию [14], медианный размер элемента поля «Cookie:» составляет 36 байт, а для 99 % процентов случаев не превышает 300 байт. Тогда появление элемента большого размера может служить индикатором возможной аномалии в сетевом обмене.

Кроме этого, для разных запросов к одному и тому же веб-сайту (веб-серверу) набор элементов в поле «Cookie:» и их имена чаще всего сохраняются стабильными и неизменными. Отличающиеся имена элементов поля «Cookie:» также может являться еще одним признаком возможной аномалии.

3) На границе корпоративной сети возможно расширение функциональности межсетевого экрана до уровня, обеспечивающего контроль и фильтрацию информационных потоков по протоколу передачи гипертекста (WAF — Web Application Firewall), проходящих к веб-серверу и от веб-сервера [13]. В этом случае возможно обнаружение аномально больших или часто меняющихся полей «Cookie:» средствами более совершенного межсетевого экрана.

4) На границе корпоративной сети возможно применение интеллектуальной системы анализа сетевого

трафика, которая позволит сформировать критерий (правило) для гибридной проверки HTTP-запросов и DNS-запросов, идущих в адрес одного и того же домена, контролируемого нарушителем. Большое количество запросов к DNS-серверу домена, не связанных с именем веб-сервера или серверов в этом домене, может служить индикатором действующей аномалии в корпоративной сети, которая требует вмешательства администратора и специалиста по защите информации.

Сводное представление применяемых мер на защищенном сегменте корпоративной сети приведено на рис. 4.

### Заключение

В работе выполнено моделирование и исследование принципов работы потенциального скрытого канала утечки конфиденциальной информации из защищенного сегмента корпоративной сети. Актуальность проблемы подчеркивается тем, что маскировка под популярные прикладные протоколы обмена данными в корпоративной сети и активное использование существующей сетевой инфраструктуры и технологий делает работу такого скрытого канала малозаметной и сложно идентифицируемой, особенно в автоматическом режиме с использованием стандартных решений по защите информации. Проведенное исследование показывает, что алгоритмически работа такого канала совпадает с работой штатных программных средств (веб-браузеров), а применяемые способы включения данных для последующей передачи

используют стандартные функциональные возможности прикладных протоколов. Эти факты указывают на необходимость дополнительных мер и решений по более глубокому анализу сетевого трафика в точках его обра-

ботки и на границе сети, так и дополнительных средств по обеспечению безопасности непосредственно самих рабочих станций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Код безопасности: Защита корпоративных сетей в России — 2017. Аналитическое исследование. Ноябрь 2017 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [https://www.securitycode.ru/upload/iblock/892/Network\\_security\\_2017.pdf/](https://www.securitycode.ru/upload/iblock/892/Network_security_2017.pdf/) (дата обращения 25.07.2023)
2. L. Dixon, T. Ristenpart, T. Shrimpton. Network Traffic Obfuscation and Automated Internet Censorship. IEEE Security & Privacy. 2016. V. 14, N. 6, pp. 43–53. DOI: 10.1109/MSP.2016.121.
3. А.В. Закалкин, С.А. Иванов, Е.В. Вершенник, А.В. Кирьянов. Способ маскирования передаваемой информации // Труды ИСП РАН. — 2020 г. — №6. — С. 17–20.
4. H. Moghaddam, B. Li, M. Derakhshani, et al. SkypeMorph: protocol obfuscation for Tor bridges. Proceedings of the 2012 ACM Conference on Computer and Communications Security. 2012. pp. 2–6. DOI: 10.1145/2382196.2382210
5. Z. Weinberg, J. Wang, V. Yegneswaran, et al. StegoTorus: a camouflage proxy for the Tor anonymity system. Proceedings of the 2012 ACM Conference on Computer and Communications Security. 2012. pp. 109–120. DOI: 10.1145/2382196.2382211
6. Q. Wang, X. Gong, G.T.K. Nguyen, et al. Censorspoof: Asymmetric communication with IP spoofing for censorship-resistant web browsing. // arXiv:1203.1673 [cs.CR]. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://arxiv.org/pdf/1203.1673.pdf> (дата обращения 25.07.2023)
7. Р.А. Астаулов. Обнаружение скрытого канала передачи данных по протоколу DNS // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2018 г. — №14. — С. 22–30.
8. В.В. Галушка, С.Б. Петренкова, Я.В. Дзюба, В.А. Панченко. Сетевая стеганография на основе ICMP-инкапсуляции // Инженерный вестник Дона. — 2018 г. — №4(51). — С. 107–123.
9. A. Barth. RFC 6265 — HTTP State Management Mechanism. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc6265.txt> (дата обращения 25.07.2023)
10. Python. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.python.org/> (дата обращения 25.07.2023)
11. EVE-NG. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.eve-ng.net/> (дата обращения 25.07.2023)
12. Squid: Optimising Web Delivery. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://www.squid-cache.org/> (дата обращения 25.07.2023)
13. Информационное сообщение ФСТЭК России от 28 апреля 2016 г. N 240/24/1986. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/informatsionnye-i-analiticheskie-materialy/informatsionnoe-soobshchenie-fstek-rossii-ot-28-aprelya-2016-g-n-240-24-1986> (дата обращения 25.07.2023)
14. Analysis of Cookie Size. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://discuss.httparchive.org/t/analysis-of-cookie-size/1991/> (дата обращения 25.07.2023)

© Мансуров Александр Валерьевич (mansurov.alex@gmail.com); Лепендин Андрей Александрович (andrey.lependin@gmail.com);  
 Рудер Давыд Давыдович (ddruder@gmail.com); Ладыгин Павел Сергеевич (pavel-ladygin@yandex.ru)  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРОВАЯ СИСТЕМА И ЕЕ ЗВУКОВОЙ ЛАНДШАФТ

**Овчинникова Ксения Романовна**

Кандидат педагогических наук, доцент, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва  
of\_csu\_ru@mail.ru

**Шерняев Камиль Рафаэлевич**

Магистрант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва  
kshernyaev-21@edu.ranepa.ru

**Ромашкова Оксана Николаевна**

Доктор технических наук, профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва  
ox-rom@yandex.ru

### COMPUTER GAME SYSTEM AND ITS SOUNDSCAPE

**K. Ovchinnikova  
K. Shernyaev  
O. Romashkova**

*Summary.* The article discusses the features of the development of the soundscape of a computer gaming system in the context of the formation and development of emotional intelligence of players. The analysis of the notions of emotional intelligence, the soundscape of a computer game is carried out. The article describes a computer game system developed in the genre of survival-horror for conducting an experiment to assess the effectiveness of the manifestation of emotions of tension, anxiety and fear in players, depending on the techniques of the sound series used. The results of an experiment on the organization of the soundscape of a computer gaming system created in the techniques of «unpleasant sounds», «uncertainty», «sudden effect» are presented and described. It is noted that for a more effective construction of emotional experience in the context of the formation and development of emotional intelligence of players, it is necessary to use combined techniques of soundscape organization embedded in the gameplay of a computer gaming system.

*Keywords:* computer game, computer game system, soundscape, scale, game sound.

*Аннотация.* В статье обсуждаются особенности разработки звукового ландшафта компьютерной игровой системы в контексте формирования и развития эмоционального интеллекта игроков. Проведен анализ понятий эмоционального интеллекта, игрового звукояра. Описана разработанная в жанре survival-horror компьютерная игровая система для проведения эксперимента по оценке эффективности проявления у игроков эмоций напряженности, тревоги и страха в зависимости от техник используемого звукояра. Представлены и описаны результаты эксперимента организации звукового ландшафта компьютерной игровой системы, созданного в техниках «неприятные звуки», «неопределенность», «внезапный эффект». Отмечается, что для более эффективного конструирования эмоционального опыта в контексте формирования и развития эмоционального интеллекта игроков необходимо использовать комбинированные техники организации звукового ландшафта, внедренные в геймплей компьютерной игровой системы.

*Ключевые слова:* компьютерная игра, компьютерная игровая система, звуковой ландшафт, звукояра, игровой звук.

### Введение

Компьютерные игры, как современные информационные технологии, сегодня являются не просто развлечением. Это тот аспект жизни современного общества, который изменяет и само общество, и конкретного члена этого общества. Эти изменения касаются любой сферы деятельности человека — профессиональной, социальной, коммуникативной, познавательной и др.

В том числе изменяются и психологические характеристики человека, использующего в своей жизни информационные технологии на основе различных гаджетов. Например, изменилась память человека — члена современного информационного общества [1]. В настоящее время, с одной стороны выделилось новое направление

психологии — «киберпсихология», изучающее процесс взаимодействия личности со всевозможными информационными технологиями, цифровыми инструментами [2, 3]. С другой стороны, предлагаются стартапы по разработке программных продуктов, способных управлять эмоциями человека на основе виртуальной реальности [4], по разработке гаджетов, помогающих управлять эмоциональным стрессом [5], или же приложения на основе искусственного интеллекта, определяющие эмоцию человека [6].

Компьютерные игры рассматриваются сегодня и как неотъемлемая часть образовательного и познавательного процессов не только в младшей и средней школе, но и в вузе [7, 8]. Компьютерная игра, рассматриваемая как информационная технология, играет роль средства обучения [9], а как самостоятельная информационная

система, — становится инструментом опережающего управления процессом обучения [10].

Звуковой ландшафт компьютерной игровой системы является внутренним элементом алгоритма игры и непосредственно связан с искусственным интеллектом виртуальной среды игры. Игровой звук (англ. game sound), это все звуки (включая музыкальные), которые связаны с искусственным виртуальным миром видеоигры и которые пользователь (игрок) слышит через аудиодинамики или головные наушники в процессе выполнения игровых действий. Звук в игре технически не привязан к изображению, он может воспроизводиться в зависимости от конкретного события. Особенности звукового дизайна в играх определяется интерактивностью и возникает в зависимости от действий игрока и развивается нелинейно. Некоторые игровые звуки услышать в реальном мире невозможно, их создают искусственно для объектов и персонажей, благодаря чему игрок постепенно начинает ассоциировать звук с конкретным событием или же объектом.

Кроме того, в компьютерных играх звук выполняет активную функцию, оказываясь действенной частью симуляционных стратегий, реализованных в большинстве современных игр. То есть игровой звук, с одной стороны, являет собой симуляцию акустических процессов реального мира (в которой характер звучания виртуальных объектов зависит от действий пользователя), но с другой — представляет игроку узнаваемые звуки физической реальности, упрощая тем самым процесс управления игрой, делая игру более понятной, захватывающей и интересной.

Звук и музыка могут как создавать общее настроение игровой сцены, так и изменять его в зависимости от игровых событий. Звук передает информацию о внутреннем состоянии виртуальных персонажей, например, — чувства радости, агрессии, грусти и прочее, либо нацелен на изменение эмоционального настроения самого пользователя, например, когда персонажу пользователя грозит опасность или предстоит сложный бой (как в финальном сражении со злобным боссом в видеоигре «Legend of Zelda: Ocarina of Time»). Здесь звук и музыка используются, чтобы контролировать и манипулировать психологическим состоянием игрока.

Музыка и звук могут использоваться для усиления обстоятельств геймплея, для создания новых эмоций, для манипулирования существующими эмоциями. Если необходимо привлечь внимание пользователя, эффективнее использовать, например внезапный звук клаксона чем слова «внимание» в диалоговом окне.

В итоге заметим, что звуковой ландшафт компьютерной игровой системы, как неотъемлемая часть этой

информационной системы, может влиять и на психологическое состояние игрока, и на процесс обучения, если таковой присутствует в игровой системе.

Как же необходимо конструировать звуковое сопровождение игровой компьютерной системы для формирования определенного эмоционального опыта игрока? Какие алгоритмы организации игрового звука позволят оптимизировать процесс формирования эмоционального интеллекта игрока? Ответам на эти вопросы посвящена предлагаемая статья.

### Эмоции игрока компьютерной игры как компонент его эмоционального интеллекта

Сегодня учеными активно изучается такое явление как «эмоциональный интеллект», его формирование и развитие.

В модели эмоционального интеллекта Майера-Саловея-Карузо, которая считается в психологии основной, выделяют четыре составляющие:

1. Восприятие эмоций — способность распознавать эмоции (по мимике, жестам, внешнему виду, походке, поведению, голосу) других людей, а также идентифицировать свои собственные эмоции.
2. Использование эмоций для стимуляции мышления — способность человека (главным образом неосознанно) активировать свой мыслительный процесс, пробуждать в себе креативность, используя эмоции как фактор мотивации.
3. Понимание эмоций — способность определять причину появления эмоции, распознавать связь между мыслями и эмоциями, определять переход от одной эмоции к другой, предсказывать развитие эмоции со временем, а также способность интерпретировать эмоции во взаимоотношениях, понимать сложные (амбивалентные, неоднозначные) чувства.
4. Управление эмоциями — способность укрощать, пробуждать и направлять свои эмоции и эмоции других людей для достижения поставленных целей. Сюда также относится способность принимать эмоции во внимание при построении логических цепочек, решении различных задач, принятии решений и выборе своего поведения.

Игроки — участники компьютерных игр испытывают в процессе игры различные эмоциональные состояния. При этом, чтобы вызвать любой тип эмоций в сценариях компьютерных игр, разработчики используют различные технологии. Иными словами, в игровом процессе конструируется эмоциональный и социальный опыт игрока через организацию игрового пространства с точки зрения особенностей проявления инициативы, оснований принятия игроками индивидуальных и кол-

лективных решений и др. В частности, эмоциональный опыт «научает» игрока идентифицировать свои эмоции, использовать эмоции как фактор мотивации для мыслительной активности, креативности, направлять свои эмоции для достижения поставленных «игровых» целей. То есть влияет на формирование эмоционального интеллекта игрока.

Игровые события, возникающие по сценарию в компьютерной игре, обычно предполагают эмоциональная насыщенность игровых действий, моделирование игровых ситуаций, инициирующих сильные эмоции (агрессия, сопереживание, достижение, конкуренция и др.), а также предполагают и эстетическое впечатление, создаваемое дизайном игры.

Таким образом, все составляющие модели эмоционального интеллекта человека: восприятие эмоций, использование эмоций для стимуляции мышления, понимание эмоций и управление ими могут быть сформированы и развиты в контексте присутствия компьютерных игровых систем в жизни социума с помощью не только диалога, повествования в видеоигре, но и музыкального оформления. При этом влияние игрового звуоряда на эмоциональное состояние игрока зависит и от погружения игрока в игровой мир.

Заметим, что погружение игроков в игровой мир и его механику — одна из самых важных и сложных задач при разработке видеоигры. Уровень погружения напрямую зависит от присутствующих «барьеров», будь то готовность игрока вложить себя в игровой мир или сама механика игры, и ее атмосфера. Выделяют три стадии погружения: (1) привлечение, (2) увлечение и (3) полное погружение. Привлечение — это самый низкий уровень вовлеченности в игру, который в значительной степени зависит от самого человека, его предпочтений и готовности вкладывать свое время, усилия и внимание во время игры. Увлечение — это следующий уровень погружения, требующий полного вовлечения игрока. Для того чтобы увлечься игрой, игрок должен быть эмоционально затронут дизайном игры, ее конструированием, что приводит к снижению уровня осознания себя и окружения. Для того, чтобы достичь такого уровня погружения, необходимо чтобы игра соответствовала определенным стандартам качества в отношении механики геймплея, визуального ряда, аудио, а также повествования. Хотя уровень требуемого качества может варьироваться от человека к человеку, что делает его субъективным. Полное погружение — это последняя стадия погружения, когда игрок полностью присутствует в игре, сопереживает «виртуальному миру» и полностью игнорирует внешний мир, делая игру единственным раздражителем, который «влияет на мысли и чувства геймера».

Теория нескольких стадий погружения закладывает основу для понимания того, почему погружение в игру

имеет решающее значение для того, чтобы иметь шанс вызвать определенную эмоцию игрока.

#### Варианты организации игрового звуоряда и оценка эффективности его влияния на интенсивность пережитых игроком эмоций

Для оценки эффективности влияния звуоряда компьютерной интерактивной игры на эмоциональное состояние игрока была разработана игра в жанре survival-horror с акцентом на звуковую составляющую. В играх такого жанра ключевыми эмоциями являются: страх, то есть эмоциональная реакция, вызванная событием, вызывающим страх; тревога, то есть эмоция стресса и сильного беспокойства по поводу вызывающего страх события, которое может произойти в будущем; напряжение, то есть эмоциональное состояние неопределенности из-за предвкушения будущих событий. Для разработки игры была использована бесплатная персональная лицензия кроссплатформенного игрового движка Unity (версия 2021.3.19f1). Поскольку встроенный в Unity звуковой движок весьма ограничен в функциональности «из коробки», в проект было интегрировано промежуточное аудио-решение FMOD Studio. Оно предоставляет звукорежиссерам множество упрощенных инструментов для внедрения звука в игру, таких как рандомизация, обработка сигнала в реальном времени, состояния микса и другие. Для звукового дизайна и редактирования звука использовалась цифровая аудио рабочая станция (DAW) Steinberg Nuendo 12, поскольку она обеспечивает более удобный рабочий процесс при рендеринге нескольких аудио файлов, что очень важно при работе с игровым звуком. Использовались VST-плагины сторонних производителей, такие как цифровые синтезаторы и блоки обработки звука. Всего в FMOD Studio было создано 42 уникальных звуковых события, состоящих из 334 уникальных звуковых эффектов, которые были разработаны и отредактированы в Steinberg Nuendo 12.

В разработанной игре реализован один уровень, в котором происходят основные действия игры. Он представляет собой небольшую закрытую улицу, по которой может перемещаться аватар Игрока. На карте игры разбросаны различные предметы, способные помочь ему против маньяка. Цель игрока в игре — выжить и уничтожить маньяка в неживленных местах. Звук встречи с антагонистом в хоррор-игре обычно является ключевым моментом игры, создающим чрезвычайно напряженную и устрашающую атмосферу. Звук начинается с музыкальной композиции, которая нарастает в громкости и интенсивности. Алгоритм игрового процесса представлен на рисунке 1.

Игровой процесс происходит с указаниями от первого лица. Предметы, которые помогут игроку победить маньяка, вначале будут недоступны, однако вся атмос-

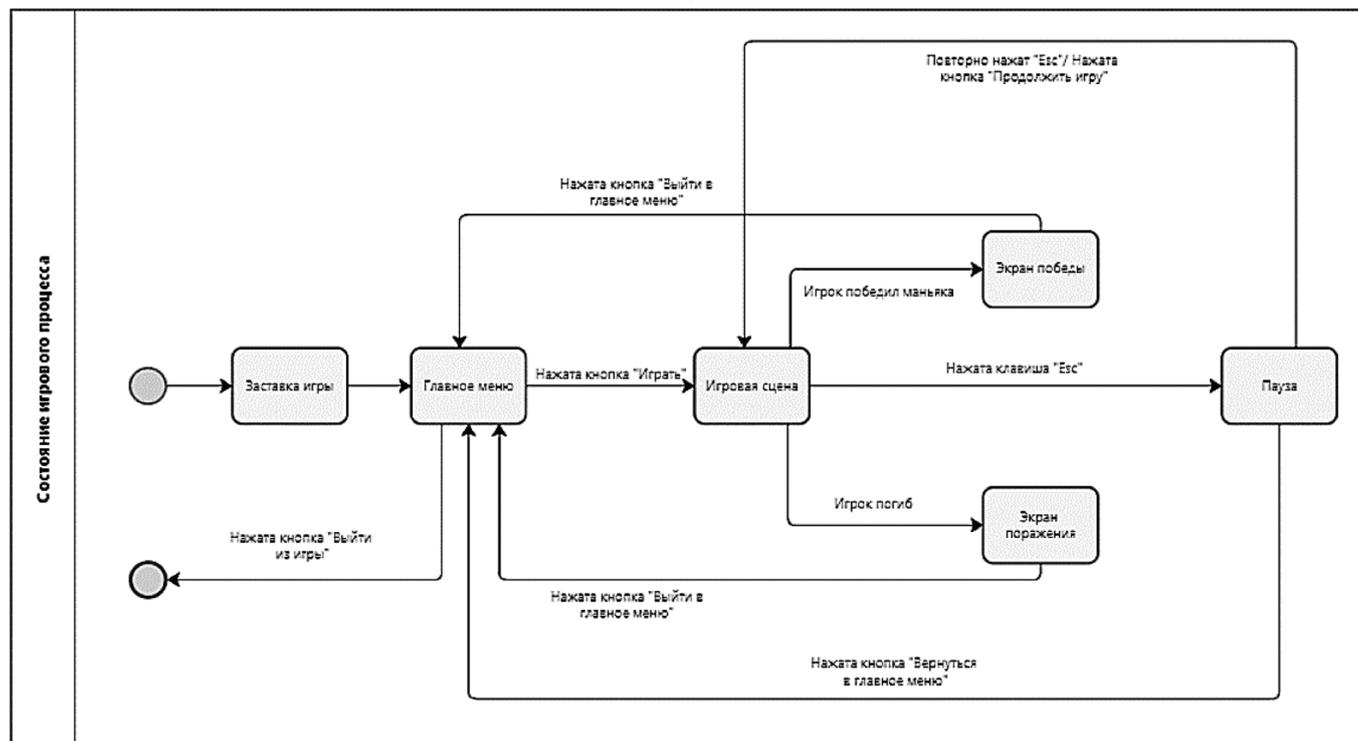


Рис. 1. Алгоритм игрового процесса

феры игры будет указывать на отсутствие какой-либо опасности. На это в первую очередь будет указывать музыка игры. После определенного времени либо после прохождения всей локации произойдет первое появления антагониста. Когда антагонист появляется, звук жуткой музыки сопровождается звуковыми эффектами, такими как тяжелое дыхание, шуршание, скрежет, которые вызывают тревогу у игрока и укрепляют его чувство уязвимости и беспомощности. Единственное, что останется Игроку — это убежать и скрываться от маньяка. После этого на карте начнут появляться предметы для защиты. Из-за слабого освещения улиц у Игрока есть возможность использовать фонарик, его можно использовать неограниченное количество времени, однако каждое его использование все чаще привлекает маньяка. Действия Игрока сопровождаются в этом случае звуком включения фонарика который может быть описан как не слишком громкий, короткий, резкий щелчок. «Слух» маньяка, является фактором, усложняющим прохождение игры. Аватар Игрока издает звук шагов при беге, также при открывании дверей и использовании предметов. Игра может завершиться в двух случаях: если уровень здоровья падает ниже 0 или если игрок одолеет маньяка. Здоровье главного героя уменьшается при нападении на него маньяка. Падение здоровья Игрока сопровождается чрезвычайно напряженным и устрашающим звуком. Он представляет из себя громкий и резкий, сопровождающийся криком, создающий впечатление ужаса звук. Также уменьшается здоровье маньяка, если игрок будет его атаковать. После победы над противника игра закан-

чивается выводом статистики времени его прохождения и игроку предлагается снова пройти эту игру.

Весь звуковой ряд, используемый в разработанной игре, был разбит на следующие группы:

- контрольная группа звукооряда игры;
- звукоряд, выполненный в технике «Неприятные звуки»;
- звукоряд, выполненный в технике «Внезапный эффект»;
- звукоряд, выполненный в технике «Неопределенность»;
- звукоряд, выполненный в технике «Комбинированный» (комбинация всех предыдущих техник).

Игровая сцена контрольной группы звукооряда представляет собой игровое пространство, которая имеет ключевое значение для исследования восприятия звуковых стимулов игроком. В данном случае игровая сцена была сформирована таким образом, чтобы не содержать в себе звуков, которые могли бы вызывать у игрока страх, тревогу и напряжение, но одновременно присутствовали звуки, которые необходимы для создания атмосферы погружения игрока в виртуальное пространство игры. В игровой сцене контрольной группы звукооряда были включены звуки шагов персонажа, звуки окружающей среды и прочие звуковые эффекты, которые не вызывают у игрока негативных эмоций.

Для техники неприятного звука была написана крайне диссонансирующая и неприятная музыкальная пьеса,

которая воспроизводилась по всей игровой сцене и динамически менялась в зависимости от позиции игрока. Для техники внезапного эффекта использовались громкие, навязчивые звуковые эффекты, которые заставляли игрока врасплох, даже без каких-либо визуальных стимулов. В технике «неопределенности» на игровой сцене использовались разнообразные звуки (стук в дверь и отдаленные, едва различимые звуки), которые воспроизводились в разных местах уровня, что делало невозможным для игроков понимание того, где расположены генераторы звука.

Всего в исследовании приняли участие 15 человек. Каждый участник прошел игру в случайном порядке, заполнил опросник и оставил отзыв. Обычно на прохождение игры уходило примерно 10–20 минут, в зависимости от предыдущего игрового опыта игроков, поэтому полное тестирование заняло примерно 30 минут для каждого участника. В тестировании принимали участие люди разных национальностей, пола и возраста. При анализе результатов использовался онлайн-калькулятор статистики DataTab с его помощью были вычислены средние

значения и медианы данных. Поскольку использовался опросник самоотчета, все собранные переменные считались порядковыми. Результаты эксперимента в виде диаграмм с выделенными медианами можно видеть на рисунках 2–6.

Результаты каждой группы звукоряда (неприятные звуки, внезапный эффект, неопределенность, комбинация техник) были проверены на значимость путем сравнения с результатами области контрольной группы звукоряда с помощью критерия знакового ранга Уилкоксона, где уровень значимости был  $\alpha = 0,05$ . Результаты в контрольной группе игрового звукоряда показали, что средние значения и медиана интенсивности тревоги равны 0,93 и 1, напряженности соответственно — 1,2 и 1, страха — 0,47 и 0. То есть игроки в целом либо не испытывали страха и не испытывали тревоги или напряженности, либо испытывали очень низкую интенсивность этих эмоций.

На представленной диаграмме (рисунок 3), отражающей интенсивность у игроков страха, тревоги, на-

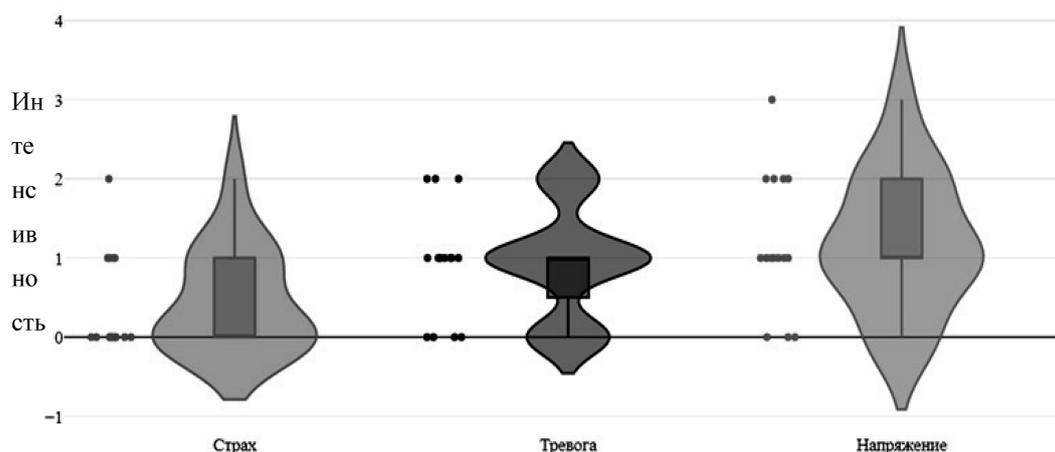


Рис. 2. Интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре контрольной группы звукоряда

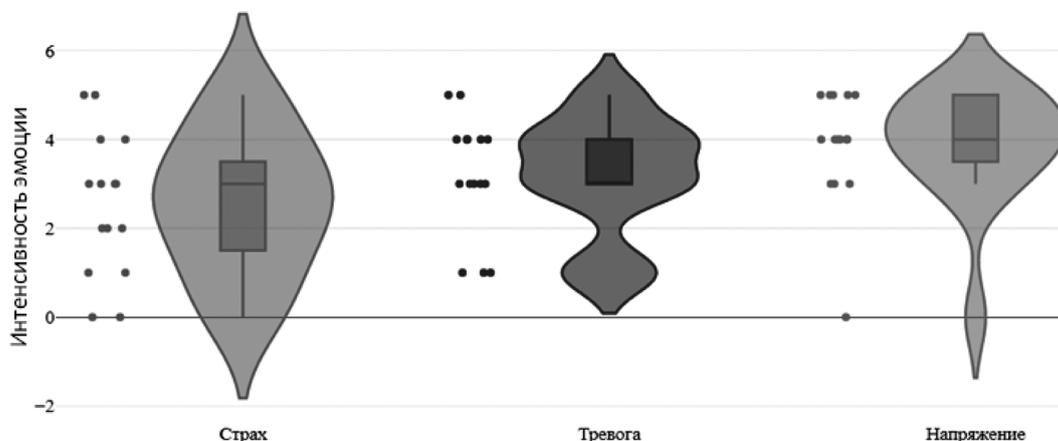


Рис. 3. Интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре группы звукоряда «Неприятные звуки»

пряжения при использовании в игре группы звукоряда «Неприятные звуки», видно, что техника неприятных звуков была эффективна для того, чтобы вызвать у игроков более высокую интенсивность напряженности (среднее значение и медиана 3,87 и 4) и среднюю или высокую интенсивность тревоги (среднее значение и медиана 3,2 и 3).

На представленной диаграмме (рисунок 4), отражающей интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре группы звукоряда «Внезапный эффект» видим, что эта техника была более эффективна для того, чтобы вызвать у игроков среднюю или высокую интенсивность страха и напряженности (среднее значение и медиана 2,93 и 3) и среднюю интенсивность тревоги (среднее значение и медиана 2,67 и 3).

Результаты использования звукоряда в технике «Неопределенность» показали (рисунок 5), что эта техника была достаточно эффективна для того, чтобы вызвать у игроков высокую интенсивность страха и напряженности (среднее значение и медиана страха 3,53 и 4, напряженности соответственно 3,33 и 4) и среднюю интенсивность тревоги (среднее значение и медиана 2,33 и 2).

Сочетание всех перечисленных техник было очень эффективным для того, чтобы вызвать высокую интенсивность тревоги и напряженности, причем все участники испытали эти эмоции. Кроме того, смешанный подход оказался достаточно эффективным в вызове различной интенсивности страха, так как все респонденты испытали хотя бы низкую интенсивность этой эмоции. Показатели среднего значения и медианы соответственно: страх — 3,67 и 4, тревога — 3,93 и 4, напряжение — 4,07 и 5.

Итак, полученные результаты показали, что разработчики компьютерной игры могут очень эффективно использовать неприятные звуки, будь то музыка или бурдон, в качестве самостоятельного инструмента, чтобы значительно повысить уровень тревоги и напряженности и заставить игроков чувствовать себя гораздо более беспокойно, даже когда в данный момент в игре нет потенциальных угроз. Неопределенность и эффект внезапности так же имеет потенциал для того, чтобы вызвать страх у некоторых игроков. То есть дизайнеры звука могут использовать неоднозначные звуки и громкие, навязчивые звуковые эффекты, чтобы вызвать у игроков тревогу и страх, без необходимости введения других элементов геймплея. Сочетание всех вышеупомянутых

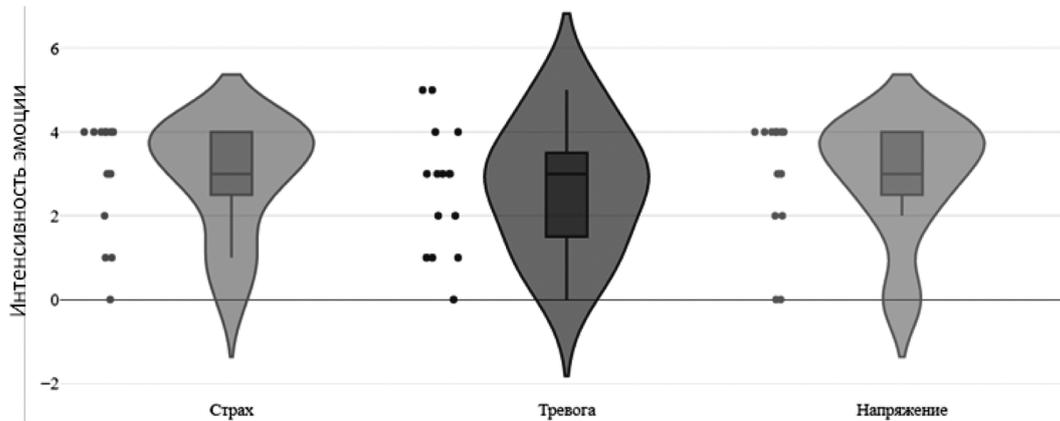


Рис. 4. Интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре группы звукоряда «Внезапный эффект»

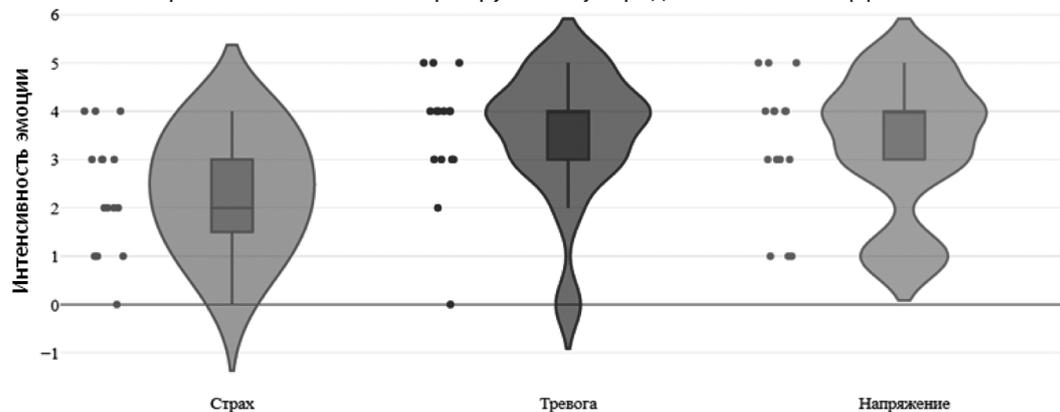


Рис. 5. Интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре группы звукоряда «Неопределенность»

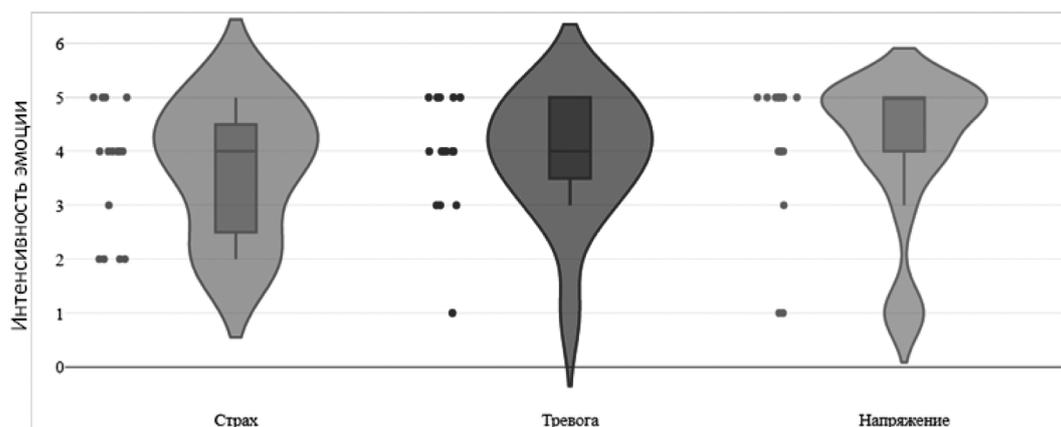


Рис. 6. Интенсивность у игроков страха, тревоги, напряжения при использовании в игре группы звукоряда «Комбинированная»

приемов оказалось наиболее эффективным для вызывания более высокой интенсивности страха, тревоги и напряженности, исходя из статистических данных. Взаимодействие громких, неопределенных и неприятных звуковых эффектов, оказалось значительно усиливало интенсивность вышеупомянутых эмоций по сравнению с контрольной группой. Это говорит о том, что, хотя методы, используемые в изоляции, могут быть эффективными, звуковые дизайнеры могут внести большой вклад в «устрашение» игры, включив все методы одновременно, без необходимости использования других «устрашающих» элементов.

### Заключение

Таким образом, рассматривая вариацию техник создания звукового ландшафта компьютерной игровой системы в контексте различных способов конструирования

эмоционального опыта игроков, можно утверждать, что игровой звукоряд представляет собой своеобразный инструмент в руках разработчика компьютерной игровой системы для воздействия на игрока и получения им эмоционального опыта. При этом эмоциональный опыт игрока будет включать в себя в той или иной мере идентификацию своих собственных эмоций, использование своих эмоций как фактор мотивации к мыслительной деятельности и проявлению креативности, фиксацию причин появления определенной эмоции и распознавание связи между мыслями и эмоциями; способность направлять свои эмоции для достижения поставленных целей. Для более эффективного конструирования такого опыта в контексте формирования и развития эмоционального интеллекта игроков необходимо использовать комбинированные техники организации звукового ландшафта, внедренные в геймплей компьютерной игровой системы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинникова К.Р. Что происходит с памятью человека в информационном обществе // Мир психологии, №2, 2015, с. 232–243
2. Войскунский А.Е. Киберпсихология: современный этап развития. // Южно-российский журнал социальных наук. 2020. Т. 21. № 1. С. 21–39
3. Нозикова Н.В. Актуальность и перспективы становления педагогической киберпсихологии // Гуманизация образования. 2022, №2, с. 90–103
4. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 3. С. 39–44
5. Создаем трекер эмоционального стресса. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://habr.com/ru/companies/darta\\_systems/articles/246509/](https://habr.com/ru/companies/darta_systems/articles/246509/) (Дата обращения 23.06.2023)
6. Управление человеческими эмоциями с помощью технологий может навсегда изменить общение. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rb.ru/story/ai-controls-emotions/> (Дата обращения 23.06.2023)
7. 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.
8. Овчинникова К.Р., Сосновская А.В., Ромашкова О.Н. Компьютерные игровые системы для обучения детей принципам здорового питания // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 4-2. С. 97–103
9. Овчинникова К.Р. Являются ли информационные технологии средством обучения? // Информатика и образование. 2017. № 9 (288). С. 46–50
10. Овчинникова К.Р. Информационная система как инструмент опережающего управления процессом обучения в высшей школе // Известия Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2015. № 2 (20). С. 51–62.

© Овчинникова Ксения Романовна (of\_csu\_ru@mail.ru); Шерняев Камилль Рафаэлевич (kshernyaev-21@edu.ranepa.ru);

Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АТТРИБУТИВНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ АТАК ПО ДАННЫМ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

## ATTRIBUTIVE METHODS FOR DETECTING COMPLEX ATTACKS FROM INTRUSION DETECTION SYSTEM DATA

A. Pavlov

*Summary.* This article proposes two methods for detecting complex attacks based on data obtained from intrusion detection systems. The first method is based on a combination of rules and allows to identify complex attacks and combine events into meta-events to reduce the sample size. The second method allows to identify complex attacks from meta-events using the DBSCAN clustering method based on the weighted Gower distance. Method metrics are evaluated for the CPTC-2018 dataset. The resulting assessment indicates the practical applicability of the proposed methods in the task of detecting complex attacks and countering advanced threats.

*Keywords:* information security, cybersecurity, complex attacks, attacker groups, intrusion detection.

**Павлов Артем Валерьевич**  
Аспирант, Университет ИТМО  
artempavlov1@gmail.com

*Аннотация.* В статье предлагаются два метода выявления сложных атак, основанные на данных, полученных из систем обнаружения вторжений. Первый метод основан на комбинировании правил и позволяет проводить выявление сложных атак и объединение событий в метасобытия для уменьшения размерности выборки. Второй метод позволяет выявлять сложные атаки из метасобытий через кластеризацию методом DBSCAN на основании взвешенного расстояния Говера. Приводится оценка метрик методов для набора данных CPTC-2018. Полученная оценка свидетельствует о практической применимости предложенных методов в задаче выявления сложных атак, противодействию продвинутым угрозам.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, кибербезопасность, сложные атаки, группы атакующих, обнаружение вторжений.

На сегодняшний день информационная инфраструктура многих организаций имеет сложное устройство, состоит из различных физических или логических сегментов. Это приводит к тому, что атакующие для достижения целей атаки вынуждены совершать множество действий, перемещаясь между узлами сети [1]. Множество атак, совершаемых атакующим на организацию в рамках одной кампании, называется сложной атакой. Одной из ключевых особенностей сложной атаки является то, что ее нельзя описать менее чем двумя атомарными событиями [2].

Выявление сложных атак является актуальной задачей при противодействии современным угрозам безопасности. Большой поток событий безопасности, получаемых из различных источников, приводит к возникновению у аналитиков явления усталости от тревог, когда аналитик после продолжительной работы начинает пропускать реальные события атак или медленнее применять меры реагирования. Отчасти это вызвано отсутствием связи между событиями, что заставляет рассматривать каждое из них в отдельности. Восстановление хода сложных атак, включая ситуации, когда действия проводят несколько различных атакующих, позволяет показать связи между событиями безопасности, снизить влияние усталости от тревог и принять меры реагирования, более точно соответствующие действиям атакующих. Источником событий для выявления сложных атак могут быть системы обнаружения вторжений.

В данной работе предлагаются два метода выявления сложных атак, полученные в результате анализа набора данных CPTC-2018 [3]. Этот набор был собран в рамках соревнований по тестированию на проникновение и содержит сложные атаки на инфраструктуру, проводимые 7 различными группами атакующих. Рассматриваемые данные получены из системы обнаружения вторжений Surricata. Методы основаны на атрибутивном подходе, к особенностям которого можно отнести отсутствие необходимости сбора сведений об атакуемой системе [4]. Также предлагается метод объединения событий в метасобытия для ускорения анализа.

Задачу выявления сложных атак возможно решать с использованием методов кластеризации. В таком случае в качестве метрик оценки эффективности предлагаемых методов подходят полнота, однородность и V-мера полученной кластеризации [5]. Для их вычисления требуется знание оригинальных меток кластеров.

Однородность (гомогенность)  $h$  определяет то, насколько элементы в кластерах похожи. Она вычисляется следующим образом:

$$h = 1 - \frac{H(C|K)}{H(C)},$$

где  $H(C|K) = -\sum_{c,k} \frac{n_{ck}}{N} \log\left(\frac{n_{ck}}{n_k}\right)$

$$H(C) = -\sum_c \frac{m_c}{N} \log\left(\frac{m_c}{N}\right),$$

$C$  — эталонная кластеризация,  $K$  — полученная кластеризация,  $H(C)$  — энтропия,  $H(C|K)$  — условная энтропия,  $N$  — общее количество объектов в выборке,  $n_k$  — количество объектов в кластере  $k$ ,  $m_c$  — количество объектов с меткой  $c$ , а  $n_{ck}$  — количество объектов с меткой  $c$  в кластере  $k$ .

Полнота  $s$  определяется по следующей формуле:

$$s = 1 - \frac{H(K|C)}{H(K)},$$

$C$  — эталонная кластеризация,  $K$  — полученная кластеризация,  $H(K)$  — энтропия,  $H(K|C)$  — условная энтропия.

Однородность и полнота принимают значение от 0 до 1, где 1 — лучший результат. Для оценки сбалансированности этих параметров используется гармоническая V-мера  $V$ , которая определяется следующим образом:

$$V = 2 \frac{h \cdot c}{h + c}.$$

#### Метод выявления сложных атак и объединения событий на основании атрибутов и правил

В рамках метода рассматриваются свойства адреса источника атаки ( $src\_ip$ ), адреса цели атаки ( $dest\_ip$ ) и временной метки ( $timestamp$ ). Свойства рассматриваемой пары событий имеют нижние индексы 1 и 2.

Определим правила кластеризации. Если группа событий безопасности объединяется в кластер в соответствии с правилом, то такой кластер относится к одной сложной атаке. Для комбинирования правил выдвигается требование к сохранению однородности не ниже 0,98. Исходя из этого значения выбираются значения временных окон.

**Правило 1:** Если  $src\_ip_1 = src\_ip_2$  и адрес не относится к диапазону частных адресов, то события относятся к одной сложной атаке. Правило основано на том, что случаи использования одной и той же инфраструктуры различными атакующими в рамках атаки на одну цель на сегодняшний день неизвестны или крайне редки.

Таблица 1.

Результаты кластеризации с использованием правила 1

Метрика	Значение
Однородность	1
Полнота	0,59
V-мера	0,74
Количество кластеров	45

Метрики оценки правила приведены в Таблице 1. События с адресом источника, относящиеся к частным адресам, в расчете метрик не использовались.

**Правило 2:** если  $dest\_ip_1 = dest\_ip_2$ , а  $|timestamp_1 - timestamp_2| < 3$  сек, то события относятся к одной сложной атаке. Метрики для Правила 1 + Правила 2 представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

Результаты кластеризации с использованием правил 1 и 2

Метрика	Значение
Однородность	0,998
Полнота	0,565
V-мера	0,721
Количество кластеров	404

**Правило 3:** если  $dest\_ip_1 = src\_ip_2$ , а  $|timestamp_1 - timestamp_2| < 5$  сек, то события относятся к одной сложной атаке. Правило показывает задействованные в дальнейших атаках захваченные ресурсы.

Метрики для Правила 1 + Правила 2 + Правила 3 приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

Результаты кластеризации с использованием правил 1, 2 и 3

Метрика	Значение
Однородность	0,997
Полнота	0,58
V-мера	0,733
Количество кластеров	344

На основании полученной кластеризации возможно провести объединение событий безопасности в метасобытия. Необходимость проведения подобной операции обуславливается тем, что многие методы, используемые при кластеризации, включая вычисление матрицы расстояний, имеют вычислительную сложность, квадратично зависящую от числа элементов в выборке. Таким образом, объединение событий без потери существенных свойств позволяет существенно снизить требуемые для вычисления ресурсы.

Определим метод объединения. Если у группы событий безопасности совпадают следующие атрибуты:

- метка кластера;
- $src\_ip$ ;
- $dest\_port$  (порт цели атаки);
- $dest\_ip$ ;
- $src\_ip$ ;
- $proto$  (протокол транспортного уровня);

— alert.signature (сработавшее правило);  
 — alert.category (категория сработавшего правила),  
 то такие события объединяются в метасобытие, содержащее все эти атрибуты, кроме метки кластера. На основании минимальной и максимальной временной метки событий в группе к метасобытию добавляются свойства start\_time и end\_time.

Применение предложенного метода объединения к кластеризации набора СРТС-2018 позволило уменьшить размер выборки в 10 раз без существенных потерь в возможности выявления сложных атак.

#### Метод выявления сложных атак из метасобытий на основании взвешенного расстояния

Метасобытия, полученные методом объединения, имеют смешанный тип данных. Для такого типа подходит лишь небольшое количество методов кластеризации. Содержащиеся в метасобытиях свойства имеют гетерогенную природу, поэтому их вклад при кластеризации может быть различным. Для определения весов использовалась комбинация методов K-прототипов и подход к поиску весов, описанный в [6]. В результате были получены веса свойств, представленные в Таблице 4:

Таблица 4.

Веса свойств метасобытия

Свойство	Вес
start_time	$3 \cdot 10^{-10}$
end_time	$3 \cdot 10^{-10}$
src_ip	0,617
dest_ip	0,26
dest_port	$1,47 \cdot 10^{-4}$
proto	$9,7 \cdot 10^{-12}$
alert.signature	0,073
alert.category	0,05

Далее на основании полученных весов была построена матрица расстояний. Для вычисления использовалось взвешенное расстояние Говера. К полученной матрице применялись различные методы кластеризации, их метрики представлены далее в Таблице 5:

Таблица 5.

Метрики различных методов кластеризации

Метод	Гиперпараметры	Однородность	Полнота	V-мера
HDBSCAN	<i>min_cluster_size=130, min_samples=1</i>	0,96	0,56	0,71
OPTICS	<i>min_samples=5, metric=minkowski</i>	0,85	0,29	0,43
DBSCAN	<i>eps=0,5, min_samples=1</i>	<b>0,991</b>	<b>0,573</b>	<b>0,727</b>

Для дальнейшего использования была выбрана кластеризация, полученная методом DBSCAN, как обладающая самыми высокими показателями однородности и V-меры кластеризации.

Поскольку предложенные методы имеют высокую однородность, возможно провести объединение кластеров, полученных двумя предложенными в статье методами. Такое объединение имеет следующие метрики: однородность — 0,99, полнота — 0,585, V-мера — 0,735, количество кластеров — 53.

В работе предложены два метода выявления сложных атак по данным систем обнаружения вторжений. Методы, как по отдельности, так и вместе, позволяют выявить сложные атаки с высокими показателями однородности и полноты, что говорит о высокой практической применимости методов. Причины объединения событий легко интерпретировать аналитикам при работе. Дальнейшие исследования могут быть направлены на поиск других методов выявления, основанных на других свойствах и подходах, а также на анализ и предсказание действий, атакующих на основании выявленных сложных атак.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Cuppens, F. Alert correlation in a cooperative intrusion detection framework / F. Cuppens, A. Mieke // Proceedings of the 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). — 2002. — P. 202–215.
- Jaeger, D. Multi-step attack pattern detection on normalized event logs / D. Jaeger, M. Ussath, F. Cheng, C. Meinel // 2015 IEEE 2nd International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), IEEE. — 2015. — P. 390–398.
- Munaiah, N. A Cybersecurity Dataset Derived from the National Collegiate Penetration Testing Competition / N. Munaiah [et al.] // Hawaii International Conference on System Sciences. — 2019.
- Pavlov A., Voloshina N. Analysis of IDS Alert Correlation Techniques for Attacker Group Recognition in Distributed Systems // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) — 2020, Vol. 12525, pp. 32–42
- Rosenberg, A. V-Measure: A conditional entropy-based external cluster evaluation measure / A. Rosenberg, J. Hirschberg // Proceedings of the 2007 Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning. — 2007. — P. 410–420.
- Huang, J.Z. Automated variable weighting in k-means type clustering / J.Z. Huang [et al.] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2005. — Vol. 27, No. 5. — P. 657–668.

© Павлов Артем Валерьевич (artempavlov1@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ NO-CODE В БИЗНЕСЕ

### APPLICATION OF NO-CODE TECHNOLOGIES IN BUSINESS

**I. Pereletov  
L. Petrosyan**

*Summary.* The article describes in detail the advantages of the No-Code approach, including fast development, low costs and ease of use. The limitations of such platforms are described and possible strategies for overcoming them are developed. Popular No-Code tools and their application in various business areas are considered. The possibilities and functions of each tool are given, as well as real cases of using No-Code technologies by various companies are presented. Conclusions are drawn about the high efficiency of No-Code in various business areas and the prospects of this development direction.

*Keywords:* development, web applications, software, No-Code approach, GUI, API integration, testing, minimum viable product, automation, prototypes, deployment, hosting.

**Перелетов Иван Павлович**

*МИРЭА — Российский технологический университет,  
г. Москва  
pereletov.ip@ya.ru*

**Петросян Лусинэ Эдуардовна**

*Кандидат экономических наук, доцент, МИРЭА —  
Российский технологический университет, г. Москва*

*Аннотация.* В статье подробно описаны преимущества подхода No-Code, в том числе быстрая разработка, низкие затраты и простота использования. Описаны ограничения подобных платформ и выработаны возможные стратегии их преодоления. Рассмотрены популярные инструменты No-Code и их применение в различных сферах бизнеса. Приведены возможности и функции каждого инструмента, а также представлены реальные случаи использования технологий No-Code различными компаниями. Сделаны выводы о высокой эффективности No-Code в различных сферах бизнеса и перспективности данного направления разработки.

*Ключевые слова:* разработка, веб-приложения, программное обеспечение, No-Code подход, графический интерфейс, API-интеграции, тестирование, минимально жизнеспособный продукт, автоматизация, прототипы, развертывание, хостинг.

В современном мире всё больше компаний стремятся ускорить процесс разработки и внедрения программного обеспечения. Традиционные методы разработки требуют значительных затрат времени и средств, что может стать препятствием для развития бизнеса [1]. Однако с появлением решений без использования кода ситуация изменилась. В этой статье мы рассмотрим, что такое No-Code подход, какие преимущества он даёт и какие типы инструментов доступны для различных нужд. Кроме того, мы рассмотрим успешные случаи использования решений No-Code в бизнесе.

No-Code — это подход к разработке программного обеспечения, позволяющий создавать приложения без использования программирования и классического кода. Вместо написания кода разработчик может использовать графический интерфейс и наборы инструментов для создания и настройки приложений, веб-сайтов и других программных решений.

Преимущества No-Code:

1. Ускорение разработки: отсутствие необходимости программирования и возможность ускоренного тестирования упрощают различные этапы жизненного цикла ПО, что сокращает время разработки и внедрения приложений. Предприятиям не нужно ждать месяцами, чтобы увидеть результаты работы разработчиков или внести необходимые коррективы в процессе работы.
2. Снижение затрат: инструменты No-Code могут значительно снизить стоимость проектирова-

ния, разработки и обслуживания приложений. Это особенно актуально для предприятий малого, среднего и большого бизнеса, которые не могут позволить себе нанимать разработчиков или внешние команды.

3. Простота использования: большинство инструментов No-Code имеют интуитивно понятный пользовательский интерфейс, что снижает порог входа в разработку для специалистов и позволяет даже людям без технического образования создавать собственные приложения.

Вышеуказанные преимущества закономерно привели к появлению широкого количества No-Code инструментов в различных направлениях разработки. В настоящее время есть решения для создания веб-приложений и сайтов, мобильных и кросс-платформенных приложений. Также стоит отметить существование инструментов для более широкого круга задач, таких как полноценная бэкенд разработка и автоматизация работы с API-интеграциями. Рассмотрим некоторые из наиболее популярных No-Code инструментов и их применение (Таблица №1).

Таким образом, подход No-Code подходит для широкого круга компаний, включая малые, средние и крупные предприятия. К примеру, статье В.В. Мазия и Е.М. Субачевой «Специфика развития малого бизнеса в условиях кризиса» был сделан вывод о крайней неустойчивости малого бизнеса перед лицом финансовых потрясений и недостатка ресурсов [11]. Именно эту проблему и по-

## Обзор актуальных No-Code инструментов

№ п/п	Название	Описание инструмента
1	Bubble	<b>Bubble</b> предоставляет возможность создавать веб-приложения без написания кода. Bubble позволяет создавать интерактивные многопользовательские приложения для настольных и мобильных веб-браузеров, включая все функции, необходимые для создания сайтов, таких как социальные сети или сервисы схожие с Airbnb. Платформа также предоставляет возможность выстраивать логику и управлять базой данных с помощью интуитивно понятной, полностью настраиваемой платформы на основе PostgreSQL. Помимо этого, Bubble позволяет создавать удобные для мобильных устройств интерфейсы и берёт на себя развертывание и хостинг. Он широко используется для создания MVP (минимально жизнеспособного продукта) и прототипов [2].
2	Xano	<b>Xano</b> — это инструмент создания базы данных и управления ею, который предоставляет API для разработки приложений и интеграции с другими службами. Пользователям Xano доступно создание масштабируемого сервера, гибкой базы данных и создание собственных API [3].
3	Flutterflow	<b>Flutterflow</b> — это инструмент для создания кросс-платформенных мобильных приложений без необходимости в программировании. Он предлагает визуальный интерфейс и функциональные блоки для создания приложений. Инструмент предоставляет возможность проектировать экраны, добавлять элементы пользовательского интерфейса и настраивать взаимодействие между ними. Flutterflow поддерживает экспорт кода для Flutter, что позволяет дополнительно настраивать приложение и добавлять пользовательские функции [4].
4	Webflow	<b>Webflow</b> — это инструмент для создания веб-сайтов с использованием графического интерфейса. Он предлагает широкие возможности для настройки дизайна и взаимодействия с элементами сайта. В этом сервисе также можно создавать макеты, добавлять различные элементы, такие как текст, изображения, видео и формы, и настраивать их свойства. Кроме того, Webflow предоставляет возможность создавать анимацию и интерактивные элементы. Сгенерированный таким образом код можно экспортировать для дополнительной настройки и развертывания веб-сайта [5].
5	Tilda	<b>Tilda</b> — это инструмент для создания веб-сайтов и целевых страниц без необходимости программирования. Он предлагает простой и интуитивно понятный интерфейс, позволяющий создавать страницы с использованием готовых блоков и шаблонов. Тильда предоставляет возможность настраивать дизайн, добавлять текст, изображения, видео, формы обратной связи и другие элементы. Также есть возможность оптимизировать свой сайт для поисковых систем и настроить аналитику. Тильда предлагает возможность размещения сайта на своих серверах или экспорта готового кода для собственного хостинга [6].
6	Adalo	<b>Adalo</b> — это инструмент для создания мобильных приложений без программирования. Он предлагает использовать визуальный интерфейс и функциональные блоки для создания приложений. Пользователь может создавать экраны, добавлять элементы пользовательского интерфейса, настраивать базу данных и логику приложения. Adalo поддерживает подключение к сторонним сервисам и API, что позволяет интегрировать в приложение различную функциональность. Возможно также предварительно просматривать и тестировать свое приложение на различных устройствах. Готовое приложение можно опубликовать в App Store и Google Play Store [7].

могут решить No-Code инструменты, так как по данным журнала РБК и производителя программного обеспечения Redhat, затраты рабочего времени инструментами No-Code и Low-Code сокращаются на 50–90 %. Такие решения идеально подходят для стартапов и предпринимателей, которые хотят быстро протестировать свои идеи и запустить минимально жизнеспособный продукт (MVP) [8–11]. В то же время крупные компании могут использовать No-Code для автоматизации бизнес-процессов, создания внутренних инструментов и быстрого развертывания прототипов.

No-Code инструменты, несомненно, предоставляют множество преимуществ для бизнеса и предпринимателей, но также имеют некоторые ограничения, которые следует учитывать при их применении.

Одним из основных ограничений No-Code является ограниченный набор функций, предоставляемых ин-

струментами. Хотя эти инструменты предоставляют широкий набор predefined функций, они не всегда способны реализовать сложные и узкоспециализированные задачи. Сложные бизнес-процессы или проекты с уникальными требованиями могут не подойти для No-Code и потребуют индивидуальных решений на основе традиционного программирования.

Помимо этого, инструменты No-Code обычно разрабатываются для предоставления универсальных решений, которые могут использоваться максимально широким кругом пользователей, без учета потребностей дальнейшей настройки инструментов. В связи с этим они могут быть ограничены в возможностях точной конфигурации и персонализации. Это означает, что в некоторых случаях сложно или невозможно полностью адаптировать приложения или процессы к уникальным потребностям и бизнес-процессам компании.

Ещё одним ограничением No-Code является сложность интеграции с существующими системами и приложениями. В большинстве случаев No-Code инструменты предоставляют ограниченные возможности для связи с другими приложениями или корпоративными системами. К примеру, возможности интеграций редко выходят за рамки API и пользовательских плагинов. Это может усложнить обмен данными между системами и создание совместных рабочих процессов, особенно если существующие системы были разработаны с использованием традиционного программирования или используют непосредственный доступ к файлам или памяти системы. Ситуация также усложняется частым нежеланием разработчиков No-Code инструментов делиться с пользователями подробностями работы программных решений или их исходного кода.

Также некоторые сложные или объёмные задачи могут снижать производительность No-Code приложений. Это связано с тем, что No-Code инструменты работают на более высоком уровне абстракции, что может повлечь некоторую потерю производительности по сравнению с оптимизированными решениями на базе традиционного кода. Стоит отметить, что такая ситуация на практике часто возникает в связи с неполным представлением пользователей инструментов о принципах работы конечных программных продуктов. Так, несистемное расширение приложений и отсутствие оптимизации запросов к базам данных регулярно приводят к замедлению работы всего программного средства или отдельных его частей, что негативно сказывается на пользовательском опыте и бизнес-процессах. В некоторых случаях, особенно при обработке больших объёмов данных, это может стать серьёзным ограничением для No-Code подхода.

Хотя вышеперечисленные ограничения и являются существенными препятствиями в отдельных бизнес-кейсах, на практике использование различных стратегий сводит число подобных случаев к минимуму.

Первый шаг в преодолении ограничений No-Code — это полное понимание бизнес-потребностей и требований проекта, в том числе с учётом возможности реализации отдельных фрагментов функциональности выбранными инструментами. Команда разработчиков и бизнес-аналитиков должна внимательно изучить процессы, которые нужно автоматизировать, и определить, какие функции и возможности будут необходимы для достижения поставленных целей.

Также вместо того, чтобы полностью ограничиваться инструментами No-Code, разработчики могут использовать комбинацию No-Code и кода (так называемый подход Low-Code). Это позволяет сосредоточиться на простых и повседневных задачах с помощью No-Code, а сложные и специфические аспекты проекта реализо-

вать с помощью традиционного программирования. Этот подход обеспечивает баланс между простотой No-Code и расширенной функциональностью традиционного кода.

Кроме того, многие инструменты No-Code позволяют расширять функциональность и интегрироваться с другими приложениями через API. Разработчики могут использовать API для связи с существующими системами, такими как CRM, базы данных или облачные службы. Это позволяет интегрировать решения No-Code с существующими процессами и системами, расширяя их функциональность.

Для преодоления ограничений производительности No-Code приложений, разработчики должны тщательно оптимизировать состав запросов и алгоритмы. Правильное проектирование приложений и оптимизация запросов к базе данных могут существенно увеличить производительность и отзывчивость приложения даже при обработке больших объёмов данных. Полезными практиками также являются снижение количества операций на стороне клиента, обслуживание баз данных и модификация связей между сущностями с учётом особенностей используемого инструмента.

Тщательный выбор правильных инструментов No-Code также является важной частью стратегии преодоления ограничений. Каждый инструмент имеет свои особенности и функционал, и важно выбрать тот, который максимально соответствует требованиям конкретного проекта. Некоторые платформы No-Code предлагают больше вариантов настройки и интеграции, чем другие, поэтому тщательное исследование и тестирование инструментов перед началом разработки поможет вам выбрать лучший вариант.

Обучение и поддержка разработчиков играют ключевую роль в успешной реализации проектов No-Code. Вопреки распространённому мнению, для эффективной разработки продукта на No-Code необходимы некоторые технические навыки и компетенции. Разработчики должны иметь представление об основных концепциях программирования, включая логику, структуры данных и алгоритмы. Это позволяет более эффективно проектировать и организовывать решения No-Code, оптимизировать процессы и решать сложные задачи. Обучение разработчиков также должно включать ознакомление с функциями выбранных инструментов No-Code и изучение передового опыта использования этих инструментов. Также стоит рассмотреть использование аутсорсинга, что стало возможным благодаря увеличению присутствия команд Low-Code и No-Code за последние два года.

Существует много компаний, которые добились успеха, разрабатывая свои продукты с использовани-

ем решений No-Code в бизнесе. Одной из таких компаний является The Digital Talent Ecosystem. Её продукт Comet — это торговая площадка для ИТ-специалистов [8]. Команда находит подходящего фрилансера за 48 часов и берет 10 % со сделок. Они смогли запустить свой бизнес в кратчайшие сроки и быстро привлечь клиентов. В 2018 году стартап привлек \$12,8 млн инвестиций, а транзакции на платформе превышают \$1 млн в месяц.

Еще один пример успешного использования инструментов No-Code — российская компания Medium Quality, предоставляющая услуги видеопроизводства. На сайте компании, реализованном с помощью сервиса Tilda, есть интернет-магазин мерчандайзинга и продаются билеты на съемки различных шоу, что позволило значительно уменьшить расходы на разработку и поддержку программного решения [9].

В связи с вышеизложенным мы можем сделать вывод, что технологии No-Code позволяют предприятиям

быстро разрабатывать и внедрять приложения без необходимости программирования. Проанализировав открытые источники в сети Интернет, мы можем сделать вывод о растущей популярности использования подобных инструментов ввиду большего количества преимуществ по сравнению с классической разработкой. Так, по данным корпорации Gartner, к 2025 году 70 % новых приложений, разрабатываемых организациями, будут использовать Low-Code или No-Code технологии по сравнению с менее чем 25 % в 2020 году [10]. Приведённые инструменты и им подобные значительно ускоряют процесс разработки, снижают затраты и позволяют создавать инновационные решения. Благодаря разнообразию инструментов, сфера применения технологий No-Code охватывает малый, средний и крупный бизнес. Рассмотренные варианты использования подтверждают эффективность No-Code в различных сферах бизнеса и перспективность данного направления разработки программного обеспечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И.А. Натальченко Анализ механизмов передачи крупных массивов данных через сеть интернет с помощью технологии веб-сервиса // Инженерный вестник Дона, — 2008, — №4/2008 С. 1–5.
2. The best way to build web apps without code / Bubble. — Режим доступа: <https://bubble.io/> (дата обращения: 11.06.2023).
3. Xano — The Scalable No-Code Backend / Xano. — Режим доступа: <https://www.xano.com/> (дата обращения: 11.06.2023).
4. FlutterFlow — Build beautiful, modern apps incredibly fast! / Flutterflow. — Режим доступа: <https://flutterflow.io/> (дата обращения: 11.06.2023).
5. Webflow: Create a custom website | No-code website builder / Webflow. — Режим доступа: <https://webflow.com/> (дата обращения: 11.06.2023).
6. Конструктор сайтов Tilda Publishing / Tilda. — Режим доступа: <https://tilda.cc/> (дата обращения: 11.06.2023).
7. Adalo: Design & Build Custom Apps • No Code Required / Adalo. — Режим доступа: <https://www.adalo.com/> (дата обращения: 11.06.2023).
8. The best IT freelancers available now / Comet. — Режим доступа: <https://www.comet.co/> (дата обращения: 11.06.2023).
9. Medium Quality Production / Медиум Кволити Продакшн. — Режим доступа: <https://mediumquality.ru/> (дата обращения: 11.06.2023).
10. Автоматизация без кода: какие задачи no-code решает в бизнесе / РБК. — Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/633d63fc9a7947063fc80233/> (дата обращения: 11.06.2023).
11. Мазий В.В., Субачева Е.М. Специфика развития малого бизнеса в условиях кризиса // Инженерный вестник дона, — 2016, — №2/2016 С. 5–8.

© Перелетов Иван Павлович (pereletov.ip@ya.ru); Петросян Лусинэ Эдуардовна  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ МАЛОЙ СЛОЖНОСТИ

AUTOMATION SYSTEM OF PROCESSES  
OF LOW COMPLEXITY

*M. Polenok  
S. Bondarenko  
O. Yurkova  
M. Morgunov*

*Summary.* Software that uses artificial intelligence and machine learning to automate routine tasks that were previously performed by humans. RPA allows you to reduce the influence of the «human factor», as well as achieve a significant increase in work efficiency, which in turn makes it possible to reduce production costs.

*Keywords:* software, RPA — robots, software systems.

**Поленок Максим Викторович**

Брянский государственный  
инженерно-технологический университет  
polenok.maksim.2001@mail.ru

**Бондаренко Сергей Владимирович**

Брянский государственный  
инженерно-технологический университет  
Bondrenkoseregabondarenko576@gmail.com

**Юркова Ольга Николаевна**

к.э.н., Брянский государственный  
инженерно-технологический университет  
yurkova\_olga@mail.ru

**Моргунов Михаил Валерьевич**

к.т.н., Брянский государственный  
инженерно-технологический университет  
5555@bk.ru

*Аннотация.* Программное обеспечение, которое использует искусственный интеллект и машинное обучение для автоматизации рутинных задач, которые прежде выполнялись человеком. RPA позволяет уменьшить влияние «человеческого фактора», а также достичь значительного повышения эффективности работы, что в свою очередь дает возможность уменьшения затрат производства.

*Ключевые слова:* программное обеспечение, RPA-роботы, программные комплексы.

## Введение

Сегодня технологии развиваются опережающими темпами, в том числе и искусственный интеллект, который активно применяется во многих областях. Таким образом, возникает необходимость создания новых подходов к организации взаимодействия между человеком и машиной, а также развития новых компетенций, позволяющих участвовать в процессах, где ключевую роль играют технологии. Одной из таких областей является анализ данных.

Компьютерные системы способны успешно выполнять простые и повторяющиеся задачи. Таким образом, в различных сферах человеческой деятельности, где имеется большое количество однотипных задач является логичным внедрение RPA— роботов.

**Объектом исследования** являются системы автоматизации процессов малой сложности (RPA-роботы).

**Предметом исследования** выступает процесс создания программного комплекса по разработке и использованию RPA — роботов.

**Цель исследования** — создание программного комплекса по разработке и использованию RPA — роботов.

Задачи исследования:

1. Изучить объект исследования: системы автоматизации процессов малой сложности (RPA-роботы).
2. Выполнить анализ существующих программных решений и обосновать выбор средств разработки RPA-робота.
3. Выделить модули в разработке.
4. Реализовать модули программного комплекса.
5. Выполнить апробацию и тестирование программного решения.

Отсутствие отечественной системы автоматизации рутинных задач, осуществляемой с использованием роботов-программных агентов (RPA), обеспечивает **практическую значимость и актуальность** данной работы.

Понятие RPA программы, ее функции  
и классификации

RPA (RoboticProcessAutomation) — это программное обеспечение, которое использует искусственный интеллект и машинное обучение для автоматизации рутинных задач, которые ранее выполнялись человеком.

RPA — это одна из технологий автоматизации бизнес-процессов. Роботизацию применяют для рутинных задач, которые выполняются четко по инструкции (алгоритму).

Она может имитировать действия человека, такие как заполнение форм, обработка данных, отправка электронных писем и многое другое.

RPA-роботы бывают трёх видов:

- Attended RPA — программа, которая работает на компьютере пользователя и выполняет задачи по его запросу или с помощью горячих клавиш.
- Unattended RPA — программа, которая работает на сервере и выполняет задачи автоматически, без участия пользователя.
- Hybrid RPA — программа, которая сочетает в себе функции Attended и Unattended RPA.

Одним из главных преимуществ RPA является повышение эффективности работы. RPA программы могут выполнять задачи гораздо быстрее, чем человек, что позволяет сократить время выполнения задач и увеличить производительность. Кроме того, они могут работать круглосуточно, что также значительно повышает их эффективность.

Еще одним, не менее важным, преимуществом использование «роботов» является оптимизация затрат на персонал: один раз «научив» «робота» выполнять задачу, он сможет повторять ее сколько угодно раз, по вашему, запросу.

Также использование RPA позволяет уменьшить влияние «человеческого фактора» — человек при выполнении задачи может оказаться «не в духе», что совершенно исключено, если этой же задачей будет заниматься «робот». RPA программы могут выполнять задачи без ошибок, что позволяет снизить вероятность ошибок и увеличить качество работы, что особенно важно для задач, связанных с финансами и бухгалтерией.

В целом, RPA является мощной технологией, которая позволяет автоматизировать рутинные задачи и повысить эффективность работы.

### Проектирование компонентов RPA программы

Разрабатываемый программный RPA — комплекс, должен попадать в категорию HybridRPA — что означает наличие возможностей как для удаленного выполнения «сценария» автоматизированной работы, так и локального.

Также для автоматизации работы абсолютно разных программ в различных операционных системах, он должен будет иметь универсальный модуль для распознавания объектов на экране и взаимодействия с ними — для этих целей будет следует использовать компьютерное зрение и так называемый «искусственный интеллект» в качестве универсального «распознавателя».

Так как в настоящее время, так называемый «искусственный интеллект», пользуется большой популярностью было решено внедрить его в наш RPA-робот, в данном случае за словосочетанием «искусственный интеллект» скрывается нейросеть по определению типа объекта, а именно кнопок приложения и его полей ввода.

Программный комплекс будет состоять из следующих модулей:

1. Нейросеть распознавания объектов приложений на изображении.
2. RedRPA — фреймворк для разработки RPA-роботов.
3. Клиентское и серверное приложение на основе RedRPA.

Разрабатываемая нами нейронная сеть, будет ответственна за распознавание типа объекта (кнопка, поле ввода, остальное). НС будет реализована на языке Python, в среде GoogleCollaboratory, с помощью библиотеки TensorFlow.

Ознакомиться со структурой нейронной сети можно на рисунке 1.

Model: "sequential\_1"

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_5 (Dense)	(None, 96, 96, 64)	256
max_pooling2d_2 (MaxPooling 2D)	(None, 48, 48, 64)	0
dropout (Dropout)	(None, 48, 48, 64)	0
max_pooling2d_3 (MaxPooling 2D)	(None, 24, 24, 64)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 24, 24, 64)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 36864)	0
dense_6 (Dense)	(None, 3)	110595
-----		
Total params: 110,851		
Trainable params: 110,851		
Non-trainable params: 0		

Рис. 1. Структура нейронной сети

По рисунку 1 можно заметить, что модель использует такие «слои» как:

- **Dense** — полно-связный слой, где каждый «нейрон» соединен с каждым.
- **MaxPooling2D** — слой свёртки, реализующий её по максимальному значению.
- **Dropout** — слой, устанавливающий случайные веса в 0, используется для предотвращения переобучения модели.
- **Flatten** — нормализующий слой, реализующий трансформацию многомерного массива в одномерный.

### Проектирование фреймворка RedRPA

Проектирование библиотек и фреймворков совсем не тривиальная задача и далеко не каждый программист сталкивается с ней. При разработке данного типа программного обеспечения следует учитывать большое количество различных деталей, лишь косвенно относящихся к основному функционалу.

Так как, одним из основных требований к фреймворку заявлена гибкость и расширяемость, архитектура RedRPA будет модульной. Ментальная модель библиотеки будет выглядеть следующим образом: Ядро (Core) + Внешние модули (ExternalModules).

Для обеспечения расширяемости и гибкости проектируемой библиотеки в ядре был использован такие возможности объектно-ориентированного программирования, как абстрактные классы и наследование.

Абстракции будут реализованы в виде внутреннего модуля ядра **Abstract**. Фреймворк должен соответствовать по возможностям программам класса HybridRPA.

Во время работы робота необходимым элементом будут средства для формирования «сценария» автоматизации работы. Мы спроектируем и разработаем язык сценариев RSL (RedScenarioLanguage).

Но что есть язык — просто набор синтаксически корректных единиц (слов). Слова не умеют выполнять сценарии автоматизации, следовательно, наша задача научить их это делать, для этого нам потребуется компилятор — «переводчик» языка RSL на язык, что сможет выполнить машина. Кроме этого, нам потребуется собственная виртуальная машина.

Все вышесказанное подводит к созданию первого модуля абстракций: **SDK** (ScenarioDevelopmentKit) — набор средств разработки сценариев.

Также наш RPA-робот должен иметь возможности для универсальной оптимизации с помощью, так называемого «искусственного интеллекта». По уже сложившейся традиции, для него нужно спроектировать абстракцию, представленную модулем **ObjectScanning**. Формально процесс поиска объекта на изображении можно разбить на 3 этапа:

1. Поиск «шаблонов» объекта на изображении.
2. Определение класса «шаблона».
3. Присвоение идентификатора распознанному объекту.

С первыми двумя этапами не возникает сложностей в понимании, стоит обратить внимание на 3 пункт, в нашем случае «Присвоение идентификатор...» будет являться распознаванием текста с полученного объекта.

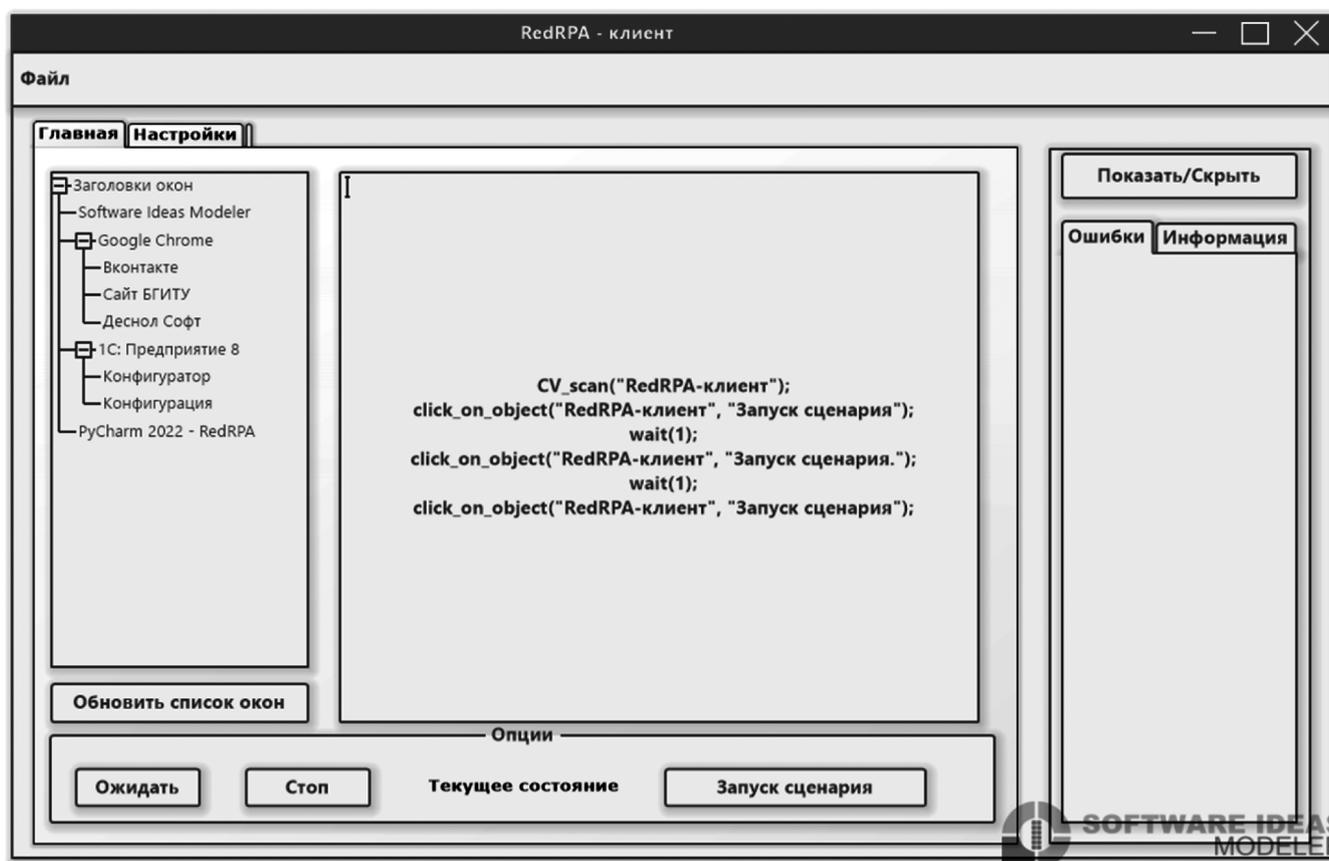


Рис. 2. Вид окна клиентского приложения

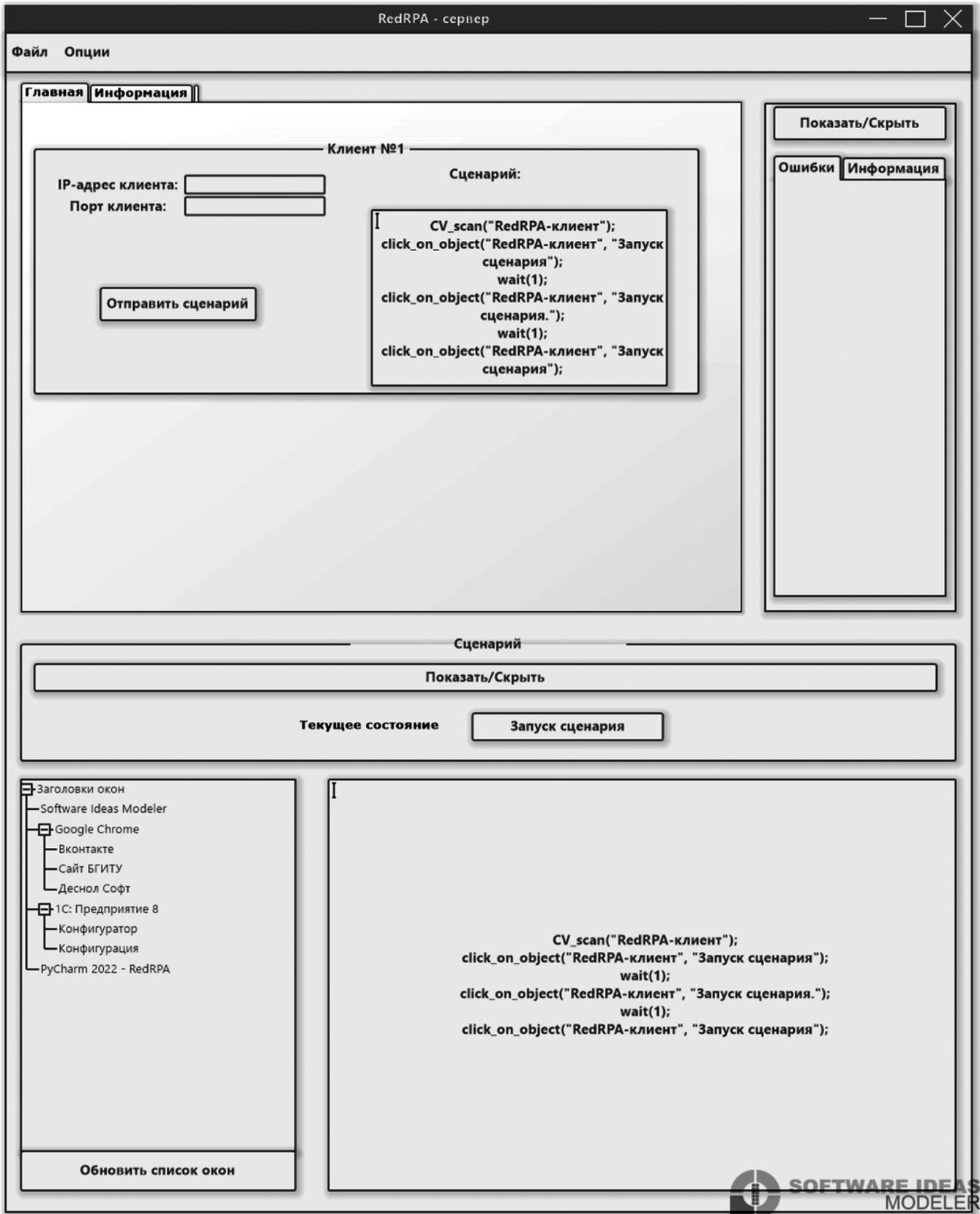


Рис. 3. Вид окна серверного приложения

Кроме всего выше сказанного, данной программе потребуется клиентское и серверное приложения.

И серверное, и клиентское приложения будут спроектированы и разработаны в архитектуре MVC (Model–View–Controller). В качестве фронтенда данных приложений будет выступать графический фреймворк Qt под лицензией PySide2. В роли бекенда будет выступать спроектированный нами ранее фреймворк RedRPA.

Интерфейс клиентского приложения должен содержать:

1. Редактор сценариев.
2. Список окон приложений.
3. Поле для отображения информационных сообщений.
4. Поле для отображения сообщений ошибок компиляции.
5. Кнопки для обеспечения взаимодействия.

На основе этих требований можно спроектировать обобщенный вид клиентского приложения (рисунок 2).

В нижней части окна будут содержаться основные опции взаимодействия с приложением, боковая панель с информацией будет выдвижной (на этот факт намекает кнопка «Показать/Скрыть»).

Так как разрабатываемое приложение должно относиться к классу HybridRPA, то серверное приложение должно иметь не только функции для взаимодействия с клиентскими, но и в какой-то мере дублировать их функционал (рисунок 3).

## ▼ Собираем модель

```
[ ] #@title Собираем модель
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, Conv2D, Flatten, AvgPool2D, MaxPool2D, BatchNormalization, Dropout
from keras.optimizers import Adam
from keras import regularizers

model=Sequential([
    Dense(64, input_shape=(img_width, img_height, 3)),
    MaxPool2D((2, 2), strides=2),
    Dropout(0.2),
    MaxPool2D((2, 2), strides=2),
    Dropout(0.2),
    Flatten(),
    Dense(3, activation='softmax')
])

model.compile(optimizer=Adam(0.01),loss='sparse_categorical_crossentropy',metrics=['accuracy'])
model.build()
model.summary()
```

Рис. 4. Реализация модели нейронной сети

Как можно заметить, основная часть клиентского функционала «переключалась» в выдвижную панель в нижней части окна, а на ее месте появилось поле для взаимодействия с клиентами, оно будет поддерживать взаимодействие сразу с несколькими клиентами путем создания нового окна в специально отведенной для этого области по запросу.

## Реализация программы, апробация и тестирование программного решения

Первым этапом разработки системы является разработка нейронной сети и сбор наборов данных для обучения и тестирования модели.

Набор данных был собран вручную из более чем 100 программ в различных областях деятельности (1С: Предприятие, Telegram, EpicGames, Проводник и т.д.).

Для реализации нейронной сети будет использоваться библиотека TensorFlow и среда GoogleCollab, предоставляющая мощности GPU для обучения моделей.

На рисунке 4 можно ознакомиться с процессом реализации модели нейронной сети.

После успешной реализации модели можно приступить к обучению нейронной сети (рисунок 5).

На последнем этапе обучения точность разрабатываемой модели составляет 78 %, что является приемлемым результатом.

Реализация модуля компьютерного зрения проходила в 3 этапа:

▼ Обучаем модель

```
[ ] #@title Обучаем модель
from keras.callbacks import ModelCheckpoint, History
from keras.optimizers import Adam

hist = History()
epochs = 15
batch_size = 16
#model.compile(optimizer='adam', loss='mse', metrics=['accuracy'])
hist_final = model.fit(x_train, y_train, validation_split=0.2,
                      epochs=epochs, batch_size=batch_size,
                      callbacks=[hist], verbose=1)
```

```
Epoch 1/15
85/85 [=====] - 14s 163ms/step - loss: 2.0627 - accuracy: 0.7196 - val_loss: 0.6511 - val_accuracy: 0.7882
Epoch 2/15
85/85 [=====] - 14s 164ms/step - loss: 0.5469 - accuracy: 0.8308 - val_loss: 0.6398 - val_accuracy: 0.8441
Epoch 3/15
85/85 [=====] - 15s 174ms/step - loss: 0.4798 - accuracy: 0.8249 - val_loss: 0.9224 - val_accuracy: 0.7971
Epoch 4/15
85/85 [=====] - 14s 162ms/step - loss: 0.3768 - accuracy: 0.8536 - val_loss: 0.6020 - val_accuracy: 0.8676
Epoch 5/15
85/85 [=====] - 16s 186ms/step - loss: 0.4320 - accuracy: 0.8433 - val_loss: 1.0771 - val_accuracy: 0.7529
```

Рис. 5. Обучение нейронной сети

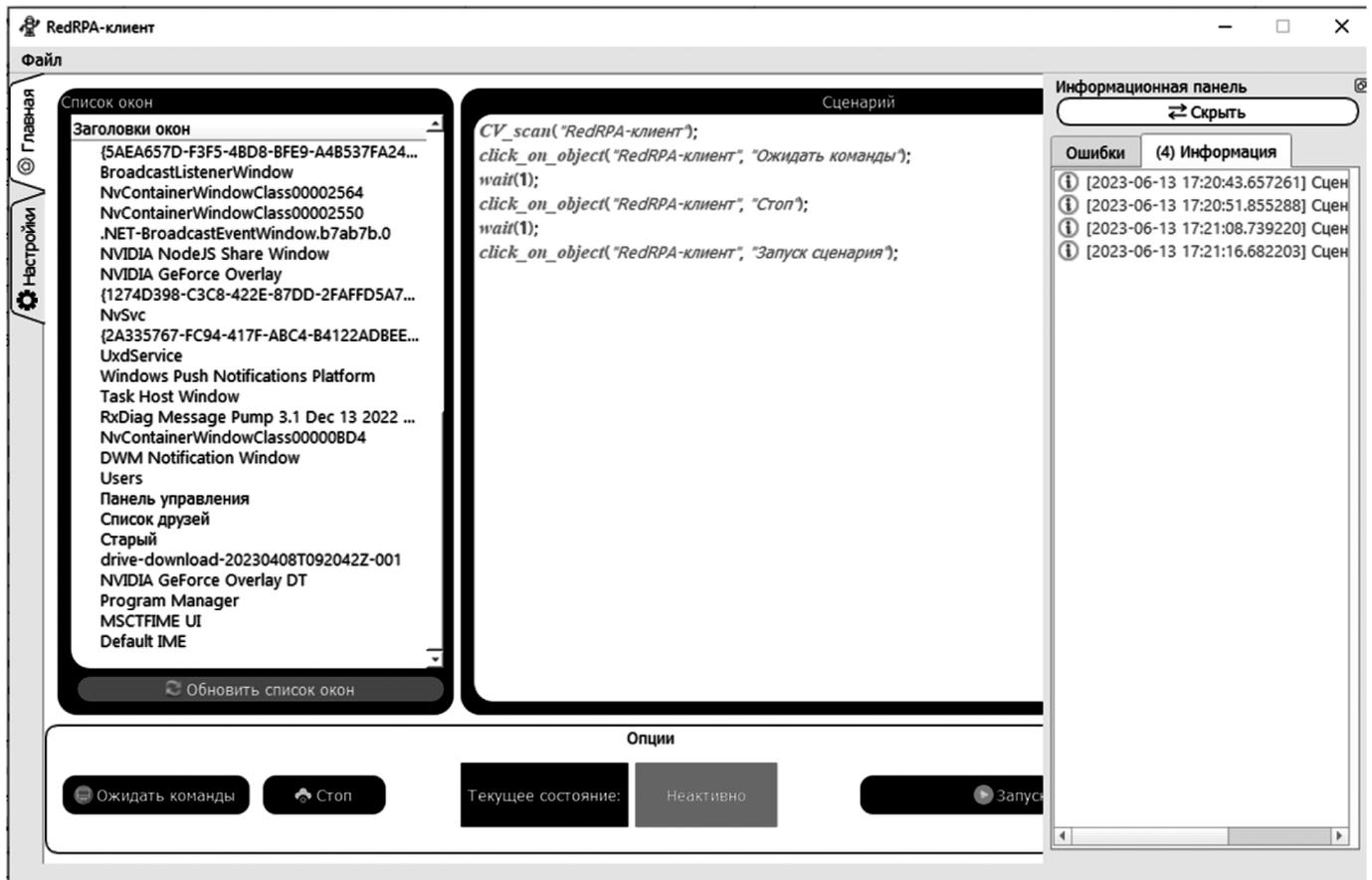


Рис. 6. Дизайн клиентского приложения

1. Для процесса сопоставления шаблонов была использована библиотека OpenCV.
2. Для определения типа объекта пригодилась разработанная ранее нейронная модель.
3. Для распознавания текста использовалась библиотека tesseract-OCR.

Для минимизации ошибок на третьем этапе потребовалось использовать алгоритм нечеткого сравнения строк Дамерау — Левенштайна в реализации библиотеки FuzzyWuzzy. В связи с этим в ядро был добавлен модуль Algorithms, в данный момент реализующий лишь алгоритм нечеткого сравнения строк.

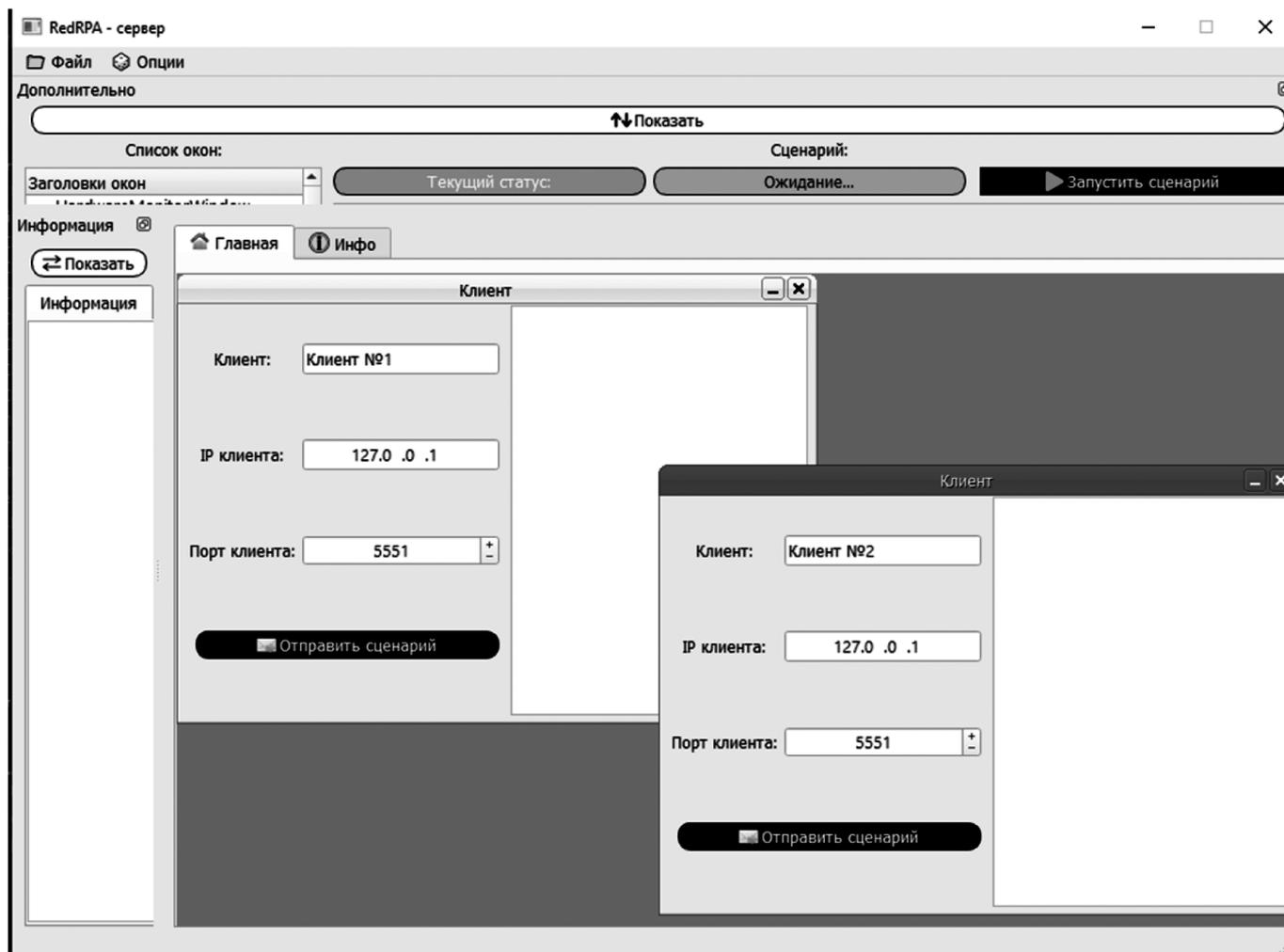


Рис. 7. Пример работы серверного приложения

С помощью графического фреймворка Qt в реализации PySide2, а также графического редактора QtDesigner были реализованы серверное и клиентское приложение на основе фреймворка RedRPA.

На рисунке 6 можно ознакомиться с дизайном клиентского приложения и примером его работы.

Боковая панель является выдвигаемым элементом интерфейса, так же для удобства она может быть перемещена прямо во время работы программы.

Так как, данное программное решение должно относиться к классу HybridRPA, серверное приложение должно располагать не только возможностями для контроля исполнения сценариев, но и само должно «уметь» автоматизировать работу, то было решено реализовать в форме выдвигающего модуля, по аналогии с информационной панелью (рисунок 7).

## Заключение

В ходе выполнения данного исследования был разработан программный комплекс по разработке и использованию RPA-роботов. Были изучены системы автоматизации процессов малой сложности (RPA-роботы), был выполнен анализ существующих программных решений, были реализованы модули программного комплекса, также было проведено тестирование программного решения.

Из написанного выше следует, что полностью достигнуты как цели данной работы, так и выполнены все сопутствующие задачи. Также стоит подчеркнуть, что практическая значимость данного исследования заключается в отсутствии отечественной системы автоматизации однотипных рутинных задач, осуществляемых с использованием роботов — программных агентов (RPA), что безусловно указывает на важность данного исследования.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Альфред В. Ахо, Моника С. Лам Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий — Второе издание, 2008.
2. Документация pyWin32. [Электронный источник] — URL: [http://timgolden.me.uk/pywin32-docs/win32\\_modules.html](http://timgolden.me.uk/pywin32-docs/win32_modules.html)
3. Как HTTPS обеспечивает безопасность соединения: что должен знать каждый Web-разработчик. [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/ru/articles/188042>
4. Константин Владимиров. Базовый курс C++ (МИПТ, ILab). Lecture 10. Языки и грамматики. [Электронный ресурс] — URL: <https://youtu.be/93eipfA32G8>
5. Олег Казимиров — Стрибог. [Электронный источник] — URL: <https://github.com/okazymurov/stribog/tree/master>
6. Основы RPA: программные роботы и зачем они нужны. [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/ru/companies/uiopath/articles/574342>.

---

© Поленок Максим Викторович (polenok.maksim.2001@mail.ru); Бондаренко Сергей Владимирович (Bondrenkoseregabondarenko576@gmail.com); Юркова Ольга Николаевна (yurkova\_olga@mail.ru); Моргунов Михаил Валерьевич (5555@bk.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

## APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS TO ENSURE INFORMATION PROTECTION

**A. Poluyan  
E. Tseligorova  
V. Galushka  
N. Kodatsky**

*Summary.* Intelligent information security methods are approaches based on the use of artificial intelligence (AI) and machine learning to increase the level of information protection and combat cyber threats. With the development of technology and the use of computers in various fields, data is one of the most valuable resources. Loss of data can lead to serious consequences and adversely affect the work of organizations and individuals. The use of AI technologies can help improve each of these aspects of information security. One of the most popular AI technologies in the field of information security is machine learning [1]. In the context of information security, this technology can be used to detect anomalies in network traffic, monitor protection systems, classify and filter malware, etc. Despite the fact that the use of AI in information security requires large amounts of data and powerful computing resources, the correct use of AI technologies can significantly increase the level of protection of information systems and data [2].

*Keywords:* artificial intelligence, information security, network traffic, protection systems, machine learning.

Искусственный интеллект является мощным инструментом для обеспечения безопасности цифровых систем [2]. Среди методов использования ИИ в информационной безопасности выделяются такие, как машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети, анализ данных и др.

Самым распространенным приемом прикладного применения ИИ в области информационной безопасности является мониторинг угроз. Многие системы мониторинга используют алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для обнаружения угроз и аномалий

**Полуян Анна Юрьевна**  
Кандидат технических наук, доцент,  
Донской государственный технический университет  
(Ростов-на-Дону)  
orfiki@rambler.ru

**Целигорова Елена Николаевна**  
Кандидат технических наук, доцент,  
Донской государственный технический университет  
(Ростов-на-Дону)  
eceligorova@donstu.ru

**Галушка Василий Викторович**  
Кандидат технических наук, доцент,  
Донской государственный технический университет  
(Ростов-на-Дону)  
vgalushka@donstu.ru

**Кодацкий Никита Максимович**  
Донской государственный технический университет  
(Ростов-на-Дону)

*Аннотация.* Интеллектуальные методы информационной безопасности — это подходы, основанные на использовании искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения для повышения уровня защиты информации и борьбы с киберугрозами. С развитием технологий и использованием компьютеров в различных сферах, данные являются одним из наиболее ценных ресурсов. Потеря данных может привести к серьезным последствиям и негативно повлиять на работу организаций и частных лиц. Использование ИИ-технологий может помочь улучшить каждый из этих аспектов информационной безопасности. Одна из самых популярных технологий ИИ в области информационной безопасности — машинное обучение [1]. В контексте информационной безопасности, данная технология может использоваться для обнаружения аномалий в сетевом трафике, мониторинга систем защиты, классификации и фильтрации вредоносных программ и т.д. Несмотря на то, что использование ИИ в информационной безопасности требует больших объемов данных и мощных вычислительных ресурсов, правильное применение ИИ-технологий может существенно повысить уровень защиты информационных систем и данных [2].

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, информация, безопасность, сетевой трафик, системы защиты, машинное обучение.

в работе сети. Это позволяет быстро реагировать на возможные атаки и предотвращать сложные кибератаки до того, как они нанесут серьезный ущерб. Такие системы используют алгоритмы машинного обучения для построения моделей поведения злоумышленников, что позволяет более эффективно блокировать подозрительный трафик и отделять его от нормального.

Осуществление мониторинга безопасности на основе искусственного интеллекта можно разбить на следующие действия:

1. сбор данных: система собирает данные о действиях пользователей, событиях в системе, трафике

в сети и других параметрах, связанных с безопасностью;

2. обработка данных: полученные данные анализируются с помощью методов и технологий ИИ, таких как машинное обучение, нейронные сети и другие. Анализ может проводиться как в режиме реального времени, так и по результатам накопления данных;
3. выявление угроз: на основе анализа данных система определяет потенциальные угрозы безопасности, например, аномальные поведения пользователей, попытки несанкционированного доступа и т.д.;
4. реакция на угрозы: в зависимости от типа выявленных угроз, система может автоматически принимать меры для предотвращения атак или уведомлять операторов о возможной угрозе.

Такую последовательность действий можно реализовать с использованием языка python, который предоставляет множество возможностей для написания сетей искусственного интеллекта. Рассмотрим шаги алгоритма:

1. Импортируем необходимые библиотеки для анализа данных

```
import pandas as pd
import numpy as np
```

2. Загружаем данные о действиях пользователей в системе

```
data = pd.read_csv('user_actions.csv')
```

3. Преобразуем данные в формат, пригодный для анализа машинным обучением

```
X = data.drop(columns=['user_id', 'action_type'])
y = data['action_type']
```

4. Обучаем модель машинного обучения на исторических данных

```
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
clf = RandomForestClassifier()
clf.fit(X, y)
```

5. Получаем данные о текущих действиях пользователей и предсказываем вероятность аномального поведения

```
current_data = pd.read_csv('current_user_actions.csv')
predictions = clf.predict_proba(current_data.drop(columns=['user_id']))
```

6. Анализируем результаты предсказаний и принимаем меры по предотвращению атак

```
if any(predictions[:, 1] > 0.9):
    send_alert_email('Detected abnormal user behavior')
    block_user_account()
else:
    save_to_database(current_data)
```

Таким образом, загружаем данные о действиях пользователей из файла, преобразуем их в формат, пригодный для машинного обучения, обучаем модель и используем ее для анализа текущих действий пользователей. Если модель выявляет аномальное поведение, то отправляется уведомление на почту и блокируем аккаунт пользователя. В противном случае, сохраняются данные в базу данных.

Использование интеллектуальных методов обнаружение вредоносного кода также является важной задачей в сфере информационной безопасности. В этой области ИИ используется для создания более точных и разнообразных моделей классификации вредоносных программ и анализа сигнатур вредоносных программ [2].

Более того, информация, содержащаяся в логах, также может быть использована для выявления угроз и определения наличия подозрительной активности. Использование методов машинного обучения и анализа данных позволяет быстро и точно обрабатывать большие объемы логов и выявлять скрытые угрозы. Однако, важно помнить, что методы ИИ не являются универсальными решениями и требуют глубокого понимания проблемы, а также экспертизы и оценки специалистов в области информационной безопасности.

Различные приложения ИИ применяются во многих областях информационной безопасности.

Одна из наиболее распространенных сфер — это защита персональных данных. Обработка больших объемов персональной информации требует высокого уровня конфиденциальности. Для этого ИИ используется для создания алгоритмов шифрования и дешифрования информации, а также для определения подозрительной активности и предотвращения утечек данных [1–2]. Использование алгоритмов шифрования на основе ИИ позволяет создать более сложные и надежные алгоритмы, которые сложнее поддаются перебору. Кроме того, ИИ может использоваться для мониторинга сетевого трафика и обнаружения подозрительной активности. Например, ИИ может определять, когда пользователь пытается получить доступ к данным, к которым он не имеет разрешения, или когда происходит необычный запрос на сервер. Если ИИ обнаруживает такую подозрительную активность, он может автоматически заблокировать доступ к данным и уведомить администратора о возможной попытке несанкционированного доступа.

Создание алгоритмов шифрования и мониторинга сетевой активности на основе ИИ помогает защитить персональные данные клиентов от несанкционированного доступа и утечек. Но зачастую безопасность информационных систем зависит не только от технических

решений, но и от культуры безопасности компании и обученности ее сотрудников.

Приведем примеры использования ИИ-технологий для защиты информации в организациях.

1. В облачных системах, которые становятся все более популярными среди пользователей, с помощью ИИ можно обнаруживать и предотвращать кибератаки, а также анализировать поведение злоумышленников в защищенных облачных системах [3]. К примеру, компания использует облачную платформу для хранения и обработки своих данных. Чтобы защитить данные от кибератак и других угроз, компания может использовать ИИ-технологии для обнаружения аномалий в сетевом трафике и анализа поведения злоумышленников. Например, ИИ может мониторить входящие и исходящие запросы на сервер, чтобы выявлять необычные паттерны трафика, которые могут указывать на попытку кибератаки или другую подозрительную активность. Если ИИ обнаруживает аномалию, он может автоматически блокировать доступ к серверу и отправлять уведомление администратору об угрозе. Кроме того, ИИ может использоваться для анализа поведения злоумышленников в защищенных облачных системах. Например, ИИ может анализировать лог-файлы, чтобы выявлять типичные особенности действий злоумышленников, такие как время их активности, использование определенных программ и т.д. На основе этого анализа, ИИ может создавать профили злоумышленников и использовать эти данные для обнаружения подозрительной активности и предотвращения кибератак.

Использование ИИ поможет защитить данные компании от потенциальных угроз. Однако, важно понимать, что безопасность облачных систем зависит не только от технических решений, но и от политик безопасности компании и обученности сотрудников в области информационной безопасности.

2. В финансовой сфере, где конфиденциальность и безопасность транзакций являются критически важными, применение ИИ может обеспечить дополнительный уровень защиты. ИИ можно использовать для определения подозрительных операций и фиксации аномалий в финансовых транзакциях [2–4]. Допустим, банк использует ИИ-алгоритмы для мониторинга финансовых операций. Алгоритмы ИИ могут анализировать проводимые транзакции и определять необычные паттерны, которые могут указывать на мошеннические операции или другую подозрительную активность. Например, ИИ может автоматически

анализировать транзакции клиентов и выявлять переводы в незнакомые страны, необычно большие транзакции или несколько транзакций с разных устройств в краткое время. Если ИИ обнаруживает подозрительную активность, он может отправить уведомление контрольному центру банка, который затем может проанализировать транзакцию более детально и принять решение о блокировке операции или связаться с владельцем счета для проверки подлинности операции. Кроме того, ИИ может использоваться для создания алгоритмов предотвращения мошенничества. Например, ИИ может анализировать данные клиента и его историю операций, чтобы определить, какие операции скорее всего будут нормальными для этого клиента. Если ИИ обнаруживает необычную операцию, он может отправить уведомление контрольному центру для дополнительной проверки.

Такое использование ИИ может помочь банкам защитить своих клиентов от потенциальных мошеннических операций и других видов финансовых преступлений. Однако, важно понимать, что ИИ должен использоваться в сочетании с другими методами безопасности, такими как обучение персонала и использование аутентификации двухфакторной аутентификации, необходимой для авторизации транзакций.

3. Банковские операции также могут быть эффективнее обеспечены за счет применения различных приложений ИИ. Для этого ИИ используется для обнаружения мошеннических операций, а также для создания алгоритмов выявления сомнительной активности счетов [2-5]. Например, банк использует ИИ-алгоритмы для мониторинга транзакций на банковских счетах. Эти алгоритмы могут определять необычные сценарии использования счетов и обнаруживать мошеннические операции или другую подозрительную активность. ИИ может автоматически анализировать паттерны использования счетов и выявлять переводы в незнакомые страны или необычно большие транзакции. Если ИИ обнаруживает подозрительную активность, он может отправить уведомление контрольному центру банка, который затем может проанализировать транзакцию более детально и принять решение о блокировке операции или связаться с владельцем счета для проверки подлинности операции. Кроме того, ИИ также может использоваться для создания алгоритмов предотвращения мошенничества. Например, анализировать данные клиента и его историю операций, чтобы определить, какие операции скорее всего будут нормальными для этого клиента. Если будет обнаружена неприсущая операцию, он может от-

править уведомление контрольному центру для дополнительной проверки.

Использование ИИ для обнаружения мошенничества и создания алгоритмов выявления подозрительной активности помогает банкам защитить своих клиентов от потенциальных мошеннических операций и других видов финансовых преступлений. Однако, важно понимать, что ИИ должен использоваться в сочетании с другими методами безопасности, такими как обучение персонала и использование аутентификации двухфакторной аутентификации, необходимой для авторизации транзакций.

4. Электронная коммерция также становится все более популярной, и ее безопасность играет ключевую роль в успешной работе интернет-магазинов и других электронных площадок [2]. В данном контексте, применение ИИ может обеспечить защиту от кибератак и утечек данных, а также помочь в создании индивидуальных предложений и рекомендаций для пользователей на основе анализа их поведения [2]. Алгоритмы ИИ могут анализировать данные о покупках, предпочтениях и поведении клиентов, чтобы создавать индивидуальные предложения и рекомендации для каждого пользователя. ИИ может использоваться для обеспечения безопасности электронных платежей и защиты от кибератак. Например, ИИ может мониторить транзакции и выявлять необычные паттерны транзакций, которые могут указывать на мошенническую активность. Если ИИ обнаруживает подозрительную операцию, он может блокировать транзакцию и отправлять уведомление администратору сайта для проверки.

Персонализация электронной коммерции с использованием ИИ поможет в обеспечении безопасности интернет-магазина. Это способствует привлечению клиентов и защищать их данные от потенциальных угроз. Однако, важно понимать, что ИИ должен использоваться в сочетании с другими методами безопасности, такими как использование SSL-шифрования и двухфакторной аутентификации для обеспечения максимальной защиты данных пользователей.

Системы информационной безопасности на основе ИИ имеют множество преимуществ, таких как повышение эффективности, автоматизация процессов, уменьшение затрат и увеличение скорости реакции на угрозы. Однако, их использование может также привести к ряду серьезных недостатков и рисков.

Один из главных преимуществ — это возможность повысить эффективность защиты данных и оперативно реагировать на угрозы. Функции ИИ, такие как машин-

ное обучение и анализ больших объемов данных, позволяют быстро выявлять уязвимости в системах и предотвращать кибератаки [6-8]. Автоматизация процессов и использование ИИ также может уменьшить затраты на информационную безопасность. Большинство задач по обеспечению безопасности могут быть выполнены алгоритмами ИИ без необходимости найма дополнительных сотрудников. Системы ИИ могут быстро реагировать на изменяющуюся угрозу и предотвращать возможные атаки до того, как они нанесут серьезный ущерб.

Однако, использование ИИ в информационной безопасности также связано с рисками и недостатками. Один из основных рисков — это потенциальная угроза конфиденциальности. Алгоритмы ИИ могут обрабатывать большие объемы данных, включая личную информацию пользователей, что может привести к утечкам данных и нарушению конфиденциальности. Кроме того, ошибки в алгоритмах ИИ являются еще одним серьезным недостатком этой технологии в информационной безопасности. Ошибочный анализ данных или неверное определение угрозы может привести к созданию ложных срабатываний и сбоям в работе систем безопасности [7-10]. Возможность злоупотребления ИИ также является риском для безопасности. Злоумышленники могут использовать ИИ для создания более сложных и запутанных кибератак, что усложняет процесс их выявления и предотвращения.

Таким образом, использование ИИ в информационной безопасности имеет как преимущества, так и недостатки, и требует глубокого понимания технологии и экспертизы специалистов в области информационной безопасности. Однако, при правильном подходе, ИИ может значительно повысить защиту данных и обеспечить эффективность работы сети.

### Заключение

Выработка стратегий использования ИИ в информационной безопасности должна происходить на основе оценки эффективности. Стратегия должна определять цели, задачи и ожидаемые результаты, а также методы и технологии, которые будут использоваться для достижения поставленных целей. Машинное обучение, например, может быть быстро настроено для работы с новыми данными, однако требует больших объемов информации для обучения. Нейронные сети могут создавать более точные модели поведения злоумышленников, но их настройка может быть сложной и требовательной к вычислительным ресурсам. Анализ данных позволяет создавать детальные анализы информации, но для этого требуются квалифицированные специалисты. Но при выборе метода следует учитывать не только его преимущества, но и недостатки и риски, связанные с его использованием. Таким образом, методы ИИ в ин-

формационной безопасности могут быть использованы для предотвращения кибератак, обеспечения защиты персональных данных, анализа пользовательской активности и других задач. При этом необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки этих технологий и находить решения, которые будут обеспечивать высокую безопасность при минимальном вмешательстве

в личную жизнь пользователей. Важным преимуществом использования ИИ в информационной безопасности является возможность автоматизации процессов, что позволяет оперативно реагировать на угрозы и защищать цифровые системы. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать технологии ИИ и находить баланс между безопасностью и защитой личных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клод Т. Машинное обучение и кибербезопасность — изд. Омега-Л, 2020. — 350 с.
2. Домминг Р. Искусственный интеллект и информационная безопасность — изд. Питер, 2019. — 400 с.
3. Burkov A. The Hundred-Page Machine Learning Book — изд. MIT Press, 2018. — 500 с.
4. Francois C. Deep Learning with Python — изд. Manning Publications, 2017. — 384 с.
5. Deitel P. Python for Artificial Intelligence, Big Data, and Cloud Computing — изд. Pearson, 2019. — 600 с.
6. Уильям С. Безопасность компьютерных систем. Программирование защиты — изд. Питер, 2005. — 560 с.
7. Goodfellow I., Bengio Y., и Courville A. Deep Learning Network — изд. MIT Press, 2016. — 800 с.
8. Aggarwal C. Neural Networks and Deep Learning — изд. Springer, 2018. — 360 с.
9. Geron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow — изд. Packt Publishing, 2018. — 800 с.
10. Richard S. Sutton и Andrew G. Barto. Reinforcement Learning: An Introduction — изд. Packt Publishing, 2017. — 216 с.

© Полуян Анна Юрьевна (orfiki@rambler.ru); Целигорова Елена Николаевна (eceligorova@donstu.ru);  
 Галушка Василий Викторович (vgalushka@donstu.ru); Кодацкий Никита Максимович  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО МЕТОДА ТОЧЕЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С НЕСБАЛАНСИРОВАННЫМИ ДАННЫМИ

## APPLICATION OF THE MULTIDIMENSIONAL KERNEL DENSITY ESTIMATION METHOD IN MACHINE LEARNING TASKS WITH IMBALANCED DATA

V. Popukaylo  
A. Shmelyova

*Summary.* The article addresses the problem of using imbalanced data in multi-class classification tasks. It briefly examines the main existing approaches and proposes the application of the multidimensional kernel density estimation method to balance classes. The algorithm for applying this method is described, and an experiment is conducted using synthetic data. The results are compared with existing algorithms such as random oversampling of the small class, ADASYN, SMOTE, ASMO, SVMSMOTE. The article shows the possibility of using the multidimensional kernel density estimation method in principle to improve the quality of machine learning algorithms in conditions of imbalanced data.

*Keywords:* machine Learning, classification task, tabular data processing, imbalanced data, multidimensional kernel density estimation method.

**Попукайло Владимир Сергеевич**

Кандидат технических наук, доцент, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко  
vsp.science@gmail.com

**Шмельёва Анастасия Владимировна**

Аспирант, Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко  
avshmlva@gmail.com

*Аннотация.* В статье описана проблема использования несбалансированных данных при решении задач многоклассовой классификации, кратко рассмотрены основные существующие подходы, предложено применение многомерного метода точечных распределений для балансировки классов, описан алгоритм применения данного метода, проведён эксперимент на синтетических данных, представлены результаты сравнения с существующими алгоритмами, такими как: случайное увеличение числа наблюдений малого класса, ADASYN, SMOTE, ASMO, SVMSMOTE, показана принципиальная возможность использования многомерного метода точечных распределений для решения задачи улучшения качества алгоритмов машинного обучения в условиях несбалансированных данных.

*Ключевые слова:* машинное обучение, задача классификации, обработка табличных данных, несбалансированные данные, многомерный метод точечных распределений.

### Введение

Классификация — это метод контролируемого машинного обучения, позволяющий прогнозировать распределение данных по заранее определенному и четкому количеству классов. В реальном мире большинство этих наборов данных несбалансированы, классическими примерами таких задач могут быть задачи: оттока клиентов компаний, фрода при финансовых операциях или выявления редких заболеваний. Если один из классов содержит значительно меньше наблюдений, чем другие классы, этот класс называется миноритарным, а этот набор данных называется несбалансированным набором данных. Свойство несбалансированности набора данных сильно повлияло на эффективность традиционных методов классификации, и классификаторы стали смещаться в сторону мажоритарного класса [1]. Для классификации несбалансированного набора данных исследователями предложены различные методы машинного обучения. В этой статье предпринята попытка применить многомерный метод точечных распределений для увеличения числа примеров миноритарного класса, что может привести к улучшению качества работы алгоритмов машинного обучения.

### Обзор состояния проблемы

Рассмотрим несколько основных подходов для решения проблемы дисбаланса классов на уровне данных [2]:

1. Случайное увеличение числа наблюдений малого класса (случайный оверсэмплинг).
2. Случайное уменьшение числа наблюдений преобладающего класса (случайный андерсэмплинг).
3. Информативное увеличение числа наблюдений малого класса (при котором не создаются новые объекты, а выбор наблюдений для ресэмплинга является целенаправленным, а не случайным).
4. Информативное уменьшение числа наблюдений преобладающего класса (выбор наблюдений для удаления является целенаправленным).
5. Увеличение числа наблюдений малого класса путем генерации новых синтетических данных.
6. Комбинации вышеуказанных техник.

Ресэмплинг является часто используемым методом для решения проблемы несбалансированных классов. При использовании данного подхода необходимо решить, как определить оптимальное распределение классов для данного набора данных, а также как провести

эффективный ресэмплинг обучающих данных. Самые простые методы сэмпирования — это удаление объектов мажоритарного класса или дублирование примеров миноритарного класса. В зависимости от того, какое соотношение классов необходимо, выбирается количество случайных записей для данной операции. Случайная выборка проста, но недостаточна во многих случаях. Если проблема несбалансированности классов набора данных представлена внутриклассовыми различиями, случайный оверсэмплинг может привести к повторному дублированию наблюдений в некоторых частях и меньшему количеству в других, в тоже время случайный андерсэмплинг может ухудшить вариативность данных, что также может сказаться на качестве работы некоторых классификаторов. Более предпочтительным процессом ресэмплинга будет определение подвыборок, составляющих класс, а затем увеличение числа наблюдений каждой концепции в отдельности для сбалансированного общего распределения. Информативное сэмпирование с целью сделать выборочные наблюдения более представительными повышает стоимость анализа данных, так как добавляет необходимость определения критерия выбора наблюдений. Например, если наблюдения измеряются с помощью некоторых измерений расстояния, те наблюдения мажоритарного класса, которые находятся относительно далеко от наблюдений миноритарного класса, могут лучше представлять признаки большинства, в то время как те, которые находятся относительно близко к наблюдениям меньшинства, могут быть важными для принятия решения о границе класса некоторыми алгоритмами обучения классификатора. Существуют различные техники для информационного сэмпирования, каждая из которых может быть эффективной при применении в определенном контексте. Для увеличения числа наблюдений малого класса путем генерации новых синтетических данных используются различные алгоритмы, такие как:

- SMOTE (англ. Synthetic Minority Oversampling Technique). Этот алгоритм основан на идее генерации некоторого количества искусственных наблюдений, которые были бы похожи на имеющиеся в миноритарном классе, но при этом не дублировали их. Для создания новой записи используя алгоритм ближайшего соседа KNN. Алгоритм SMOTE позволяет задавать количество записей, которое необходимо искусственно сгенерировать. Степень сходства примеров можно регулировать путем изменения числа ближайших соседей  $k$ .
- ASMO (англ. Adaptive Synthetic Minority Oversampling). Данный алгоритм является модификацией SMOTE, который использует предварительную кластеризацию (например алгоритмом  $k$ -means) для улучшения качества сэмпирования если миноритарные наблюдения равномерно распределены среди мажоритарных и имеют низкую плотность.

— Алгоритм Метрополис-Гастингса. Алгоритм позволяет сэмпировать любую функцию распределения. Он основан на создании цепи Маркова, то есть на каждом шаге алгоритма новое выбранное значение зависит только от предыдущего.

### Многомерный метод точечных распределений

В работе [3] был предложен метод точечных распределений, который позволяет обработать выборку малого объема и получить так называемую виртуальную или эквивалентную выборку большого объема. В развитие этого метода был предложен многомерный метод точечных распределений, который может быть использован для улучшения качества моделирования данных малого объема [4]. В работе [5] также было показано, что применение данного подхода позволяет сохранить знание о виде закона распределения случайной величины и о величине линейной корреляционной связи между исследуемыми факторами.

Рассмотрим возможности применения метода точечных распределений в задаче увеличения числа наблюдений малого класса путем генерации новых синтетических данных. Рассмотрим пример, предложенный в Python библиотеке для решения проблемы несбалансированных данных [6] для сравнения различных алгоритмов оверсэмплинга. Для анализа воспользуемся библиотекой `sklearn` [7], которая позволяет создать кластеры точек, нормально распределенных вокруг вершин  $n$ -информативно-мерного гиперкуба со сторонами длиной  $2 \cdot L$  и сгенерируем набор данных со следующими параметрами:

- Количество наблюдений: 1000.
- Количество классов: 3.
- Веса классов: 0.01, 0.01, 0.98.
- Размер гиперкуба ( $L$ ): 0.8.
- Количество кластеров: 1.

В качестве алгоритма классификации будем использовать логистическую регрессию. На рисунке 1 визуализированы исходные данные, а также показана функция принятия решения для алгоритма.

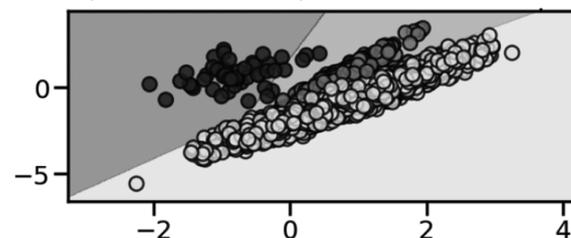


Рис. 1. Логистическая регрессия на исходных данных

На рисунке 2 продемонстрируем как на вид функции принятия решения влияют различные алгоритмы оверсэмплинга, такие как: случайное увеличение чис-

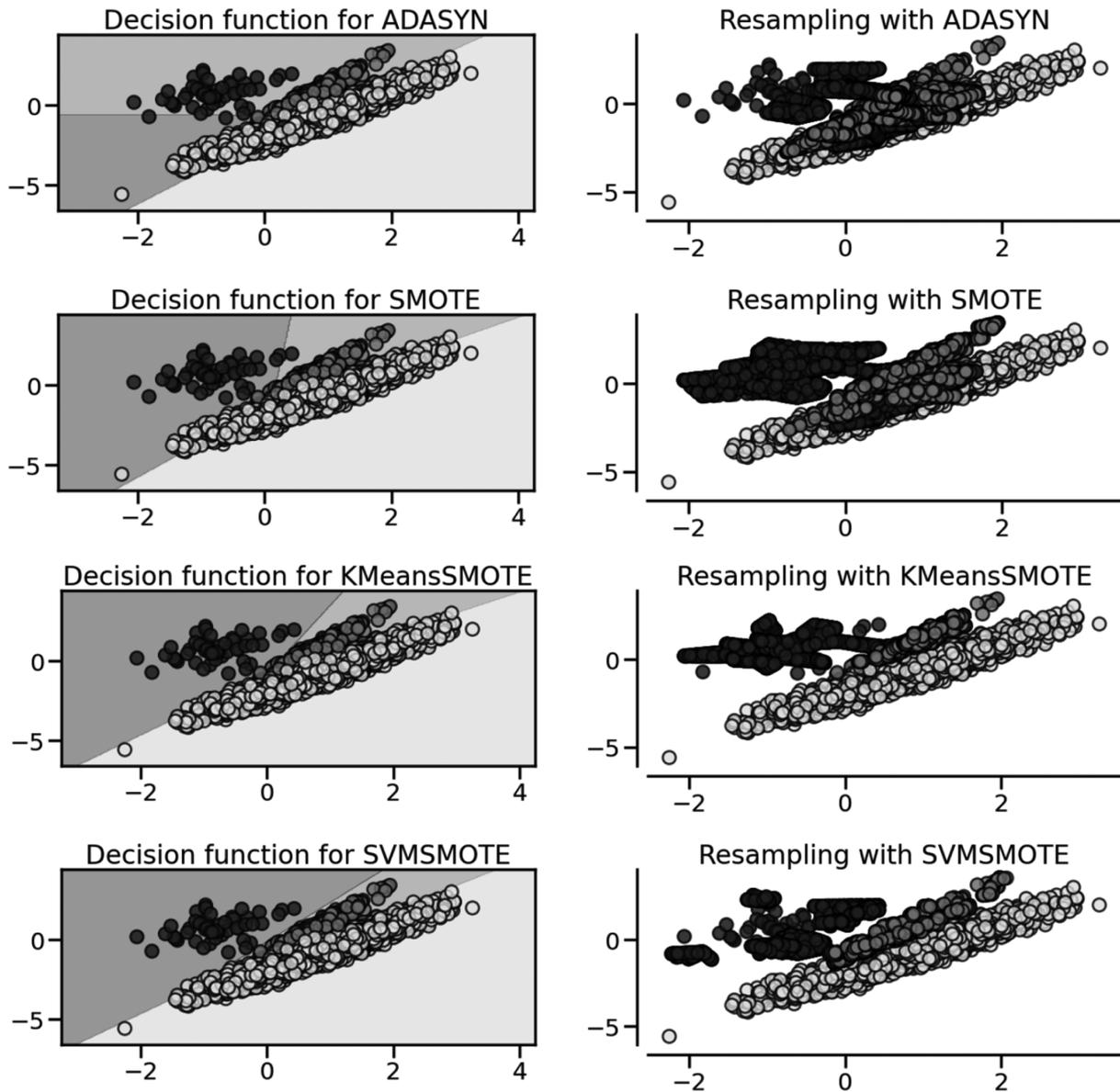


Рис. 2. Результаты работы различных алгоритмов сэмплирования

ла наблюдений малого класса, ADASYN, SMOTE, ASMO (K-meansSMOTE), SVMSMOTE [8].

Проведём оверэмплинг на основе многомерного метода точечных распределений, с параметрами по умолчанию ( $n=30$ , нормальный закон распределения) [9] для этого необходимо:

1. Выделить наборы данных, относящиеся к каждому из миноритарных классов.
2. Для каждого из миноритарных классов, с помощью метода точечных распределений для всех  $X_i$  построить таблицы расчёта ненормированных плотностей вероятности в виртуальной области, для каждой строки исходных экспериментальных данных построить таблицы данных методом точечных распределений, в которые вносить

одновременно величины двух столбцов  $X_{ij}$  из соответствующей таблицы ненормированных плотностей вероятностей и столбца  $X_{if}$ . Выравнивание (состыковка) столбцов  $X_{ij}$  и  $X_{if}$  должно происходить по уровню максимальной ненормированной плотности вероятности.

3. Объединить синтетически полученные наборы данных с мажоритарным классом.

Следующим шагом проведём классификацию логистической регрессией и визуализируем результаты на рисунке 3.

#### Анализ результатов

На представленных выше изображениях видно, что применение многомерного метода точечных распределений

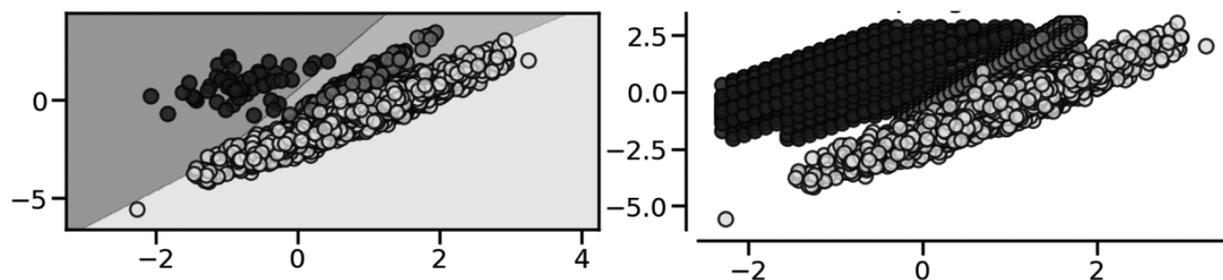


Рис. 3. Результаты применения многомерного метода точечных распределений для сэмплирования данных

делений позволило улучшить функцию принятия решений за счёт генерации синтетических данных, похожих по своей структуре на исходные объекты. При этом, так как использовалась реализация алгоритма по умолчанию, было сгенерировано избыточное количество данных для решения этой задачи.

В таблице 1 показаны метрики качества классификации для приведённых выше алгоритмов:

Таблица 1.

Метрики качества классификации

Алгоритм	Weighted F-1 score	Geometric mean score	Index balanced accuracy
Без сэмплирования	0.99	0.91	0.67
Случайное сэмплирование	0.94	0.92	0.85
ADASYN	0.81	0.82	0.67
SMOTE	0.96	0.92	0.85
KmeansSMOTE	0.95	0.93	0.87
SVMSMOTE	0.97	0.94	0.90
Многомерный метод точечных распределений	0.97	0.94	0.89

Анализ полученных метрик позволяет сделать выводы о возможном применении многомерного метода точечных распределений для улучшения качества алгоритмов машинного обучения в условиях несбалансированных данных. За рамками данного исследования остаётся вопрос о границах применения данного метода на данных различной природы, а также с различными методами построения математических моделей.

### Выводы

В данной статье была показана принципиальная возможность использования многомерного метода точечных распределений для решения задачи улучшения качества алгоритмов машинного обучения в условиях несбалансированных данных. В связи с этим дальнейшим направлением исследований может быть автоматический подбор параметров метода точечных распределений для обеспечения наилучшего качества на различных наборах данных, а также определение типов задач, в которых данный подход может быть использован наиболее эффективно для улучшения качества классификации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar, A., Goel, S., Sinha, N., Bhardwaj, A. A Review on Unbalanced Data Classification. //Proceedings of International Joint Conference on Advances in Computational Intelligence. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore. — 2022.
2. Yanminsun, & Wong, Andrew & Kamel, Mohamed S. Classification of imbalanced data: a review. //International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. — 2009. — Vol. 23, №4. — pp. 687–719
3. Столяренко Ю.А. Метод точечных распределений //Радиоелектронні і комп'ютерні системи. — 2012. — №. 6. — С. 75–77
4. Попукайло V. Small size sample mathematical modeling. //Meridian Ingenieresc. — 2015. — № 4. — pp. 25–30.
5. Попукайло В.С. Исследование линейной корреляционной связи в многомерном методе точечных распределений //Информационно-управляющие системы. — 2016. — №6. — с. 96–98
6. Lemaître, G. Nogueira, F. Aridas, Ch.K. Imbalanced-learn: A Python Toolbox to Tackle the Curse of Imbalanced Datasets in Machine Learning //Journal of Machine Learning Research. — 2017. — vol. 18, №17. — pp. 1–5.
7. Pedregosa et al., Scikit-learn: Machine Learning in Python //Journal of Machine Learning Research. — 2011. — №12. — pp. 2825–2830.
8. Compare over-sampling samples. [Электронный источник] // URL: [https://imbalanced-learn.org/stable/auto\\_examples/over-sampling/plot\\_comparison\\_over\\_sampling.html](https://imbalanced-learn.org/stable/auto_examples/over-sampling/plot_comparison_over_sampling.html)
9. Попукайло В.С., Столяренко Ю.А. Программная реализация метода точечных распределений //Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. — 2015. — С. 260–260.

# АРХИТЕКТУРА ГЕЙМИФИЦИРОВАННОЙ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ AI МОДЕЛЕЙ

## ARCHITECTURE OF A GAMIFIED SOFTWARE PLATFORM FOR PREPARING DATA FOR TRAINING AI MODELS

*P. Tumanyan  
S. Saradgishvili*

*Summary.* This article describes the requirements and architecture for creating a multiplayer gamified platform that solves the problem of processing unstructured data to create training datasets for neural network models. The platform architectures are presented and the system's algorithm of operations is described. The gamification engine for performing data preparation tasks plays an important role in the platform. The article presents the structure of the gamification application mechanics and quality control tools, which ensure improving the efficiency of the data preparation process.

*Keywords:* gamified mechanics, gamification, data markup, training datasets.

**Туманян Полина Игоревна**

Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
polly.pol@mail.ru

**Сараджишвили Сергей Эрикович**

Доцент, кандидат технических наук,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
ssaradg@yandex.ru

*Аннотация.* Статья посвящена описанию требований и архитектуры для создания многопользовательской геймифицированной платформы, решающей задачу обработки неструктурированных данных для создания обучающих наборов данных для обучения моделей нейронных сетей. Приведены архитектурные схемы платформы, описан алгоритм работы системы. Важную роль в платформе имеет движок игровых механик для выполнения задач по подготовке данных. Представлена структура приложения геймифицированные механики и инструменты контроля качества, обеспечивающие повышение эффективности процесса подготовки данных.

*Ключевые слова:* игровые механики, геймификация, разметка данных, обучающие наборы данных.

### Введение

Сегодняшний мир все больше зависит от искусственного интеллекта и машинного обучения. Ключевым фактором для успешного обучения нейронных сетей является наличие больших и качественных наборов данных [1]. В то же время, создание таких наборов данных является сложной и трудоемкой задачей, а для исполнителей (аннотаторов) — это монотонный и неувлекательный процесс. Это может вызывать ошибки и снижение качества полученных данных. В связи с этим предлагается разработка геймифицированной платформы, которая преобразует процесс создания наборов данных в интерактивную, мотивирующую и результативную деятельность.

Внедрение игровых механик в процесс помогает увеличить скорость выполнения задач, поддерживает высокую степень вовлеченности участников, что в свою очередь приводит к повышению эффективности обработки данных. Дополнительно, это может снизить затраты на обучение и найм новых специалистов, уменьшая отток кадров и улучшая качество итоговых данных.

В настоящей работе предлагается архитектурное решение для платформы, решающей задачи классифика-

ции, аннотации и верификации данных с использованием игровых механик.

### Концепция разрабатываемой системы и требования

Для разработки архитектуры проекта, необходимо определить требования и ограничения, которые накладываются на систему. В рамках данной задачи, требуется разработать архитектуру для платформы, которая позволит внешним заказчикам размещать задачи на подготовку данных (классификация, аннотация, разметка изображений) для обучения нейронных сетей. Платформа должна обеспечивать эффективный процесс подготовки данных с использованием геймификации, а также бесшовную передачу данных от и к заказчику через API.

Основные функциональные требования:

1. Платформа должна предоставлять возможность заказчикам размещать задачи на подготовку данных. Задачи могут включать классификацию, аннотацию и верификацию изображений.
2. Платформа должна автоматически разбивать задачи на подзадачи, которые могут быть выполнены исполнителями.
3. Платформа должна автоматически распределять подзадачи между исполнителями.

4. Платформа должна включать инструменты геймификации, которые будут использоваться для повышения эффективности процесса подготовки данных и улучшения качества данных.
5. После выполнения задачи исполнителем, платформа должна проводить верификацию данных. Этот процесс также должен быть геймифицирован.
6. После верификации данных, платформа должна передавать обработанные изображения заказчику.
7. Платформа должна обеспечивать бесшовную передачу данных от заказчика и заказчику через API.

Нетехнические требования:

1. Платформа должна соответствовать стандартам безопасности для защиты данных заказчиков и исполнителей.
2. Платформа должна быть масштабируемой, чтобы справляться с увеличением объема задач и пользователей.
3. Производительность. Платформа должна обеспечивать быструю обработку задач и минимальные задержки в передаче данных.

Технологические требования:

1. Языки программирования. Выбор конкретных языков программирования будет зависеть от команды разработчиков, но они должны быть современными и поддерживать разработку высокопроизводительных веб-приложений.
2. База данных. База данных должна быть масштабируемой и обеспечивать быстрый доступ к данным.
3. API. API должен быть разработан с учетом лучших практик REST или GraphQL и обеспечивать безопасную и эффективную передачу данных.

### Архитектура системы

Для решения задачи разработки платформы предлагается архитектура, изображенная на рис. 1.

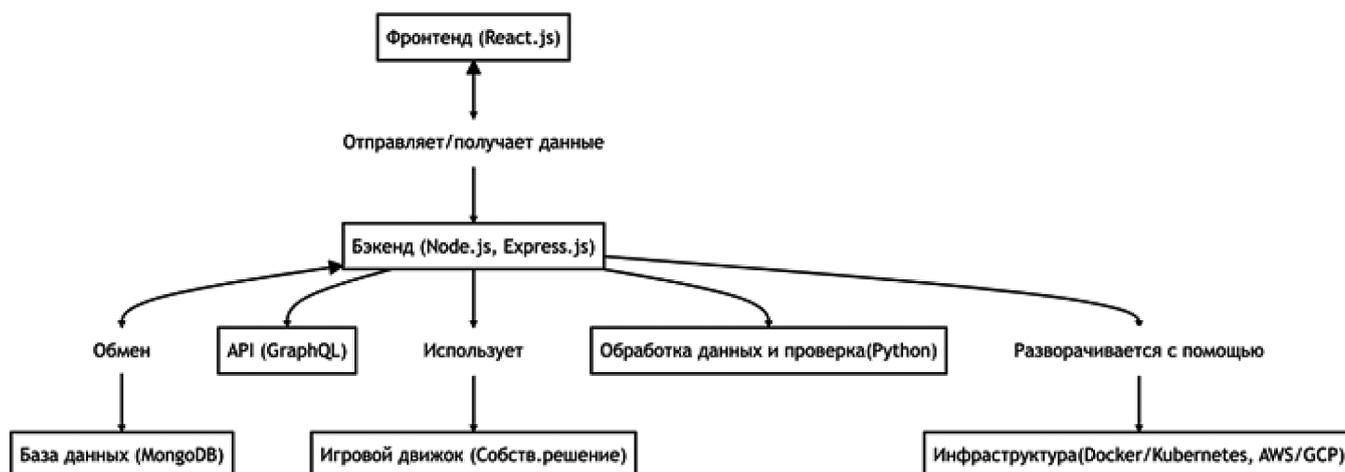


Рис. 1. Архитектура платформы

Ее основные компоненты и выбранный технологический стек:

1. Фронтенд. Был выбран популярный JavaScript-фреймворк React.js для создания интерактивных пользовательских интерфейсов [2]. Он поддерживает компонентный подход, что упрощает разработку и поддержку кода. React.js был выбран из-за его эффективности, гибкости и широкой поддержки сообщества. React позволяет создавать масштабируемые и производительные веб-приложения с использованием компонентного подхода. Это упрощает разработку и поддержку кода.
2. Бэкенд. Node.js и Express.js были выбраны из-за их производительности и гибкости [3]. Node.js — это среда выполнения JavaScript на стороне сервера, которая позволяет разрабатывать масштабируемые веб-приложения. Она поддерживает асинхронное и событийное программирование, что идеально подходит для обработки большого количества запросов. Express.js минималистичный и гибкий веб-фреймворк для Node.js, который обеспечивает набор функций для веб- и мобильных приложений.
3. База данных. MongoDB — это NoSQL база данных, которая обеспечивает высокую производительность, высокую доступность и легкую масштабируемость [4]. Она работает на концепции коллекций и документов и поддерживает различные типы данных.
4. API. GraphQL — это язык запросов для API, который обеспечивает эффективное и мощное взаимодействие с данными. Он позволяет клиентам определять структуру ответов, что упрощает обработку данных на стороне клиента. GraphQL был выбран из-за его эффективности и мощности [5].
5. Геймификационный движок может быть разработан с нуля для обеспечения максимальной гибкости и соответствия требованиям платформы.

6. Обработка и верификация данных. Для этой цели выбран язык Python, он является одним из наиболее популярных языков для обработки данных и машинного обучения. Он поддерживает множество библиотек для обработки изображений и данных, таких как NumPy, Pandas и OpenCV.
7. Облачная инфраструктура. Docker/Kubernetes: Docker и Kubernetes используются для контейнеризации и оркестровки приложений, что обеспечивает их надежность, масштабируемость и портативность. AWS и GCP — это облачные провайдеры, которые предоставляют надежную и масштабируемую инфраструктуру для развертывания приложений [6].

Этот технологический стек был выбран в сравнении с другими технологиями из-за его производительности, масштабируемости, гибкости и поддержки сообщества. Кроме того, все эти технологии хорошо интегрируются друг с другом, что обеспечивает гладкую и эффективную разработку.

#### Описание взаимодействия модулей на примере жизненного цикла выполнения задачи на платформе

1. Пользователь входит в систему через интерфейс, разработанный на React.js (Frontend). При входе в систему данные пользователя проверяются и аутентифицируются.
2. Пользователь выбирает задачу для выполнения, запрос передается через GraphQL (API) на сервер.
3. Сервер, работающий на Node.js и Express.js, обращается к базе данных MongoDB для получения информации о задаче.
4. Информация о задаче возвращается на сервер, обрабатывается и возвращается обратно на клиент через GraphQL (API).
5. Пользователь видит информацию о задаче и начинает работать над задачей.
6. После завершения задачи результаты отправляются на сервер через GraphQL (API).
7. Сервер обрабатывает результаты задачи с помощью Python (Data Processing) и сохраняет результаты в базе данных MongoDB.
8. Обратная связь о результате задачи возвращается пользователю через GraphQL (API) и отображается на клиенте с помощью React.js (Frontend).
9. На основе результатов задачи обновляются награды пользователя в геймификационном движке.

Вся инфраструктура развертывается и управляется с помощью Docker/Kubernetes и облачных провайдеров, таких как AWS или GCP, что обеспечивает надежность, масштабируемость и портативность приложения.

#### Механики геймификации и структура приложения

Особенность разрабатываемой платформы подготовки данных являются встроенные в процесс работы с данными игровые механики. Далее подробно описан геймификационный движок, механики и их влияние на повышение эффективности процесса:

1. Система уровней и опыта. Аннотаторы могут зарабатывать опыт за выполнение задач и достижение целей. При достижении определенного количества опыта исполнитель повышает свой уровень. Уровни могут открывать новые возможности или задачи более высокого уровня. Эта механика мотивирует исполнителей улучшать свои навыки и усердно работать, чтобы получить больше опыта и повысить свой уровень. Это может привести к увеличению количества выполненных задач и улучшению качества данных.
2. Аннотаторы могут получать бейджи и достижения за выполнение определенных задач или достижение важных вех. Это может быть, например, выполнение определенного количества задач, работа над сложными проектами или высокая точность в задачах классификации. Данная механика может увеличить удовлетворение исполнителей от работы и мотивировать их на дальнейшие успехи, снизит отток исполнителей с платформы.
3. Лидерборды могут быть использованы для стимулирования здоровой конкуренции между исполнителями, что может увеличить их производительность и качество работы. Они могут отображать топ-исполнителей по различным метрикам, таким как количество выполненных задач, точность классификации или общий опыт.
4. Система наград. Исполнители могут получать награды за достижение определенных целей или выполнение задач. Награды могут быть виртуальными (например, бонусы или улучшения в приложении) или реальными (например, бонусы к зарплате или подарочные карты). Награды за достижение определенных целей или выполнение задач могут служить дополнительной нематериальной мотивацией для исполнителей.
5. Миссии и квесты могут быть использованы для обучения новых исполнителей или стимулирования выполнения определенных типов задач. Они могут включать в себя серию задач, которые нужно выполнить для получения награды.
6. Обратная связь и прогресс. Исполнители должны получать обратную связь о своем прогрессе и производительности. Это может включать в себя статистику о выполненных задачах, точности классификации, текущем уровне и опыте, а также предстоящих целях или задачах. Постоянная обратная связь и видимость прогресса могут помочь исполнителям оценить свою работу и улучшить свои навыки.

В жизненном цикле исполнителя на платформе геймифицированные механики используются на следующих этапах:

1. Исполнитель регистрируется на платформе и проходит начальное интерактивное обучение.
2. Исполнитель начинает выполнять задачи, за которые он получает опыт и возможно награды.
3. По мере выполнения задач исполнитель получает бейджи и достижения, которые отображаются в его профиле.
4. Исполнитель может видеть свой прогресс и сравнивать его с другими исполнителями на лидербордах.
5. Исполнитель может получать дополнительные задачи или миссии, которые помогают ему улучшить свои навыки и получить больше наград.
6. Исполнитель продолжает работать, улучшая свои навыки и получая награды.

Также исполнитель может обменять накопленный опыт на материальные награды, например, фирменные вещи.

#### Контроль качества исполнителей

Контроль качества подготовки данных на платформе будет осуществляться с использованием следующих механик:

1. Gold Set (Золотой набор). Это набор данных, который был тщательно размечен и представляет собой эталон правильной разметки. Этот набор данных используется для оценки качества работы аннотаторов. Изображения из данного набора периодически появляются среди настоящих, если исполнители делают ошибки в разметке этого набора данных, это указывает на проблемы в их работе [7].
2. Использование слепых этапов, на которых несколько исполнителей независимо размечают одни и те же данные. Затем их результаты сравниваются. Если аннотации совпадают, это указывает на высокое качество работы. Если аннотации не совпадают, данные отправляются на дополнительную проверку.
3. Время, которое исполнитель тратит на выполнение задачи, также может быть индикатором качества. Если аннотатор выполняет задачу слишком быстро, это может указывать на то, что он не уделяет достаточно внимания деталям.

4. Исполнители получают обратную связь о своей работе и имеют возможность улучшить свои навыки. Это может включать в себя обучение на основе золотого набора данных, а также обратную связь от контролеров качества.
5. Механики геймификации, такие как система уровней, бейджи и достижения, могут стимулировать исполнителей улучшать качество своей работы. Аннотаторы, которые стремятся получить более высокий уровень или бейдж, могут уделить больше внимания качеству своей работы.

В контексте жизненного цикла исполнителя задачи, аннотатор начинает с выполнения задач и получения обратной связи. По мере того, как он улучшает свои навыки, он начинает работать над более сложными задачами и получает больше опыта и наград. Весь этот процесс подкрепляется механиками геймификации, которые делают процесс более интересным и мотивирующим.

В заключение, разработка архитектуры и геймифицированных механик для платформы подготовки данных для обучения AI моделей является сложной, но важной задачей. Правильно спроектированная архитектура обеспечивает эффективность, масштабируемость и надежность платформы, в то время как геймификация помогает повысить мотивацию и производительность исполнителей.

Механики геймификации, такие как система уровней, бейджи, лидерборды и система наград, используются для стимулирования аннотаторов и повышения качества подготовки данных. Эти механики, вместе с обратной связью и обучением, помогают исполнителям улучшать свои навыки и продуктивность.

Контроль качества данных обеспечивается с помощью золотых наборов, слепых этапов, отслеживания времени выполнения задачи и обратной связи. Эти механизмы помогают обеспечить высокое качество подготовки данных, что в свою очередь ведет к более точным и эффективным AI моделям.

В целом, разработка архитектуры и геймифицированных механик для такой платформы требует глубокого понимания как технологий, так и психологии пользователя. Но при правильном подходе она может привести к созданию мощной и эффективной платформы для подготовки данных для обучения AI моделей.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Linjordet T., Balog K. Impact of Training Dataset Size on Neural Answer Selection Models [Электронный ресурс]. URL: <https://ar5iv.org/pdf/impact-of-training-dataset-size-on-neural-answer-selection-models.pdf> (Дата обращения: 27.05.2023).
2. Azad, A.K., & Rana, A.E. (2020). A Comparative Study of React.js and Angular.js Frameworks in Web Development. *International Journal of Computer Applications*, 175(4), 7–11.
3. Fertalj, K., & Hoic-Bozic, N. (2018). The Impact of Node.js on Web Application Development. *Journal of Universal Computer Science*, 24(8), 1091–1106.
4. Chodorow, K. (2013). *MongoDB: The Definitive Guide: Powerful and Scalable Data Storage*. O'Reilly Media, Inc.
5. Biehl, M. (2018). *Learning GraphQL: Declarative Data Fetching for Modern Web Apps*. O'Reilly Media, Inc.
6. Burns, B., & Oppenheimer, D. (2016). Design patterns for container-based distributed systems. In 8th {USENIX} Workshop on Hot Topics in Cloud Computing (HotCloud 16).
7. Способы обеспечения качества данных для машинного обучения [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/ml/353279-sposoby-obespecheniya-kachestva-dannyh-dlya-mashinnogo-obucheniya> (Дата обращения: 02.02.2023).

---

© Туманян Полина Игоревна (polly.pol@mail.ru); Сараджишвили Сергей Эрикович (ssaradg@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА ОВОЩЕЙ

### USING COMPUTER VISION FOR VISUAL CHECKING OF VEGETABLE QUALITY

**A. Udalov**  
**D. Vetchinnikov**  
**N. Grigoriev**  
**R. Grigoriev**

*Summary.* The article deals with the peculiarities of using computer vision to visually check the quality of vegetables. Separately in the process of research the scheme of using computer vision to solve this type of problems is formalized. The requirements for scanning objects and obtaining high-quality hyperspectral images are also emphasized. In addition, for the segmentation, recognition and extraction of a set of features of images it is proposed to use the method of classification based on independent clusters.

*Keywords:* recognition, computer vision, quality, vegetables.

**Удалов Андрей Львович**

Ведущий программист, ООО «Инфоком», Краснодар  
andi\_27@mail.ru

**Ветчинников Дмитрий Валерьевич**

Аспирант, МФЮА, Казань

**Григорьев Николай Федорович**

Кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное авиационное училище  
летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова

**Григорьев Роман Николаевич**

Начальник тренажера факультета «Авиационного  
оборудования» ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского  
и Ю.А. Гагарина», Москва

*Аннотация.* Статья посвящена рассмотрению особенностей использования компьютерного зрения для визуальной проверки качества овощей. Отдельно в процессе исследования формализована схема применения компьютерного зрения для решения подобного типа задач. Также акцентировано внимание на требованиях к сканированию объектов и получению качественных гиперспектральных изображений. Кроме того, для сегментации, распознавания и извлечения набора признаков изображений предложено использовать метод классификации на основе независимых кластеров.

*Ключевые слова:* распознавание, компьютерное зрение, качество, овощи.

**В** настоящее время исследование и разработка человеко-машинных интерфейсов, систем принятия решений или автоматического контроля на производстве, основанных на распознавании и визуализации мультимедийной информации, становится передовым вопросом в развитии современного специализированного и прикладного программного обеспечения [1].

В последние годы распознавание образов находит все большее применение в самых разных сферах и отраслях деятельности. Одной из технологий, которая позволяет решить эту задачу, является компьютерное зрение. Эта технология интеллектуального анализа данных охватывает чрезвычайно широкую область, которая включает в себя много разноплановых задач, таких как сегментация, фильтрация, классификация, реконструкция, оценка положения объекта, обнаружение объектов, видео наблюдение и многое другое.

В последние годы применение компьютерного зрения особенно расширилось в промышленности, его можно найти в наземном и воздушном картировании природных ресурсов, мониторинге урожая, точном земледелии, робототехнике, автоматическом управлении, неразрушающем контроле свойств продукции, контроле качества и сортировке на технологических линиях и общей автоматизации процессов. Такой широкий спектр

применения обусловлен тем, что системы компьютерного зрения предоставляют значительные объемы информации о природе или атрибутах анализируемых объектов. Кроме того, эта технология позволяет изучать предметы в областях электромагнитного спектра, в которых человеческий глаз не чувствителен, таких как ультрафиолетовое излучение или инфракрасные спектральные области [2].

Одной из сфер, в которой компьютерное зрение демонстрирует все свои возможности и потенциал является оценка качества и сортировка фруктов и овощей, поскольку в данном случае важным условием является соблюдение неинвазивного подхода, а также то, что по визуальному состоянию можно практически точно указать качество продукции. Хотя подобный анализ может быть выполнен и человеком, применяемые процедуры в большинстве своем непоследовательны, отнимают много времени, изменчивы, субъективны, затратны и находятся в значительной зависимости от внешних факторов.

На сегодняшний день разработано достаточно много разнообразных алгоритмов распознавания образов. Каждый из них создавался для работы с определенным типом изображений, поэтому для дальнейшего применения в прикладном программировании необходимо

выбирать наиболее оптимальный из них с точки зрения определенной задачи и совершенствовать его в конкретных условиях.

Таким образом, рассмотрение специфики использования технологии компьютерного зрения и выбор наиболее приемлемого метода ее реализации для контроля качества фруктов и овощей является важной научно-практической задачей, которая и обуславливает выбор темы данной статьи.

Современные подходы к решению задач компьютерного зрения нашли свое отражение в работах Лимановой Н.И., Морозова Д.А., Терещенко С.Н., Перова А.А., Осипова А.Л., Daoudi, Mohamed; Harandi, Mehrtaш; M., Vittorio.

Над разработкой моделей классификации объектов во вновь созданном пространстве образов, оценкой результативности классификации средствами программного моделирования трудятся такие ученые как Молчанов А.Б., Гордеев Н.А., Катаев М.Ю., Koppen, Mario; Cordon, Oscar; Olague, Gustavo.

Однако, несмотря на многочисленные исследования, разработанные в области компьютерного зрения, до сих пор не существует стандартизированного метода, который можно было бы предложить для оценки качества различных типов объектов. Кроме того, открытыми остаются вопросы, с выбором наиболее эффективных методов и подходов для проверки овощей, ориентированных на разные цели, начиная от сортировки в потоке

на коммерческие категории до обнаружения загрязнителей или распределения определенных химических соединений на поверхности продукта.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей использования технологий компьютерного зрения для визуальной проверки качества овощей.

Проверка качества овощей с использованием компьютерного зрения включает в себя несколько последовательных этапов, система и взаимосвязь которых представлена на рис. 1.

От получения качественного изображения зависит результат обработки данных и конечные выводы. Поэтому наиболее перспективным решением для задач визуальной проверки качества овощей, по мнению автора, является система гиперспектрального компьютерного зрения, которая сочетает в себе методы спектроскопии и визуализации, на основании чего формируется спектральная информация для каждого пикселя пространственного изображения. Структура данных гиперспектрального изображения обычно называется гиперкубом или кубом данных и может рассматриваться как набор спектров каждого пикселя в одном двумерном изображении, сгруппированных вместе [3]. Методы, которые используются для получения куба гиперспектрального изображения, — это сканирование точек, сканирование линий и сканирование области, которые схематично показаны на рис. 2.



Рис. 1. Схема основных этапов использования компьютерного зрения для обработки цифровых изображений

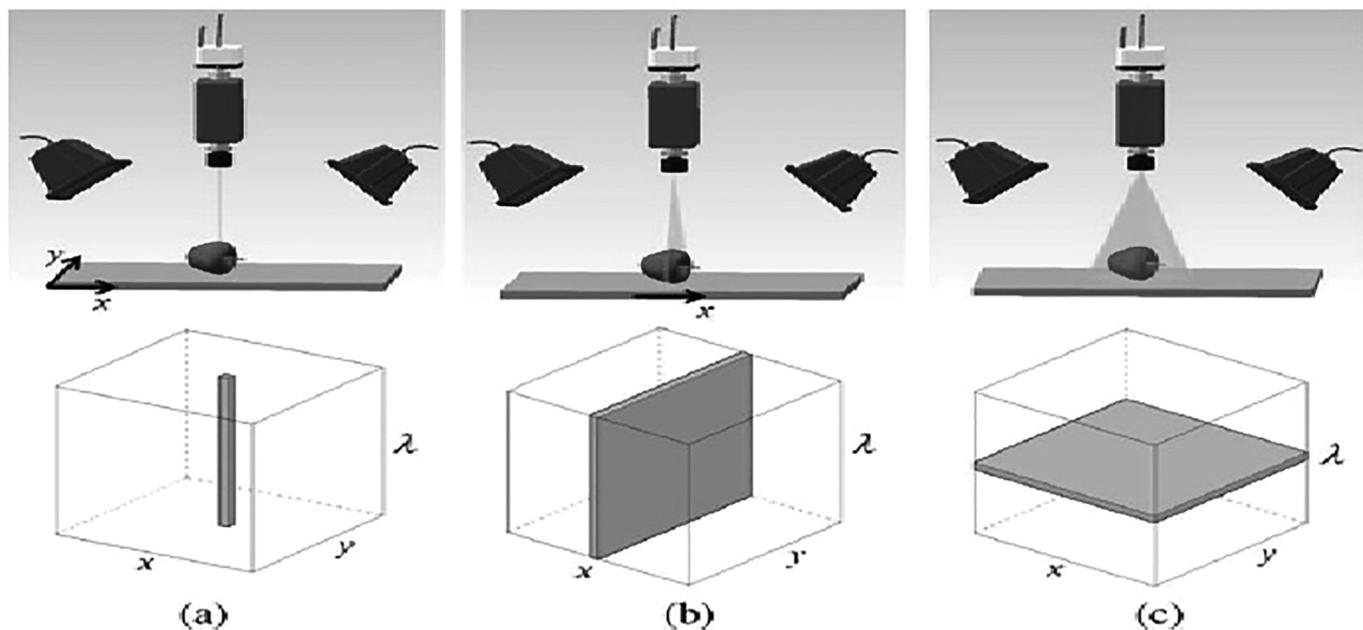


Рис. 2. Режим сканирования гиперспектральных изображений (а) точечное сканирование (b) линейное сканирование (c) зональное сканирование [3]

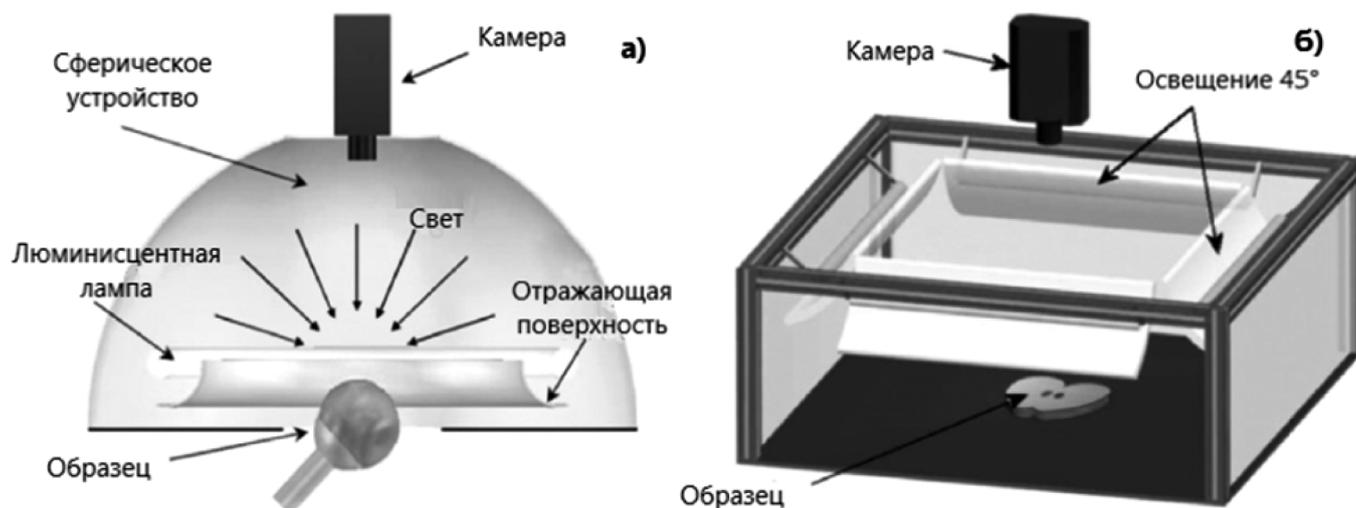


Рис. 3. Пример систем освещения для сферических и плоских объектов а) рассеянное освещение б) направленное освещение под углом  $45^\circ$  [4]

Кроме того, в процессе анализа необходимо принимать во внимание тот факт, что большинство овощей имеет приблизительно сферическую форму, соответственно для равномерного освещения зачастую используется устройство с полусферическим рассеивателем. Однако в этих системах и в системах, которые обычно освещают объект сверху, верхняя часть объекта выглядит ярче, чем края, что создает ложное изменение интенсивности, которое впоследствии необходимо корректировать. Чтобы решить эту задачу ученые предложили методику построения модели рельефа овоща, которая применяется для оценки теоретической высоты и угла падения света для каждого пикселя. Это позволило оценить соответствующие поправки наблюдаемого отражения.

На рисунке 3 показаны два примера систем освещения для сферических и плоских объектов.

Изображения, полученные с помощью различных видов техники, содержат множество шумов, которые ухудшают их качество. Поэтому они не могут служить подходящими данными для дальнейшего анализа. В данном случае необходимо провести предварительную обработку, которая устраняет нежелательные искажения и увеличивает особенности изображения, необходимые для анализа.

После предварительной обработки требуется сегментация изображения, которая разделяет цифровой

снимок на отдельные области. Основная функция — выделение фона для обработки значимой области при оценке объекта. Традиционно для сегментации изображения используется пороговый метод Оцу, который позволяет получить гистограмму серого уровня (для получения оптимального порога) из полутонового изображения [2]. Однако, несмотря на свое широкое применение у этого метода есть существенный недостаток, такой как увеличение времени вычислений, необходимого для определения оптимального порогового значения при увеличении числа кластеров. В связи с этим для сегментации изображения в процессе визуальной проверки качества овощей целесообразно использовать метод классификации на основании внедрения системы независимых кластеров для базы эталонов. Рассмотрим этот метод более подробно. На рис. 4 представлен образец эталона.



Рис. 4. Эталон картошки надлежащего качества

Отдельно в программу загружаются характеристики внешних атрибутов овоща со связанным названием временной, а также значением и типом (см. табл. 1).

Таблица 1.

Критерии, в безразмерных единицах, необходимые для установления хорошего и плохого качества овоща

Атрибут	Акроним	Тип	Значение
Удлиненный дефект	LD	Диапазон	0–6
Пятнистый дефект	SD	Диапазон	0–2.5
Различные дефекты	VD	Диапазон	0–5
Наличие ростка	S	Двоичный	True/false
Красный цвет	RC	Диапазон	0–255
Зеленый цвет	GC	Диапазон	0–255
Синий цвет	BC	Диапазон	0–255

Итак, учитывая имеющуюся информацию, рассмотрим алгоритм использования независимых кластеров при распознавании качества овощей.

Пусть задана некоторая база  $E$  описаний изображений эталонов размером  $N : E = \{E_1, E_2, \dots, E_N\}$ . Каждое эталонное описание  $E_i$  представляет в задаче распознавания отдельный класс и имеет вид конечного множества дескрипторов КТ изображения:  $E_i = \{e_v(i)\}_{v=1}^s$ , где  $s$  — фиксированное количество дескрипторов КТ в описании эталона  $E_i$ .

Необходимо отметить, что отдельный дескриптор  $e_v(i)$  характеризует некоторую окрестность КТ изображения и является элементом векторного пространства  $R_n$  конечной размерности  $n : e_v(i) \in R^n$  с действительными, целыми или бинарными компонентами. При этом для упрощения анализа предположим, что значение параметра  $s$  для каждого описания из множества  $E$  будет одинаковым, т.е.:

$$card(E_1) = card(E_2) = \dots = card(E_N) = s.$$

Выполнение этого условия всегда можно практически достичь отбором элементов из множества большего размера.

Применим отображение  $E \rightarrow T$  из пространства образов (множества дескрипторов) к множеству  $T$  непересекающихся кластеров, сформированных по некоторому принципу. Кластер — это подмножество описания. В результате каждый образ  $E_i$  эталона трансформируется к виду фиксированного числа  $M$  его непересекающихся подмножеств  $T_k(E_i)$ :

$$E_i = T(E_i) = \cup_{k=1}^M T_k(E_i), T_k(E_i) \cap T_j(E_j) = \emptyset.$$

Эквивалентность множеств в выше представленном выражении следует понимать как их по-элементное совпадение. Обозначим  $\beta_{k,i} = card T_k(E_i)$  как мощность полученных кластеров для отдельных эталонов, где  $k$  — номер кластера внутри описания. По множеству  $T_k(E_i)$  элементов каждого кластера можно определить его центр  $b_{k,i}, k = \overline{1, M}$ , который наряду с мощностью  $\beta_{k,i}$  является ключевой характеристикой построенной кластерной системы для анализируемых данных. Заметим, что центр  $b_{k,i}$  а также сама кластеризация могут быть определены на основании достаточно широкого разнообразия процедур.

Учитывая равное число  $s$  элементов каждого из описаний, необходимо иметь в виду также нормированную весовую характеристику:

$$\alpha_{k,i} = \frac{\beta_{k,i}}{s}, \sum_k \alpha_{k,i} = 1,$$

которая отражает количественную весомость каждого из кластеров в системе  $T(E_i)$ .

Таким образом, в результате кластерного представления образ  $E_i$  эталона сформирован в виде  $M$  непересекающихся подмножеств  $T_k(E_i)$  (кластеров) его элементов с центрами  $b_{k,i}$ ,  $M \times N$  — общее число созданных кластеров/центров для имеющейся базы эталонов.

Распознаваемый визуальный объект аналогично схеме представления эталонов универсально можно описать конечным множеством  $Z = \{z_v\}_{(v=1)}^s$ , где  $z_v \in Z$  — элементы (дескрипторы КТ),  $s = \text{card } Z$  — его мощность.

Подобно процедуре обработки эталонов применяется кластерное разбиение множества  $Z$  через отражение  $Z \rightarrow T$ , в результате описание входного изображения будет представлено  $M$  кластерами:

$$Z = T(Z) = \{T_k(Z)\}_{k=1}^M, T_k(Z) \cap T_j(Z) = \emptyset.$$

Для каждого кластера  $T_k(Z)$  описания входного изображения определяются параметры центров  $b_k(Z)$ , мощ-

ностей  $c_k(Z)$ ,  $k = \overline{1, M}$  и нормированных характеристик  $\alpha_k(Z)$ , которые будут использоваться в процессе классификации. При этом для упрощения схемы классификации число  $M$  кластеров целесообразно принять тождественным для входного изображения и эталонов.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что технология компьютерного зрения, основанная на гиперспектральном изображении, в настоящее время широко используется для оценки качества фруктов и овощей. Цвет, размер, форма, текстура и дефект являются общими признаками, которые проверяются в ходе анализа. Для более точного обнаружения дефектов в будущем необходимо решать различные задачи, включая неравномерное распределение света на поверхности объекта, выбор мощности длины волны для различных применений, методы оценки поверхности, снижение времени, затрачиваемого на получение и обработку спектрального изображения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Malik K. Computer vision models for comparing spatial patterns: understanding spatial scale // International journal of geographical information systems. 2023. Vol. 37. No 1. Pp 1–35.
2. Knott M. Facilitated machine learning for image-based fruit quality assessment // Journal of food engineering. 2023. Vol. 345. Pp 12–19.
3. Sultana J. A Study on Food Value Estimation From Images: Taxonomies, Datasets, and Techniques // IEEE access: practical innovations, open solutions. 2023. Vol. 11. Pp 45910–45935.
4. Liu J. A two-stage anomaly detection framework: Towards low omission rate in industrial vision applications // Advanced engineering informatics. 2023. Vol. 55. Pp 99–111.

© Удалов Андрей Львович (andi\_27@mail.ru); Ветчинников Дмитрий Валерьевич; Григорьев Николай Федорович;  
Григорьев Роман Николаевич  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ БИБЛИОТЕКИ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ OPENCV

## FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON THE LIBRARY OF COMPUTER VISION ALGORITHMS OPENCV

**H. Zhou**  
**G. Afanasyev**  
**A. Afanasyev**  
**A. Filatova**

*Summary.* The article presents the results of creating a face detection system that was developed using the AdaBoost face detection algorithm based on haar-like features, a cascade classifier trained by this algorithm, and the OpenCV computer vision algorithm library. The program code of the face recognition system was developed in the VC++12 language. Experimental results show that the development cycle of the detection system is short, the detection speed is fast, the real-time performance is strong, the detection speed is high, which can be used as the basis for the development of face recognition and face tracking systems.

*Keywords:* computer vision, face recognition, AdaBoost algorithm, Haar-like signs, OpenCV.

**Чжоу Хан**

*Магистрант, Московский государственный  
технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)*  
825588535@qq.com

**Афанасьев Геннадий Иванович**

*К.т.н., доцент, Московский государственный  
технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)*  
gaipcs@bmstu.ru

**Афанасьев Арсений Геннадьевич**

*Ассистент, Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет)*  
afanasievag@bmstu.ru

**Филатова Анастасия Евгеньевна**

*Магистрант, Московский государственный  
технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)*  
hummuschan19@gmail.com

*Аннотация.* В статье приводятся результаты создания системы обнаружения лиц, которая была разработана с использованием алгоритма обнаружения лиц AdaBoost, основанного на хаароподобных признаках, каскадного классификатора, обученного этим алгоритмом, и библиотеки алгоритмов компьютерного зрения OpenCV. Программный код системы распознавания лиц был разработан на языке VC++12. Экспериментальные результаты показывают, что цикл разработки системы обнаружения короткий, скорость обнаружения быстрая, производительность в реальном времени сильная, скорость обнаружения высокая, что может быть использовано в качестве основы для разработки систем распознавания лиц и слежения за лицами.

*Ключевые слова:* компьютерное зрение, распознавание лиц, алгоритм AdaBoost, Хаароподобные признаки, OpenCV.

### Введение

С быстрым развитием компьютерных технологий и технологий цифровой обработки сигналов, технология компьютерного зрения постепенно получила широкое распространение. OpenCV [1, 2] (Open Source Computer Vision Library) — это пакет алгоритмов компьютерного зрения с открытым исходным кодом, предоставленный компанией Intel, состоящий из ряда функций языка C и небольшого количества классов C++, с сотнями API среднего и высокого уровня для обработки изображений и компьютерного зрения. Он может быть использован как идеальный инструмент для вторичного развития. Алгоритм обнаружения лиц AdaBoost, основанный на Хаароподобных признаках, обладает такими преимуществами, как высокая скорость обнаружения, высокая производительность в реальном времени

и хорошая устойчивость. В данной работе на платформе разработки программного обеспечения VC++12 описывается разработанная система обнаружения лиц на статических изображениях, в видео потоке с видео камеры и на видео в формате AVI.

### Алгоритм обнаружения лиц AdaBoost

Цель обнаружения лица — отличить области лица от областей без лица на неподвижном изображении или видео. Метод обнаружения лиц, предложенный Viola-Jones и др., представляет собой метод, основанный на интегральной карте, каскадном классификаторе и алгоритме AdaBoost, который может быть реализован в следующие 3 шага [1,3].

1. Использование Хаароподобных характеристик для представления лиц и нового представления

изображения, «интегральной карты», для быстрого вычисления их собственных значений.

2. Алгоритм машинного обучения AdaBoost используется для выбора прямоугольных признаков (слабых классификаторов), которые наилучшим образом представляют лицо, и построения слабых классификаторов в сильный классификатор путем взвешенного голосования.
3. Несколько сильных классификаторов обучаются последовательно, чтобы сформировать каскадный структурированный классификатор для улучшения скорости обнаружения классификатора.

Для представления черт лица используются простые прямоугольные признаки, названные так потому, что они напоминают вейвлеты типа Хаара, предложенные Виолой и другими [4]. Обычно используются такие признаки типа Хаара, как краевые признаки, линейные признаки и центральные признаки. В них собственное значение — это разница между суммой значений серого цвета всех пикселей внутри двух или более прямоугольников одинаковой формы и размера на изображении. Сумма значений серого цвета всех пикселей в белой прямоугольной области минус сумма значений серого цвета всех пикселей в черной прямоугольной области равномерно используется в системе [4].

Для того чтобы повысить скорость обучения выборки и обнаружения лиц, Виола и др. подходы предложили интегральное представление изображения, которое позволяет быстро вычислять прямоугольные собственные значения. Интегральная карта изображения рассчитывается, как показано в уравнении (1) [5].

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x} \sum_{y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$

Где  $i(x', y')$  — пиксельное значение изображения в точке  $(x', y')$ , а  $ii(x, y)$  — вычисленное интегральное значение изображения относительно точки  $(x, y)$ .

При использовании рекурсивных формул [5] (2) и (3) интегральная карта может быть вычислена путем обхода всех точек исходного изображения за один раз, где  $s(x, y)$  — значение интеграла строки в точке  $(x, y)$ ,  $s(x, -1) = 0$ ,  $ii(-1, y) = 0$ .

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (2)$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (3)$$

Алгоритм AdaBoost [1,6] — это итерационный алгоритм выбора признаков и обучения классификаторов. Основная идея заключается в обучении одного и того же классификатора (слабого классификатора) на разных обучающих наборах, а затем сбор этих слабых классификаторов на разных обучающих наборах определенными

методами для формирования окончательного сильного классификатора. В этом алгоритме различные обучающие наборы используются для настройки весов каждой выборки. В начале каждой выборке присваивается одинаковый вес, и слабый классификатор  $h1(x)$  обучается на этом распределении выборок. Образцам, которые неправильно классифицированы по  $h1(x)$ , придается больший вес, а образцам, которые правильно классифицированы по  $h1(x)$ , — меньший, что позволяет выделить неправильно классифицированные образцы и объединить их в новое распределение образцов. В то же время,  $h1(x)$  присваивается вес в зависимости от количества ошибок классификации, указывающий на важность этого слабого классификатора, причем чем меньше ошибок классификации, тем больше вес. С новым распределением выборки он обучается снова, чтобы получить слабый классификатор  $h2(x)$  и его веса. После  $T$  циклов обучения получается  $T$  слабых классификаторов и  $T$  соответствующих весов, а затем эти  $T$  слабых классификаторов складываются вместе с определенными весами для получения окончательного сильного классификатора.

Каскадный классификатор — это каскад из нескольких сильных классификаторов, также известный как каскадный детектор или водопадный детектор. Каждый слой представляет собой сильный классификатор, обученный алгоритмом AdaBoost. Правильный результат первого слоя вызывает классификацию второго слоя, правильный результат второго слоя вызывает классификацию третьего слоя, и так далее. Таким образом, окно с подозреваемым лицом поочередно проходит через каждый слой классификатора и подтверждается как лицо. И наоборот, если на одном из слоев обнаружено окно признается нелицевым, обнаружение этого окна немедленно прекращается и начинается обнаружение следующего окна [6]. Такая каскадная структура классификатора разработана с использованием принципа пошагового усложнения, при этом начальные слои сильных классификаторов относительно просты, и обычно один слой состоит из одного или нескольких слабых классификаторов. Это позволяет быстро отсеивать подокна, которые явно не являются лицами, позволяя впоследствии обнаруживать все меньше и меньше целей, что значительно увеличивает скорость обнаружения. Кроме того, классификаторы разработаны с возможностью изменения размера для поиска целевых областей разного размера, что позволяет избежать прямых преобразований масштаба изображения, уменьшить вычислительные усилия и увеличить скорость обнаружения.

#### Разработка системы распознавания лиц

Каскадный классификатор был создан с помощью Haartraining OpenCV. Программа сначала подготавливает большое количество положительных образцов (образцы с лицом) и отрицательных образцов (образцы

без лица), затем создает `examples.exe` и `haartraining.exe` в подкаталоге `bin` каталога установки OpenCV для создания образцов и обучения до сходимости, и, наконец, использует `performance.exe` в подкаталоге `bin` для обучения образцов для тестирования. Создается окончательный XML-файл каскадного классификатора [7]. Для того чтобы быстро разработать систему обнаружения лиц, в данной работе для экспериментов были выбраны каскадные классификаторы хаароподобных признаков `haarcascade_frontalface_alt_tree.xml` и `haarcascade_profileface.xml` из OpenCV.

VC++12 был использован для создания внешнего интерфейса, который разделен на 3 части, а именно: область отображения обнаружения, область отображения позиционирования и область меню. Область отображения обнаружения в основном реализует отображение результатов обнаружения лиц на основе неподвижных изображений, видео с камеры и видео в формате AVI. Область отображения позиционирования реализует отображение в реальном времени помеченных областей лица. Область меню реализует операции обнаружения и маркировки лиц на основе неподвижных изображений, видео с камеры и видео в формате AVI, а также отображение и хранение изображений помеченных областей лица.

Процесс обнаружения лиц на основе статических изображений можно условно разделить на 4 процесса:

1. Загрузка обученного каскадного классификатора.
2. Преобразование его во внутренний формат для обработки компьютером распознавания.
3. Загрузка статического изображения для обнаружения.
4. Обнаружение области лица на изображении и маркировка местоположения лица.

Основной процесс обнаружения лица на основе видеокамеры:

1. Обнаружить и запустить камеру, если камера не установлена, будет выдано предупреждение и обнаружение закончится, из-за разнообразия устройств захвата видео и требований к обработке видео в реальном времени, в данной работе используется технология обработки видео в реальном времени `DirectX`.
2. Загрузить обученный каскадный классификатор и преобразовать его во внутренний формат.
3. Оценить бит флага обнаружения, если он истинный. Если флаг обнаружения истинный, изображение области лица будет сохранено, и следующий кадр будет обнаружен, в противном случае обнаружение будет завершено, если флаг обнаружения ложный.

Видео можно рассматривать как временное расположение изображений кадр за кадром, так что видеообнаружение лица можно рассматривать как непрерывное

обнаружение набора последовательностей изображений, поэтому процесс обнаружения лица на основе видео AVI и обнаружение лица на основе видеокамеры в основном одинаковы, разница в том, что ему не нужно определять начало шага камеры, только загрузить видео AVI, поэтому процесс не повторяется.

Основные функции для распознавания лиц в библиотеке компьютерного зрения OpenCV являются:

1. `cascade = (CvHaarClassifierCascade*) cvLoad(cascade_name, 0, 0, 0)` — эта функция реализует функцию загрузки каскадного классификатора, где `cascade_name` — путь к каскадному классификатору.
2. `cvGrabFrame(capture)` и `frame = cvRetrieveFrame(capture)` — эти две функции вызываются вместе для быстрого получения кадров видео в формате AVI, где `capture = cvCaptureFromAVI(path)` считывает захваченное видео в формате AVI.
3. `CvMemStorage* storage = cvCreateMemStorage(0)` — эта функция создает блок памяти с размером по умолчанию 64 Кб и возвращает указатель на головку блока.
4. `CvSeq* faces = cvHaarDetectObjects(small_img, cascade, storage, 1.1, 2, 0, cvSize(30, 30))` — функция использует обученный каскадный классификатор для поиска прямоугольных областей на изображении, содержащих лица, и возвращает эти области в виде последовательности прямоугольных коробок для возврата.
5. `cvRectangle(img, LeftPoint, RightPoint, color, 3, 8, 0)` — эта функция реализует рамку для выделения области обнаруженного лица.
6. `cvSaveImage(savepath+strcat(strCount, «.bmp»), OutImage)` — функция для достижения разметки изображения области лица, сохраненного в формате `bmp`, которое `OutImage = cvCreateImage(cvSize(120, 120), 8, 3)`. Создает заголовок и выделяет пространство данных изображения размером 120 x 120.

После получения обнаруженного изображения необходимо выполнить обработку, включая преобразование цвета изображения, преобразование размера изображения и выравнивание гистограммы, прежде чем впоследствии можно будет выполнить обнаружение лица. Соответствующие функции обработки:

1. `cvCvtColor(img, gray, CV_BGR2GRAY)` — преобразование цвета.
2. `cvResize(gray, small_img, CV_INTER_LINEAR)` — преобразование размера изображения.
3. `cvEqualizeHist(small_img, small_img)` — выравнивание гистограммы серого изображения.

Мультимедийный программный интерфейс `DirectX`, предоставляемый компанией Microsoft, реализован на языке программирования Visual C++12 и с COM, что

позволяет лучше строить платформы машинного зрения для систем Windows. Интерфейс напрямую предоставляет ресурсы, необходимые для разработки высококачественных приложений, работающих в режиме реального времени. Преимущества технологии DirectX в том, что она позволяет обеспечить аппаратную независимость для разработчиков программного обеспечения, т.е. система не зависит от конкретного устройства видеозахвата.

Компонент обнаружения лиц на основе камеры использует компонент DirectShow SDK DirectX для захвата и обработки видео в реальном времени, с помощью модели под названием Filter Graph для управления всем потоком данных, поддерживая совместимость с VFW (Video For Windows) и обеспечивая превосходный интерфейс. Сравнение захвата видео в реальном времени компонентами OpenCV и DirectShow показывает, что компонент DirectShow гораздо более плавно обрабатывает видео с камеры. Основные функции компонента DirectShow для открытия камеры и обработки видео:

1. CCameraDS camera
2. Camera.OpenCamera()
3. IplImage \*pFrame=camera.QueryFrame()

#### Анализ результатов испытаний

Эксперименты проводились на портативном компьютере DELL G15 5511, 15.6", WVA, Intel Core i7 11800H 2.3ГГц, 8-ядерный, 8ГБ DDR4, 512ГБ SSD, NVIDIA GeForce RTX 3050. Для обнаружения лиц на неподвижных изображениях экспериментальная выборка состояла из 46 цветных изображений, собранных из Интернета, с минимальным размером 469 x 447 и максимальным размером 1936 x 1288. Средние Precision (точность) составила 96 %, Recall (полнота) составила 93 %.

Видео обрабатывалось плавно, а результаты обнаружения полностью соответствовали требованиям реального времени. Распознавание лиц было проведено на видеофайлах из Интернета, подобных U-go-girl.

AVI, kissingyou.AVI. Средняя скорость обнаружения лиц на видео составила порядка 0,07 секунды. Средние Precision (точность) и Recall (полнота) практически совпали с аналогичными показателями для неподвижных изображений.

В ходе экспериментов было установлено, что основной причиной промахов в обнаружении является большой угол отклонения позы лица, поэтому правила обновления обучающих весов классификатора нуждаются в дальнейшем улучшении и совершенствовании. При обнаружении лиц важно отметить, что пиксели неподвижного изображения и резкость видео не должны быть слишком высокими, так как при слишком высоких значениях производительность обнаружения лиц в реальном времени значительно снижается, и скорость обнаружения также уменьшается.

#### Заключение

В данной работе, основываясь на принципе алгоритма обнаружения лиц AdaBoost, основанного на хараподобных признаках, каскадный классификатор лиц, обученный алгоритмом AdaBoost, использовался для разработки системы обнаружения лиц с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV и VC++12. Было реализовано обнаружение и маркировка лиц на основе неподвижных изображений, видео с камеры и видео в формате AVI, соответственно, а также отображение и хранение в реальном времени изображений маркированных областей лица. Экспериментальные результаты показывают, что обнаружение лица на основе AdaBoost с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV имеет преимущество в скорости обнаружения и высокой производительности в реальном времени, а метод реализации прост и практичен, что может быть использовано для распознавания и отслеживания лиц, анализа движения и мониторинга окружающей среды в реальном времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маркова А.В., Афанасьев А.Г., Афанасьев Г.И. Классификация на основе алгоритма дерева решений для машинного обучения // E-Scio. 2022. № 11 (74). С. 106–118.
2. Chen, S.Y., Liu S. OpenCV-based implementation of computer vision technology // Beijing: Science Press. 2008.
3. Su J., Lin T., Wang K., et al. Face detection and tracking in video // Applied Science and Technology. 2011. 38(3). P. 5–11.
4. Hua Y., Peng H., Gu J. Face detection method by boosting covariance feature // Computer Engineering and Applications. 2010. 46(18). P. 186–189.
5. Guo L., Wang Q. Research of face detection based on AdaBoost algorithm and OpenCV implementation // Journal of Harbin University of Science and Technology. 2009. 14(5). P. 123–126.
6. Cui X. Research and implementation of face detection system based on AdaBoost algorithm // Changchun: School of Computer Science and Technology, Jilin University. 2008.
7. Xu Q., Wang J. Real-time face detection and statistics based on video image // Computer and Modernization. 2010(1). P. 120–123.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ 3D ПЕЧАТИ ТОНКОСТЕННЫХ ФИГУР ИЗ ШОКОЛАДНОЙ ГЛАЗУРИ

**Шибанов Эдуард Дмитриевич**

Аспирант, Российский биотехнологический  
университет, Москва  
ShibanovED@mgupp.ru

## CLASSIFICATION OF DEFECTS OF 3D PRINTING OF THIN-WALLED CHOCOLATE FIGURES

**E. Shibanov**

*Summary.* The purpose of this work was to develop a classification of defects that occur in the process of 3D printing of thin-walled figures from chocolate icing, and to identify the causes of their occurrence. In the article, the results of 3D prints of previous experiments were studied, as a result of this work 5 classes of different defects were identified: hypothermia, overheating, uneven extrusion, extrusion skip and complete cessation of extrusion. For each type of defects, the causes of occurrence and characteristic features are established, allowing them to be classified. The proposed classification is necessary when creating a dataset required for training a convolutional neural network. The results is presented as one of the stages in the development of an automated control system for the process of 3D food printing with chocolate using technical vision.

Key words: Keywords: 3D printing, chocolate, food additive technologies, automated control of 3D printing.

*Аннотация.* Целью данной работы стала разработка классификации дефектов, возникающих в процессе 3D печати тонкостенных фигур из шоколадной глазури, а также выявление причин их возникновения. В статье были изучены результаты проводимых ранее экспериментов, по итогам которых было выявлено 5 классов различных дефектов: переохлаждение, перегрев, неравномерная экструзия, пропуск экструзии и полное прекращение подачи. Для каждого типа дефектов установлены причины возникновения и характерные признаки, позволяющие их классифицировать. Предложенная классификация необходима при создании набора данных, требуемого для обучения свёрточной нейронной сети. Результаты работы будут использованы в процессе реализации системы автоматизированного контроля за процессом пищевой 3D печати шоколадом с использованием технического зрения.

*Ключевые слова:* 3D печать, шоколад, пищевые аддитивные технологии, автоматизированный контроль 3D печати.

## Введение

Технология пищевой 3D печати шоколадом позволяет создавать авторские десерты с необычным внешним видом и уникальным дизайном. Традиционно изделия из шоколада создаются вручную, при помощи литья в специальные формы, что довольно трудоёмко и затратно при изготовлении единичных заказов. Благодаря возможности 3D принтера напечатать изделие практически любой формы, применение пищевых аддитивных технологий может значительно сэкономить время создания персонализированной продукции [1, 2]. 3D печать шоколадом находит своё применение в кулинарном и кондитерском искусстве, а также на мероприятиях и праздниках, где гости могут увидеть и попробовать необычные десерты, созданные с помощью аддитивных технологий [3].

В процессе 3D печати шоколадных моделей возможно появление различных дефектов, которые влияют на качество конечного продукта. В первую очередь потребитель визуально оценивает блюдо, а внешний вид является органолептическим показателем качества, который играет решающую роль. От того, насколько привлекательным получится десерт, будет зависеть желание клиента его приобрести. Наихудшие результаты печати могут содержать сильную деформацию изделия, неров-

ности и неоднородности на его поверхности, а также седину, что в совокупности приводит к потере деталей дизайна или общему ухудшению внешнего вида продукта.

В основном дефекты возникают из-за реологических свойств сырья, некорректно подобранных параметров печати и из-за влияния параметров окружающей среды. Попытки решения данной проблемы были рассмотрены в других исследованиях [4, 5]. Большинство решений подразумевает разработку специализированных материалов для печати или применение пищевых добавок для стабилизации свойств печатаемого материала. Некоторые исследования направлены на подбор режимов печати и сырья [6]. В одной из предыдущих работ [7] была предложена идея разработки системы автоматизированного контроля за процессом пищевой 3D печати шоколадом и шоколадной глазурью. Одним из компонентов такой системы является модуль обнаружения дефектов, возникающих в процессе печати. Понимание характера дефекта и причины его возникновения необходимы для исправления результата печати в режиме реального времени. Задачу распознавания дефектов и их классификации способны решать свёрточные нейронные сети, работающие с изображениями. Но для обучения нейронных сетей необходим набор классифицированных изображений, отобранных по определённым признакам.

Таблица 1.

Параметры печати образцов

№	$T_{extr}$ , °C	h, мм	t, мин	V, мм/с	№	$T_{extr}$ , °C	h, мм	t, мин	V, мм/с	№	$T_{extr}$ , °C	h, мм	t, мин	V, мм/с
6	40	0.2	29:18	-	24	36	0.4	15:22	12	13	36	0.2	16:25	18
8	38	0.2	29:18	-	18	36	0.3	21:53	10	15	36	0.2	14:48	20
9	36	0.2	29:18	-	19	36	0.3	18:17	12	14	36	0.2	13:20	22
10	34	0.2	29:18	-	20	36	0.3	16:54	13	25	36	0.1	23:26	22
11	32	0.2	29:18	-	17	36	0.3	15:43	14	26	36	0.1	19:55	26
22	36	0.4	30:28	6	16	36	0.3	12:17	18	27	36	0.1	17:21	30
21	36	0.4	22:55	8	9	36	0.2	29:18	10	28	36	0.1	15:25	34
23	36	0.4	18:23	10	12	36	0.2	21:10	14	29	36	0.1	13:54	38

*Примечание.* Где  $T_{extr}$  — рабочая температура экструдера и колбы для хранения материала в °C; h — высота печатаемого слоя в мм; t — общее время печати образца в мин; V — линейная скорость нанесения материала в мм/сек.

Цель данной работы заключается в разработке классификации наиболее распространённых дефектов 3D печати шоколадной глазурью и указанием причин их возникновения.

#### Методика исследования

В качестве образцов 3D печати для дальнейшего изучения были использованы материалы одной из предыдущих работ [8]. Фигуры печатались из шоколадной глазури марки «Belgostar». Был проведён визуальный анализ каждого образца и выделены основные признаки, характеризующие каждый дефект. Затем, были сгруппированы, образцы имеющие схожие признаки дефектов, и проанализированы режимы печати. Дополнительно были изучены видеоматериалы экспериментов печати, в результате чего сделан вывод о причинах возникновения дефектов. Каждая группа получила наименование.

#### Результаты и анализ

Основные параметры печати образцов приведены в таблице 1. Стоит также отметить, что во время технологического процесса использовалось внешнее охлаждение зоны печати до температуры 13°C. Диаметр печатающего сопла был равен 0.8 мм.

Стоит сразу отметить, что в результате первичного подбора рабочей температуры экструдера для печати шоколадной глазурью, проявился самый первый тип дефекта «перегрев» модели (№1, №3, №4, рис. 1). Характерными признаками такого дефекта являются натёки и наплывы на модели. В процессе печати наносимый материал не успевал застыть, к тому моменту, когда начиналась печать следующего слоя. Это приводило к «просадке» наносимого материала и росту деформации периметра фигуры. Образовывались каплевидные и утолщённые натёки, а для удержания заданной формы материалу не хватало вязкости. Для исправления ситуации были предприняты различные меры: понижение температуры сырья; уменьшение высоты наносимого слоя, с целью уменьшения объёма охлаждаемого материала; снижение скорости нанесения материала, с целью увеличения времени охлаждения верхнего слоя; увеличение степени внешнего охлаждения.

После получения стабильных результатов печати, был найден нижний порог, при котором проявился противоположный дефект (№11, рис. 2). Контур фигуры полностью потерял свою целостность, а стенки фигуры были непоправимо разрушены. В момент печати было заметно, что сырьё становилось слишком вязким, и происходило «комкование» материала. Таким образом стен-

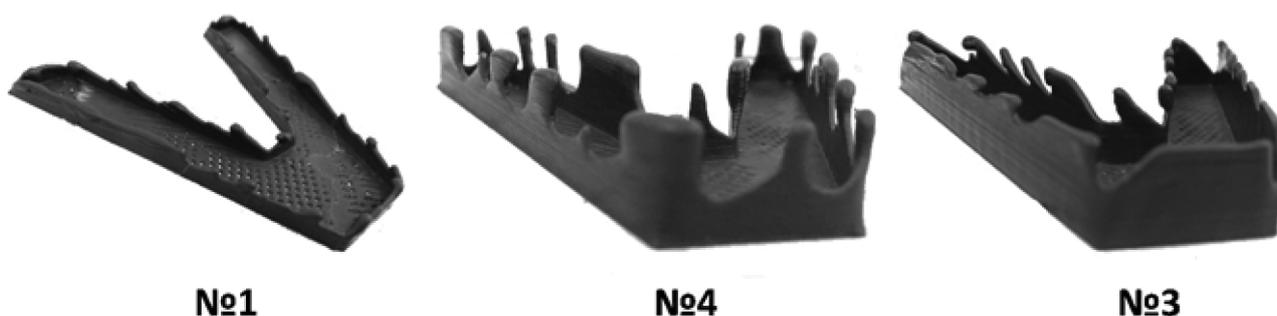


Рис. 1. Перегрев печатаемой модели

ки даже не были сформированы. Объясняется такой результат слишком низкой температурой экструдированного сырья в совокупности с интенсивным внешним охлаждением. Это повлекло за собой чрезмерное увеличение вязкости материала, в результате чего его свойства изменились. Описанный дефект можно назвать «переохлаждением» печатаемой модели.



Рис. 2. Переохлаждение печатаемой модели

Экспериментальным путём была подобрана минимальная рабочая температура  $T_{extr} = 36^{\circ}\text{C}$ , при которой изделие получалось напечатать полностью (№8, №12, №18, №22, рис. 3). Дальнейшее изменение настроек печати было направлено на оптимизацию процесса с целью увеличения скорости выращивания трёхмерного изделия.

В ходе проводимых экспериментов были обнаружены и другие виды дефектов. На стенках некоторых образцов появлялась волнистость или рябь вызванные **неравномерной экструзией** (№14, №16, №26, рис. 4). При анализе настроек печати замечено, что появле-

ние такого рода дефектов характерно при увеличении линейной скорости нанесения материала, а также при уменьшении высоты наносимого слоя. Стоит заметить, что диаметр сопла оставался неизменным и равным 0.8мм. При уменьшении высоты наносимого слоя объём выдавливаемого материала пропорционально уменьшался. При значительном снижении объёма шоколадной массы, подаваемой через печатающее сопло, движение потока становилось похоже на последовательность поочерёдно выдавливаемых капель. Непрерывность потока нарушалась и возникала периодичность при осаждении материала на поверхности изделия. Таким образом прямая стенка становилась волнистой, а её толщина становилась переменной.

Предотвратить возникновение таких дефектов возможно путём увеличения высоты наносимого слоя, или увеличением коэффициента подачи.

При печати некоторых образцов (рис. 5) возникали пропуски экструзии — состояние кратковременного прекращения подачи наносимого материала, с последующим возобновлением печати. Это приводит к образованию локальных дефектов на текущем слое, которые впоследствии оказывают влияние на укладку следующих слоёв. Дальнейшее поведение дефекта зависит от степени «устойчивости» системы. Дефекты могут быть «затухающими» (№19, №20, рис. 5) и полностью исчезать во время печати, а могут быть «незатухающими» и даже «возрастающими» (№12, №23 рис. 5). Обычно при корректно настроенных параметрах печати такие дефекты уменьшались с каждым новым слоем, вплоть до их полного исчезновения. Однако, если печать осуществлялась на границе «правильности» настроек, возникновение пропуска экструзии приводило к дальнейшему росту дефектов и деформации определённого участка модели.



Рис. 3. Успешно напечатанные модели

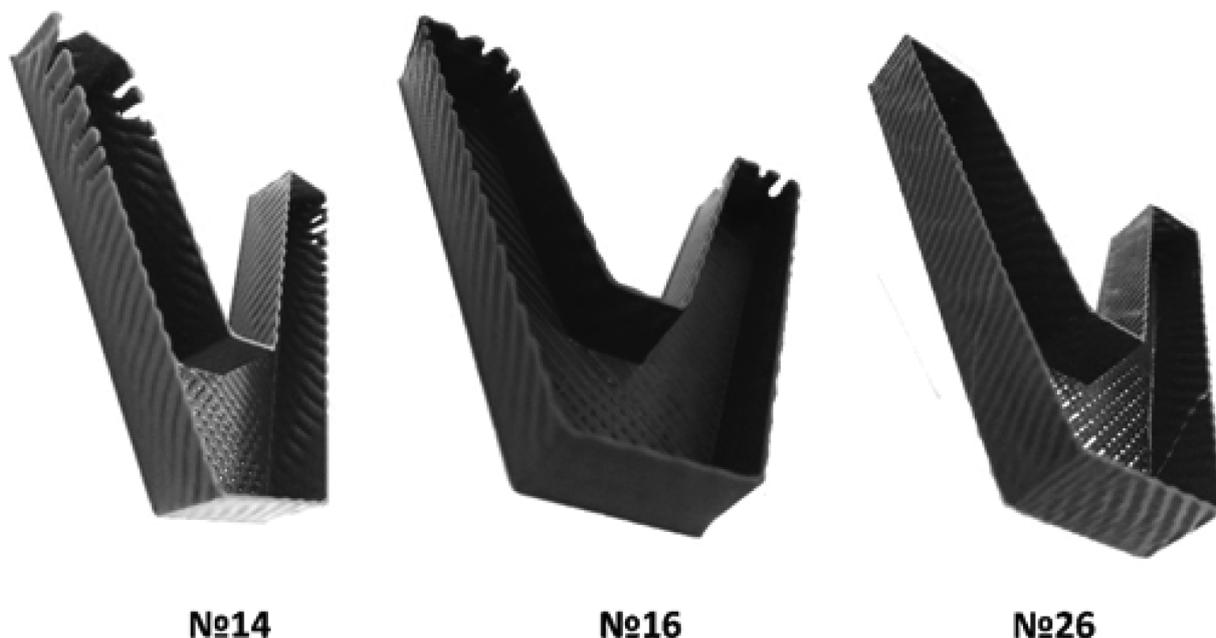


Рис. 4. Неравномерная экструзия материала

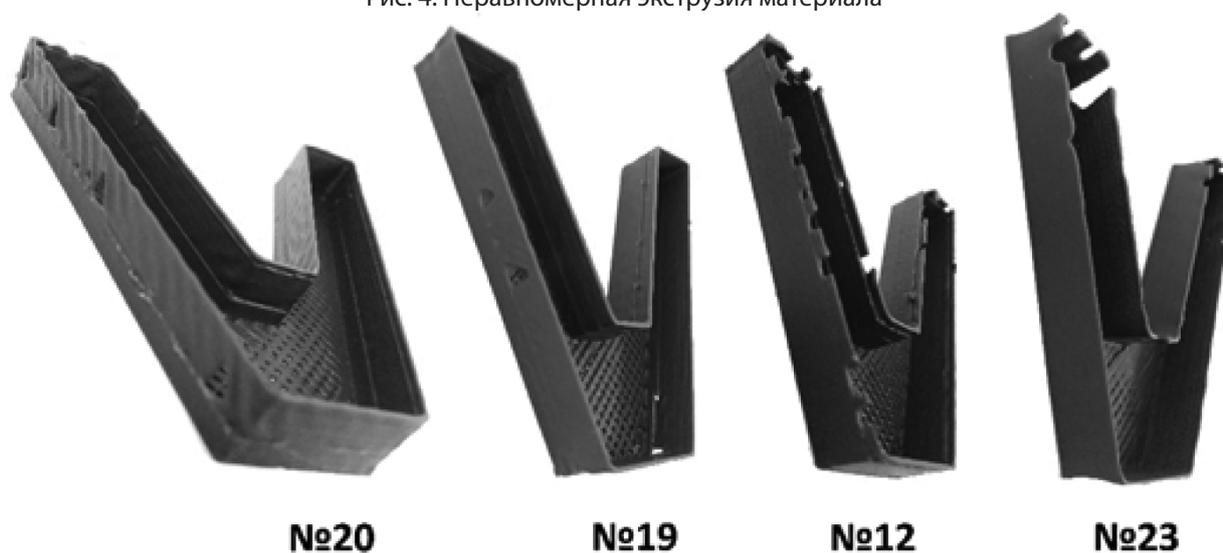


Рис. 5. Пропуск экструзии

Пропуски экструзии обусловлены наличием примесей или пузырьков воздуха в жидком сырье. Это указывает на ошибки, совершенные при подготовке шоколадной массы к печати.

В редких случаях возможно полное прекращение подачи, возникающее по тем же причинам или из-за не правильного расчёта требуемого сырья. При такой проблеме изделие уже точно становится бракованным и не подлежит исправлению.

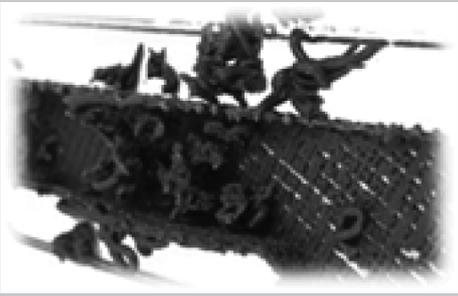
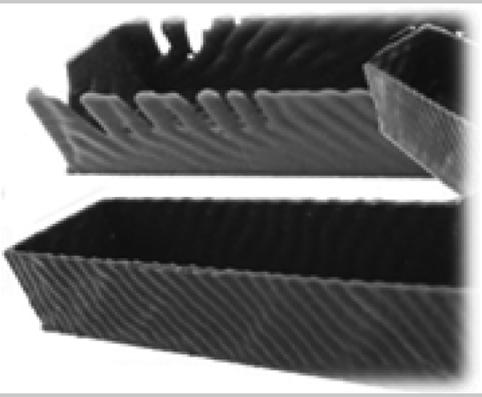
В таблице 2 представлены выявленные типы дефектов, указаны характерные признаки и причины их возникновения.

#### Заключение

В результате исследования предложена классификация дефектов 3D печати тонкостенных фигур из шоколадной глазури, с указанием наиболее вероятных причин их возникновения. Дальнейшая работа будет направлена на создание набора классифицированных данных для обучения свёрточной нейронной сети. Исследование представлено, как один из этапов разработки системы автоматизированного контроля за процессом пищевой 3D печати шоколадом и шоколадной глазурью.

Таблица 2.

## Классификация дефектов

№	Тип дефекта	Характерные признаки	Причины возникновения
1	Переохлаждение		<ul style="list-style-type: none"> <li>— Низкая температура печатающей головки</li> <li>— Высокая интенсивность охлаждения</li> </ul>
2	Перегрев		<ul style="list-style-type: none"> <li>— Высокая температура экструдера</li> <li>— Высокая скорость нанесения материала</li> <li>— Малая площадь слоя</li> </ul>
3	Неравномерная экструзия, волнистая стенка		<ul style="list-style-type: none"> <li>— Критически малый объем подаваемого материала</li> <li>— Высокая скорость нанесения</li> <li>— Несопоставимо большой диаметр сопла по отношению к высоте наносимого слоя</li> </ul>
4	Пропуск экструзии		<ul style="list-style-type: none"> <li>— Неоднородная структура сырья</li> <li>— Наличие примесей или пузырьков воздуха</li> </ul>
5	Отсутствие подачи	Экструдер перемещается в холостую. Модель не строится.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Возникновение пробки из-за низкой температуры</li> <li>— Наличие примесей в сырье</li> <li>— Отсутствие материала</li> </ul>

---

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Tan, W.Y. Toh, G. Wong, L. Li, Extrusion-based 3D food printing — Materials and machines. *International Journal of Bioprinting*, 2018. Vol. 4 (2). P. 1-13. doi:10.18063/IJB.v4i2.143
2. S. Portanguen, P. Tournayre, J. Sicard, T. Astruc, P. S. Mirade. Toward the design of functional foods and biobased products by 3D printing: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2018. Vol. 86 (5). P. 188–198. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.023
3. P. Pitayachaval, N. Sanklong, and A. Thongrak, «A Review of 3D Food Printing Technology», *MATEC Web Conf.*, vol. 213, p. 01012, Oct. 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821301012
4. Lanaro M., Desselte M.R., Woodruff M.A. 3D Printing Chocolate. *Fundamentals of 3D Food Printing and Applications*, 2019. P. 151–173. doi:10.1016/b978-0-12-814564-7.00006-7
5. Mantihal S., Prakash S., Godoi F.C., Bhandari B. Optimization of chocolate 3D printing by correlating thermal and flow properties with 3D structure modeling. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.012>
6. I.A. Ferreira, J.L. Alves. Low-cost 3D food printing. *Ciencia e Tecnologia dos Materiais*, 2017. Vol. 29 (1). P. 265–269. doi:10.1016/j.ctmat.2016.04.007
7. Шибанов Э.Д., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М. Обзор систем технического зрения, применяемых в 3D-печати. Цифровизация агропромышленного комплекса: Сборник научных статей II международной научно-практической конференции в 2-х т., Тамбов, 21–23 октября 2020 года. Том I, 2020. — С. 264–268. — EDN MEUCTU.
8. Благовещенский И.Г., Шибанов Э.Д., Загородников К.А. Оптимизация 3D печати на примере использования шоколадной глазури. *Пищевая Промышленность*, 2020, №12, С. 70–73. doi.org:10.24411/0235-2486-2020-10147

---

© Шибанов Эдуард Дмитриевич (ShibanovED@mgupp.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРИМЕНЕНИЕ НАВИГАЦИОННОГО ШАБЛОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ СИНУС-ЛИФТИНГА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ

### THE USE OF A NAVIGATION TEMPLATE FOR THE SINUS-LIFTING PROCEDURE DURING IMPLANTATION

**S. Alieva**

*Summary.* The article is devoted to the use of a navigation template for the procedure of sinus lifting during implantation. The relevance of the use of sinus-lifting surgical operations with simultaneous installation of implants is shown. The requirements for performing a preoperative examination using X-ray diagnostic methods, in particular computed tomography methods, are disclosed. The necessity of using a navigation template is noted. A clinical case of the use of the navigation template method for open sinus lifting with simultaneous implantation is described. It is concluded that high-quality preoperative planning, the use of computed tomography, the use of a navigation template allows for the surgical intervention of sinus lifting with high efficiency.

*Keywords:* implantation, navigation template, bone reconstructive plastic surgery, open sinus lifting, computed tomography.

**Алиева Севиндж Паша кызы**

Ассистент, ФБГОУ ВО Первый Санкт-Петербургский  
государственный медицинский  
университет им. И.П. Павлова  
alievasp22@gmail.com

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам использования навигационного шаблона для проведения процедуры синус-лифтинга при имплантации. Показана актуальность применения хирургических операций синус-лифтинга с одномоментной установкой имплантатов. Раскрыты требования к выполнению дооперационного обследования с использованием рентгенологических методов диагностики, в частности методов компьютерной томографии. Отмечена необходимость использования навигационного шаблона. Описан клинический случай применения метода навигационного шаблона для проведения открытого синус-лифтинга с одномоментной имплантацией. Сделан вывод о том, что качественное предоперационное планирование, использование метода компьютерной томографии, применение навигационного шаблона позволяет проводить оперативное вмешательство синус-лифтинга с высокой эффективностью.

*Ключевые слова:* имплантация, навигационный шаблон, костно-реконструктивная пластика, открытый синус-лифтинг, компьютерная томография.

**В** настоящее время в стоматологической практике актуальным становится проведение хирургических операций по установке имплантатов, осложненных анатомическими особенностями костной ткани и дефектами зубного ряда. В ряде случаев имплантация невозможна без предваряющей реконструктивной операции по восстановлению объема костной ткани. Поэтому в стоматологической практике находят применение различные хирургические методики костной пластики, одной из которых является синус-лифтинг. К настоящему времени накоплен клинический опыт успешных хирургических вмешательств по установке имплантатов с одномоментными операциями закрытого или открытого синус-лифтинга [1, 4].

Процедура синус-лифтинга имеет определенные требования к выполнению адекватного дооперационного обследования с использованием рентгенологических и эндоскопических методов, что позволяет осуществить профилактику интра- и послеоперационных осложнений после проведения хирургического вмешательства. Следует отметить, что рентгенологические методы исследования в стоматологии остаются приоритетными клиничко-лабораторными методами диагностики за счет информативности и быстрого получения высококачественных результатов. Инновационными методами диа-

гностики в стоматологии, которые широко внедрены в современную практику является компьютерная томография [2, 4].

Сложность для проведения синус-лифтинга с одномоментной имплантацией связана с тем, что необходимыми являются правильное планирование расположения имплантатов в костной ткани, визуальный контроль при их установке на основе клинического опыта и рентгенологического исследования. В связи с этим для проведения процедуры синус-лифтинга при имплантации необходимым является использование навигационного шаблона. Навигационный протокол имплантации позволяет обеспечить точное позиционирование имплантата и выполняется с помощью хирургических шаблонов [3].

В этой связи важным становится анализ клинического опыта хирургических операций с использованием навигационного шаблона для проведения процедуры синус-лифтинга при имплантации. Цель исследования: применить метод навигационного шаблона для проведения открытого синус-лифтинга с одномоментной имплантацией. Объект исследования: пациентка, 39 лет с диагнозом вторичная частичная адентия в области 14, 15, 16 зубов.

Клиническая картина пациентки на основе осмотра полости рта показала санацию зубов, состояние слизистой оболочки полости рта без изменений, глубина преддверия в норме. Результаты компьютерной томографии (КТ) показали следующую картину: толщина альвеолярного отростка 10 мм; плотность костной ткани 800; границы и форма верхнечелюстной пазухи воронкообразной формы с наличием области снижения высоты костной ткани вследствие перфорации верхнечелюстного синуса и его закрытия 8 месяцев назад; нижний край верхнечелюстной пазухи в позиции 16 зуба находится на высоте 3,2 мм от нижнего края альвеолярного отростка, нижний край верхнечелюстной пазухи в позиции 14 зуба — на высоте 7,6 мм. (Рис. 1).



Рис. 1. Клиническая картина по результатам КТ

Полученные данные позволили принять решение о проведении открытого синус-лифтинга с одномоментной имплантацией с использованием навигационного шаблона. Травматичность хирургической операции заключалась в откидывании трапецевидного лоскута с созданием латерального окна. В качестве методики костно-реконструктивной пластики использовался открытый синус-лифтинг с увеличением высоты альвеолярного отростка с использованием резорбируемой мембраны и ксенографта.

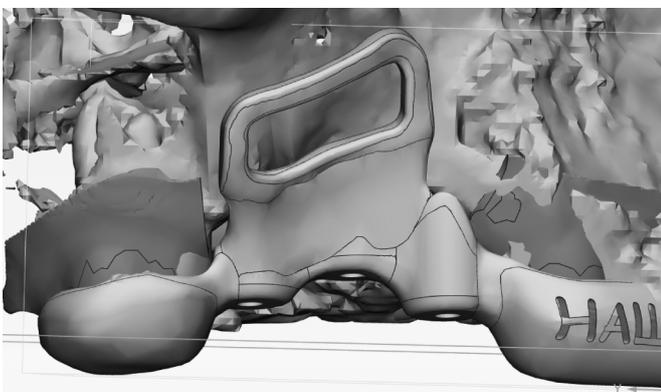


Рис. 2. Навигационный шаблон для синус-лифтинга

В ходе виртуального планирования оперативного вмешательства с использованием компьютерной томографии был изготовлен навигационный шаблон для синус-лифтинга с латеральным окном и ОАС (Рис. 2).

В процессе виртуального планирования процедуры проведения открытого синус-лифтинга с одномоментной имплантацией с использованием навигационного шаблона были выставлены позиции будущих имплантатов (Рис. 3).

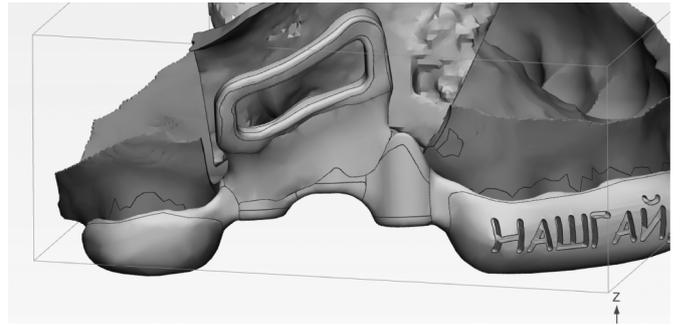


Рис. 3. Позиционирование навигационного шаблона в полости рта

На рисунке 4 представлены вид латерального окна и ОАС.

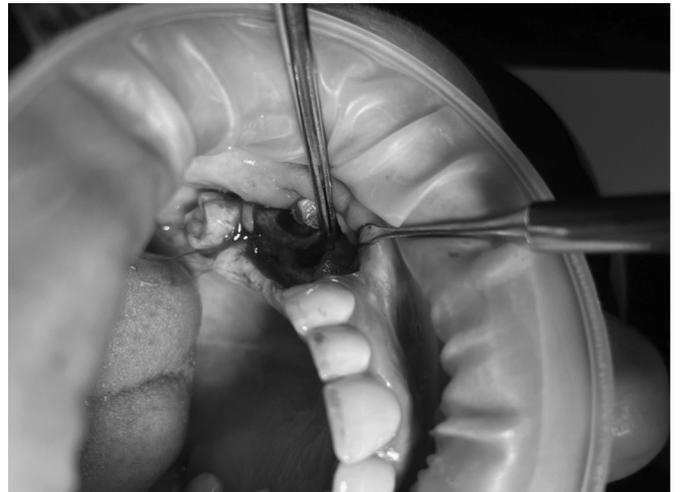


Рис. 4. Латеральное окно и ОАС

В ходе дальнейших действий была проведена стандартная процедура открытого синус-лифтинга, включающая поднятие слизистой верхнечелюстного синуса специальными инструментами и укладку в образованное окно ксенографта, который выступал в качестве остеопластического материала. Для создания ложа под имплантат шаблон повторно устанавливался в полости рта в позиции 14,16 с торком 35 Нсм. После этого было проведено перекрытие резорбируемой мембраной и ушивание операционного поля. Длительность оперативного вмешательства — 40 минут.

По результатам КТ после проведения процедуры открытого синус-лифтинга высота костной ткани в позиции 16 зуба — 14 мм, в позиции 14 зуба — 12,8 мм. В области ОАС полное закрытие (Рис. 5).

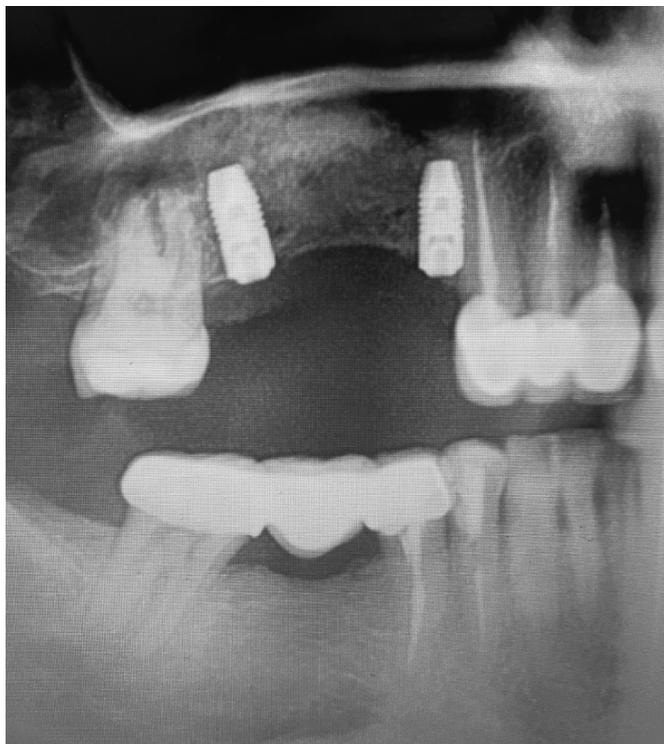


Рис. 5. Результаты КТ после проведения процедуры открытого синус-лифтинга

После оперативного вмешательства успешно пройден реабилитационный этап без осложнений и отеков. На 3 сутки слизистая полости рта была без признаков гиперемии. Через 4 месяца проведено рациональное протезирование, в ходе которого имплантаты хорошо остеоинтегрированы (Рис. 6).



Рис. 6. Результаты имплантации после проведения процедуры открытого синус-лифтинга с применением навигационного шаблона

Таким образом, проведение процедуры синус-лифтинга с установкой имплантатов основывается на качественном предоперационном планировании, использовании эффективных средств диагностики, в частности КТ, которые повышает точность оперативного вмешательства, а также на применении навигационных шаблонов, что позволяет проводить оперативное вмешательство с высоким качеством полученных результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колганов И.Н. Клинико-функциональное обоснование способа дентальной имплантации при атрофии альвеолярного отростка верхней челюсти с использованием синус-лифтинга: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 3.1.7. — Самара, 2022. — 25 с.
2. Петренко К.А. Перспективные методы рентгенологического исследования в стоматологии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 1, Ч. 4. — С. 32-35.
3. Тарасенко С.В. Использование навигационных хирургических шаблонов при дентальной имплантации у пациентов с частичной вторичной адентией / С.В. Тарасенко, С.В. Загорский // Клиническая стоматология. — 2018. — 4 (88). — С. 18-21.
4. Щепляков Д.С. Профилактика операционных и послеоперационных осложнений открытого синус-лифтинга у больных с атрофией альвеолярного отростка верхней челюсти и дефектами зубных рядов: дис. ... кандидата медицинских наук: 14.01.14. — Краснодар, 2019. — 151 с.

© Алиева Севиндж Паша кызы (alievasp22@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА В ПОСТКОВИДНОМ ПЕРИОДЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Дерешева Дарья Александровна**

к.м.н., ассистент, Новосибирский Государственный  
Медицинский Университет  
one.d@mail.ru

**Яхонтов Давыд Александрович**

д.м.н., профессор, Новосибирский Государственный  
Медицинский Университет

### ISCHEMIC HEART DISEASE IN THE POST-COVID PERIOD (LITERATURE REVIEW)

**D. Derisheva  
D. Yakhontov**

*Summary.* Coronavirus disease is recognized as a multisystem disease. Infection with the SARS-CoV-2 virus induce host immune responses that can have systemic effects through activation of inflammatory pathways, hypercoagulability, endothelial cell dysfunction, and thromboembolism with potential target organ damage, including cardiovascular system. From the first days of pandemic, it was clear that SARS-CoV-2 in acute phase can damage the heart and blood vessels.

While acute COVID-19 infection has been associated with new onset coronary artery disease, long-term outcomes (up to one year of coronary artery disease infection) have not been fully studied and analyzed. In addition, how the virus causes long-term damage to the heart and blood vessels remains a subject of debate and active research.

Presented literature review reflects the current state of practical directions in study of COVID-19 impact on the development of cardiovascular diseases in long term in general and in coronary artery disease in particular.

*Keywords:* ischemic heart disease, Infection SARS-CoV-2 coronavirus disease, post-COVID period, COVID-19, cardiovascular complications.

*Аннотация.* Коронавирусная болезнь признана мультисистемным заболеванием. Заражение вирусом SARS-CoV-2 вызывает иммунные реакции хозяина, которые могут иметь системные эффекты за счет активации воспалительных путей, гиперкоагуляции, дисфункции эндотелиальных клеток и тромбоэмболии с потенциальным поражением органов-мишеней, включая сердечно-сосудистую систему. С самого начала пандемии было ясно, что SARS-CoV-2 может влиять на сердце и кровеносные сосуды.

В то время как острая инфекция COVID-19 была связана в том числе и с впервые возникшими сердечно-сосудистыми заболеваниями, долгосрочные результаты оценки состояния сердечно-сосудистой системы после заражения изучены и проанализированы не в полной мере. Кроме того, предметом дискуссий и активных исследований остается то, как вирус вызывает долговременное повреждение сердца и кровеносных сосудов.

В представленном обзоре отражено современное состояние практических направлений исследования влияния COVID-19 на развитие сердечно-сосудистых заболеваний в отдаленном периоде в целом и ишемической болезни сердца, в частности.

*Ключевые слова:* ишемическая болезнь сердца, инфекция SARS-CoV-2, постковидный период, COVID-19, сердечно-сосудистые осложнения.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из наиболее распространенных причин преждевременной смерти и инвалидности населения, и их число постепенно растет [1]. Наиболее распространенными типами ССЗ являются артериальная гипертензия, инсульт, ишемическая болезнь сердца (ИБС), хроническая сердечная недостаточность и нарушение свертывания крови.

Ишемическая болезнь сердца представляет собой хроническое заболевание, обусловленное несоответствием между потребностью сердечной мышцы в кислороде и его доставкой, приводящее к нарушениям функций сердца и являющееся основной причиной смерти во всем мире [2]. Одним из основных заболеваний, главным образом определяющих смертность больных ИБС, является острый инфаркт миокарда (ОИМ), который возникает в результате резкой окклюзии эпикардиальной коронарной артерии вследствие внезапного разрыва атеросклеротической бляшки и формирования некроза [3]. Множественные факторы риска, включая дислипидемию, гипергликемию, повышение провоспалительных цитокинов и курение, способствуют прогрессированию

атеросклеротического поражения коронарного русла [4].

В конце 2020 г. в медицинском сообществе появился новый термин «постковидный синдром» (post-COVID-19 syndrome), также известный как «long COVID» — мультисистемный симптомокомплекс, характеризующийся наличием симптомов, возникших в сроки более 12 недель с момента манифестации COVID-19, не связанных с иными заболеваниями [5]. Распространенность данного синдрома достигает более 30 % среди пациентов, перенесших COVID-19 [6,7]. Тяжесть течения данного синдрома нередко взаимосвязана с верифицированными ССЗ, поскольку у них может ухудшаться прогноз в сравнении с пациентами, без кардиоваскулярной патологии, перенесшими COVID-19 [8].

В начальной стадии ишемии миокарда недостаток снабжения кислородом и питательными веществами приводит к биохимическим и метаболическим изменениям в миокарде. Дефицит кислорода переключает аэробный клеточный метаболизм на анаэробный и нарушает путь окислительного фосфорилирования, что

в конечном итоге приводит к снижению продукции и ингибированию сократительной функции кардиомиоцитов [4].

В исследовании Старичковой А.А. и соавт. при оценке кардиологических и метаболических особенностей постковидного синдрома у пациентов пожилого и старческого возраста, имеющих коморбидные заболевания, через 20–24 недель с момента дебюта COVID-19 выявлены неблагоприятные кардиометаболические сдвиги у пациентов 60–89 лет с АГ, ИБС, ФП, СД 2 типа и анамнезом SARS-CoV-2-инфекции, в том числе проатерогенные липидные нарушения, гипергликемия, почечная дисфункция, высокое пульсовое АД и более высокая ЧСС [9].

Ранее существовавшая гипертония и ишемическая болезнь сердца связаны с более тяжелым течением заболевания и большей смертностью при острой инфекции COVID-19 [10].

Госпитализация по поводу COVID-19 была определена как фактор риска осложненного течения ССЗ и связана с повышенным долгосрочным риском их развития [8]. Миокард при длительно персистирующей коронавирусной инфекции может подвергаться более высокому риску воспаления, что снижает ее способность удовлетворять повышенные потребности в кислороде. Так, например, 21 % ранее госпитализированных пациентов с COVID-19 все еще испытывали боль в грудной клетке через 60 дней после появления симптомов [4]. Через 6 месяцев после заражения 9 % ранее госпитализированных пациентов с COVID-19 продолжают испытывать учащенное сердцебиение, а еще 5 % испытывают боль в груди; у 54 % пациентов выявлена ишемия миокарда [5]. В крупном исследовании авторы показали, что исходы ССЗ, включая ОКС и тромботические осложнения, могут оставаться повышенными в течение 49 недель после заражения COVID-19 [11].

В исследовании Xie Y. et al. продемонстрировали, что перенесенная инфекция COVID-19 вызывает долгосрочный постковидный риск увеличения частоты развития аритмий, ИБС, миокардита, перикардита, ишемического инсульта и венозной тромбоэмболии. Углубленный анализ показал, что люди, переболевшие COVID-19, подвергаются повышенному риску развития сердечно-сосудистых осложнений в течение от одного месяца до года после заражения. По сравнению с участниками контрольных групп, не переносившие ранее COVID-19, лица переболевшие COVID-19, на 72 % чаще страдали ИБС и на 52 % чаще были подвержены ишемии мозга [12].

Авторы из Вашингтонского университета и системы здравоохранения Администрации ветеранов в Сент-Луисе, штат Миссури, сообщили в Nature Medicine, что через год после заражения Covid-19 люди подвергались

более высокому риску сердечно-сосудистых заболеваний, включая цереброваскулярные расстройства, аритмии, ишемическую и неишемическую болезнь сердца, перикардит, миокардит, сердечную недостаточность и тромбоэмболические заболевания. Даже те, кто не был госпитализирован с Covid-19, подвергались риску этих проблем. [13].

У пациентов, перенесших COVID-19, по данным магнитно-резонансной томографии были описаны индуцируемые региональные стрессовые нарушения перфузии глобального перфузионного резерва миокарда, достоверное увеличение коронарного синусового кровотока в покое и уменьшение коронарного синусового потока во время стрессовой активности по сравнению с контролем, некоторые из которых, как полагают, отражают скрытую ранее существовавшую ИБС [14]. На основании вышеизложенного авторы пришли к выводу, что у пациентов в постковидном периоде имеется повреждение микрососудов сердца, которое может спровоцировать серьезные сердечно-сосудистые события и это является одной из причин, объясняющих сохранение утомляемости и одышки. Глобальный индуцируемый дефицит перфузии и повреждение ЛЖ могут быть вызваны системной гипоперфузией во время острого заболевания COVID-19 средней и тяжелой степени [15]. По данным Wang H. Et al повреждение миокарда имелось у 30 % пациентов в течение 3 месяцев наблюдения после перенесенного острого COVID-19. У этих пациентов наблюдалось снижение пикового глобального окружного напряжения ЛЖ и пиковых нагрузок на ПЖ [16]. Тяжесть острой инфекционной фазы коррелировала с увеличением частоты и бремени сердечно-сосудистых осложнений, в том числе ИБС, развившихся в постковидном периоде. Скорректированные коэффициенты частоты неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов в постковидном периоде были значительно выше, чем в когорте не переболевших ранее COVID-19 пациентов [17].

По данным регистра АКТИВ для пациентов, перенесших COVID-19, характерны длительное сохранение симптомов и частая повторная обращаемость за внеплановой медицинской помощью, включающая повторные госпитализации. Наиболее частыми причинами внепланового обращения за медицинской помощью являются неконтролируемая артериальная гипертензия, дестабилизация хронической ИБС и/или декомпенсация сахарного диабета 2 типа (СД 2). В постгоспитальном периоде в течение 3 и 6 месяцев наблюдения у 5,6 % и 6,4 % пациентов соответственно были диагностированы новые случаи АГ, СД 2 и ИБС. Летальность пациентов в постковидном периоде составила 1,9 % в первые 3 месяца наблюдения и 0,2 % в последующие 4–6 месяцев наблюдения. Наибольший уровень летальности наблюдался в первые 3 месяца в группе пациентов с хронической сердечной недостаточностью II–IV функционального

класса, а также у пациентов с сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями. В структуре причин летального исхода на протяжении всего постковидного периода преобладали сердечно-сосудистые причины (31,8 %): острый коронарный синдром, инсульт и острая сердечная недостаточность [8].

Частота повреждения сердца у умерших от COVID-19 пациентов составляла около 28–89 % [18;19] и в несколько раз превышал показатели у выживших постковидных больных. Однако даже пациенты с относительно легкими случаями перенесенного COVID-19, могут иметь повышенный риск ССЗ в будущем. Так, результаты исследований, изучавшие отдаленные последствия COVID-19, указывают на значительный риск сердечно-сосудистых осложнений, особенно сердечной недостаточности (СН) и фибрилляции предсердий, даже у пациентов, не нуждавшихся ранее в госпитализации [20]. Долгосрочные осложнения COVID-19 были изучены у более чем 180 000 человек перенесших COVID-19 по данным базы данных Министерства по делам ветеранов США [21]. Все выздоравливающие пациенты с COVID-19 перенесли легкое острое заболевание со средним временем наблюдения 126 дней после появления симптомов. Диагноз COVID-19 в анамнезе был связан с развитием артериальной гипертензии, аритмиями, болью в груди, коронарным атеросклерозом и сердечной недостаточностью в течение года после острого COVID-19. У пациентов с ССЗ и COVID-19, которые пребывали на стационарном лечении в отделениях интенсивной терапии, были выявлены более высокие показатели смертности и больший процент осложнений во время наблюдения после выписки.

Частота коронарных синдромов у вакцинированных пациентов с заболеваниями сердца была ниже, чем у невакцинированных пациентов с, что является одним из других симптоматических преимуществ вакцинации [22].

Фактически, у 2,5–10,5 % пациентов с постковидным синдромом есть вероятность развития или осложненного течения существующей ранее ИБС [23]. Имеющиеся данные подтверждают вероятность наличия высокого риска развития сердечно-сосудистых постковидных осложнений даже среди лиц, которым не требовалась госпитализация в острой фазе течения COVID-19 [19], что было подтверждено в исследованиях меньшего масштаба и вызывает опасения — сердечно-сосудистые заболевания могут возникнуть у пациентов, которые перенесли только легкую или даже бессимптомную форму COVID-19 [24].

В настоящее время механизмы влияния вируса SARS-CoV-2 на развитие ССЗ в постковидном периоде остаются дискуссионными. Гипотезы о механизме повреждения миокарда включают прямую вирусную инфильтрацию

и аутоиммунную дисрегуляцию. Длительный постковидный синдром ассоциируется с персистирующей ишемией миокарда у пациентов, не имевших в анамнезе ИБС, предсердных и желудочковых аритмий, а также с развитием впервые возникшей сердечной недостаточности у ранее здоровых пациентов [25]. SARS-CoV-2 может непосредственно поражать эндотелий сосудов, где микротромбоз и эндотелиит могут привести к дисфункции эндотелия, микроинфарктам и дефициту перфузии. В настоящее время неясно, могут ли длительные нарушения коронарного микроциркуляции быть прямым результатом COVID-19 [26].

Сердечно-сосудистые заболевания и такие как АГ, ИБС и цереброваскулярные заболевания, связаны в первую очередь с обменными процессами. Было показано, что уровни сердечного тропонина линейно коррелируют с концентрацией С-реактивного белка, что указывает на тесную связь острой сердечной травмы с системным воспалением, в связи с чем одним из возможных механизмов поражения ССС в постковидном периоде является воспаление эндотелиальных клеток сосудов [27]. Кроме того, прямое инфицирование эндотелиальной выстилки может привести к васкулиту и апоптозу. В результате открытая субэндотелиальная поверхность способствует агрегации тромбоцитов в попытке восстановить повреждение сосудов. Однако даже при отсутствии прямой эндотелиальной инвазии высокие уровни воспалительных цитокинов способны нарушать эндотелиальную функцию за счет увеличения количества молекул адгезии, тем самым способствуя тромбогенным процессам после перенесенного вирусного поражения ССС [28]. Хотя весьма вероятно, что воспаление играет роль в сердечно-сосудистых событиях, наблюдаемых у перенесших COVID-19, до сих пор остается не в полной мере изученным, почему некоторые люди продолжают подвергаться повышенному риску развития и более тяжелому течению ИБС еще на протяжении достаточно длительного времени после выздоровления [29]. Была выдвинута гипотеза о том, что организм пациента после перенесенного заболевания может не в полной мере элиминировать вирусный компонент, который латентно оказывает влияние на органы-мишени. Предложен перечень потенциальных механизмов, включающих длительное повреждение от прямого проникновения вируса в сердечную мышцу, повышенные уровни провоспалительных цитокинов и хемокинов, такие как фактор некроза опухоли- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  и IL-6, которые, вызывая отрицательное инотропное действие на сократимость сердца и апоптоз кардиомиоцитов, приводят к инфаркту миокарда [30].

Ambrosino P. et al., которые провели исследование случай-контроль с участием 133 пациентов, обнаружили, что у пациентов, перенесших инфекцию COVID-19, определялась значительно более низкая поток-зави-

симая дилатация по сравнению с контрольной группой ( $3,2\% \pm 2,6$  против  $6,4\% \pm 4,1$   $p < 0,001$ ), что подтверждено при стратификации исследуемой популяции по возрасту и основным клиническим переменным. При этом у женщин наблюдались значительно более высокие значения поток-зависимой дилатации ( $6,1 \pm 2,9\%$ ) по сравнению с мужчинами ( $2,5 \pm 1,9$ ,  $p < 0,001$ ). Среди пациентов, перенесших COVID-19, показатели поток-зависимой дилатации выявили прямую корреляционную взаимосвязь с напряжением кислорода в артериальной крови ( $0,247$ ,  $p = 0,004$ ). Это позволяет предположить, что, хотя в исследовании изучалась динамика легочных сосудов и некоторые респираторные параметры, повреждение эндотелия могло быть связано с нарушениями в системе легочно-сердечного кровообращения [31].

В сыворотке пациентов, перенесших COVID-19, были обнаружены повышенные уровни цитокинов, в том числе проангиогенных MIP-1b, BDNF и VEGF [32]. Окислительный стресс от цитокинового шторма при активной инфекции может воздействовать на митохондрии клеток миокарда [33]. В дополнение к парасимпатической и симпатической дисфункции, вызванной окислительным стрессом, это может привести к изменениям частоты сердечных сокращений и артериального давления [34]. Приблизительно 5% пациентов в постковидном периоде испытывают боль в груди, а учащенное сердцебиение было зарегистрировано у 9% пациентов через 6 месяцев после наблюдения, что может быть связано с вегетативной дисфункцией [35]. Однако существует противоречивая совокупность данных о том, преобладает ли парасимпатическая или симпатическая дисфункция в клинической картине у пациентов с длительным течением COVID-19, испытывающих боль в груди и/или сердцебиение. Повреждение миокарда может привести к инфаркту миокарда и сердечной недостаточности, которые возникают остро, тогда как миокардит и перикардит могут развиваться подостро и хронически [36]. Является ли это достаточным для запуска сердечно-сосудистой дисфункции или указывает на воспаление, которое затем играет причинную роль в развитии ИБС, еще изучено не в полной мере.

Острое повреждение вирусом легких само по себе приводит к увеличению нагрузки на ССС, особенно у пациентов с ранее существовавшей сердечной недостаточностью. При этом известно, что острая пневмония потенциально может дестабилизировать миокардиальную функцию даже у пациентов без ССЗ в анамнезе. Имеются доказательства того, что тяжелый респираторный синдром может вызывать острую сердечную травму и хроническое нарушение миокардиальной функции после острого периода заболевания [37]. Острая дыхательная недостаточность вызывает гипоксемию и активирует симпатическую нервную систему, что увеличивает частоту сердечных сокращений, сердечный выброс и сокра-

тельную способность миокарда и приводит к увеличению потребности в кислороде. Этот дисбаланс может привести к повреждению миокарда или возникновению ИМ как в остром периоде COVID-19, так и на протяжении нескольких недель после выздоровления [38]. Следует уточнить, что возобновление кровотока в области ишемии может привести к реперфузионному повреждению миокарда. Этот парадоксальный механизм может быть ответственен за повышение уровня цитокинов, а основную роль в его возникновении играют биохимические и метаболические изменения, вызванные гипоксией [25]. В этом контексте представляется актуальной ассоциация некоторых часто встречающихся механизмов течения ССЗ у пациентов, перенесших COVID-19:

- ранее стабильная ИБС, ограничивающая перфузию миокарда;
- эндотелиальная дисфункция в коронарном микроциркуляторном русле;
- значительно повышенное артериальное давление в результате повышенного уровня циркулирующих ангиотензина II и катехоламинов;
- гипоксемия вследствие острого респираторного дистресс-синдрома или тромбоза легочных сосудов *in situ*. В случае сепсиса, повреждения легких и дыхательной недостаточности можно отметить значительное увеличение биомаркеров повреждения миокарда [38]. В другом исследовании было показано, что после перенесенной тяжелой инфекции COVID-19 с повышением уровня тропонина у части пациентов была верифицирована дестабилизация ишемической болезни сердца, а также у двух третей лиц не имели анамнеза ИБС до острого COVID-19. Представляют ли эти наблюдаемые результаты ранее существовавшее клинически скрытое заболевание или изменения, связанные с COVID-19 *de novo*, остаются неопределенными [39].

Выздоровевшие пациенты с COVID-19 могут иметь повышенные кардиометаболические потребности, как описано ранее у выживших после SARS-CoV-2, что приводит к снижению сердечного резерва и нарушению регуляции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. В качестве механизма развития отдаленных осложнений течения ИБС в постковидном периоде при этом могут быть названы гипоксия, дисбаланс цитокинов, усиление сердечного метаболизма и фиброз миокарда. Последний также может способствовать более дестабилизации ИБС, включая рецидивирующие случаи обострения и ухудшения патологического процесса [28]. Было уточнено, что перенесенная инфекция COVID-19 негативно влияет на течение существующей ранее ИБС, вызывая в постковидном периоде учащение приступов стенокардии, а также затрудняет терапию основного заболевания, поскольку объективная эффективность противоишемических и гиполипидемических препа-

ратов у пациентов с коморбидным ИБС постковидным синдромом, была существенно ниже, чем до заражения вирусом [40]. Также оказалось, что общесистемное влияние в рамках постковидного синдрома характеризуется неустойчивостью показателей артериального давления, частыми приступами стенокардии при минимальной нагрузке, беспричинной тахикардией, отеками конечностей. Реже впервые после перенесенного вирусного заболевания появлялись аритмии и миокардиты [40].

В качестве альтернативы, можно предположить, что методы лечения, используемые в острой фазе заболевания, могут иметь долгосрочные постковидные последствия. Так существуют данные о воздействии применения глюкокортикоидов у пациентов в острой фазе COVID-19. Количество новых случаев ССЗ увеличилось почти в 6 раз во время острого COVID-19 и почти на 50 % в подострый период COVID-19. Это увеличение было в значительной степени обусловлено диагнозами тромбоза легочной артерии, венозный тромбоз, инфаркт миокарда, инсульт и сердечная недостаточность [41]. Получены противоречивые результаты исследований по влиянию лечения сопутствующих заболеваний на течение кардиоваскулярной патологии и постковидный синдром. Так, если Zhang Y. et al. было показано, что высокая доза кортикостероидов может способствовать задержке натрия и воды у пациентов с СН, это в свою очередь может привести к ухудшению течения COVID-19 [42]. Pérez-Belmonte L.M. et al. получили данные о том, что терапия кортикостероидами была связана с более высоким уровнем внутрибольничной смертности и других неблагоприятных исходов у пациентов с СН, госпитализированных из-за COVID-19 [43]. То в исследовании Terlecki M. отмечено, что среди сердечно-сосудистых факторов риска и заболеваний СН и СД, по-видимому, увеличивали госпитальную смертность от COVID-19, тог-

да как применение сердечно-сосудистых препаратов ассоциировалось с более низкой смертностью [44].

### Заключение

Несмотря на то, что были получены эпидемиологические данные о снижении уровня новых случаев инфицирования COVID-19 после введения профилактических мер, возникает опасение, что окончание пандемии повлияет на пик числа пациентов с другими хроническими заболеваниями, обращающихся за медицинской помощью в постковидный период.

В настоящее время проводится множество исследований, пытающихся понять и расшифровать механизмы затяжного течения постковидного периода у пациентов с ишемической болезнью сердца. Количество исследований, проведенных в отношении долгосрочных осложнений COVID-19, позволяет предположить, что в постковидном периоде повреждение миокарда и ишемическая болезнь сердца встречаются чаще, чем при других вирусных инфекциях, вызывающих пневмонию (SARS-CoV-1 2003; MERS 2012).

Высокая частота и тяжесть течения сердечно-сосудистых осложнений в постковидном периоде подчеркивают важность мониторинга пациентов в пост-COVID-фазе для скорейшего устранения сердечно-сосудистых осложнений, что требует дальнейших крупномасштабных проспективных исследований. Необходимо отметить недостаточность разработанности рассматриваемой проблемы наличие высокой доли лиц с осложненным постковидным периодом обуславливает необходимость проведения более углубленного анализа данных для уточнения частоты и характера заболеваемости ИБС после перенесенного COVID-19.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Billah M. et al. Remote ischemic preconditioning induces cardioprotective autophagy and signals through the IL-6-dependent JAK-STAT pathway //International Journal of Molecular Sciences. — 2020. — Т. 21. — №. 5. — С. 1692.
2. Барбараш О.Л. и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020 //Российский кардиологический журнал. — 2020. — №. 11. — С. 201–250.
3. Boden W. E. et al. Evolving management paradigm for stable ischemic heart disease patients: JACC review topic of the week //Journal of the American College of Cardiology. — 2023. — Т. 81. — №. 5. — С. 505–514.123
4. Carfi A. et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19 //Jama. — 2020. — Т. 324. — №. 6. — С. 603–605.
5. Shah W. et al. Managing the long term effects of covid-19: summary of NICE, SIGN, and RCGP rapid guideline //bmj. — 2021. — Т. 372.
6. Sudre C.H. et al. Attributes and predictors of long COVID //Nature medicine. — 2021. — Т. 27. — №. 4. — С. 626–631.
7. Taquet M. et al. Incidence, co-occurrence, and evolution of long-COVID features: A 6-month retrospective cohort study of 273,618 survivors of COVID-19 //PLoS medicine. — 2021. — Т. 18. — №. 9. — С. e1003773.
8. Арутюнов Г.П. и др. Клинические особенности постковидного периода. Результаты международного регистра «Анализ динамики коморбидных заболеваний у пациентов, перенесших инфицирование SARS-CoV-2 (АКТИВ SARS-CoV-2)». Предварительные данные (6 месяцев наблюдения) //Российский кардиологический журнал. — 2021. — №. 10. — С. 86–98. [Arutyunov G.P. et al. Clinical features of the bridge period. Results of the international registry «Analysis of the dynamics of comorbid diseases in patients who have been infected with SARS-CoV-2 (ACTIVE SARS-CoV-2)». Preliminary data (6 months of follow-up) //Russian Journal of Cardiology. — 2021. — №. 10. — Pp. 86–98].
9. Старичкова А.А., Цыганкова О.В., Хидирова Л.Д. и др. Кардиометаболические особенности постковидного синдрома у лиц пожилого и старческого возраста с коморбидной патологией. РМЖ. Медицинское обозрение. 2022;6(9):501–508. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-9-501-508

10. Cochrane Heart Group et al. COVID-19 and its cardiovascular effects: a systematic review of prevalence studies //Cochrane Database of Systematic Reviews. — 1996. — Т. 2022. — №. 4.
11. Knight R. et al. Association of COVID-19 with arterial and venous vascular diseases: a population-wide cohort study of 48 million adults in England and Wales // medRxiv. — 2021. — С. 2021.11.22.21266512.
12. Xie Y. et al. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19 //Nature medicine. — 2022. — Т. 28. — №. 3. — С. 583–590.
13. Tanne J.H. Covid-19: Even mild infections can cause long term heart problems, large study finds. — 2022.
14. Drakos S. et al. A cardiovascular magnetic resonance imaging-based pilot study to assess coronary microvascular disease in COVID-19 patients //Scientific Reports. — 2021. — Т. 11. — №. 1. — С. 15667.
15. Thornton G.D. et al. Myocardial perfusion imaging after severe COVID-19 infection demonstrates regional ischemia rather than global blood flow reduction // Frontiers in Cardiovascular Medicine. — 2021. — С. 1484.
16. Wang H. et al. Cardiac involvement in COVID-19 patients: mid-term follow up by cardiovascular magnetic resonance //Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance. — 2021. — Т. 23. — С. 1–12.
17. Raman B. et al. Long COVID: post-acute sequelae of COVID-19 with a cardiovascular focus //European heart journal. — 2022. — Т. 43. — №. 11. — С. 1157–1172.
18. Zhao M. et al. Advances in the relationship between coronavirus infection and cardiovascular diseases //Biomedicine & Pharmacotherapy. — 2020. — Т. 127. — С. 110230.
19. Abbasi J. The COVID heart— one year after SARS-CoV-2 infection, patients have an array of increased cardiovascular risks //Jama. — 2022. — Т. 327. — №. 12. — С. 1113–1114.
20. Timpau A.S. et al. A real Pandora's box in pandemic times: a narrative review on the acute cardiac injury due to COVID-19 //Life. — 2022. — Т. 12. — №. 7. — С. 1085.
21. Xie Y., Bowe B., Al-Aly Z. Burdens of post-acute sequelae of COVID-19 by severity of acute infection, demographics and health status //Nature communications. — 2021. — Т. 12. — №. 1. — С. 6571.
22. Núñez-Gil I.J. et al. Post-COVID-19 Symptoms and Heart Disease: Incidence, Prognostic Factors, Outcomes and Vaccination: Results from a Multi-Center International Prospective Registry (HOPE 2) //Journal of Clinical Medicine. — 2023. — Т. 12. — №. 2. — С. 706.
23. Ho J.S.Y. et al. Effect of coronavirus infection on the human heart: A scoping review //European journal of preventive cardiology. — 2020. — Т. 27. — №. 11. — С. 1136–1148.
24. Zhao M. et al. Decreased low-density lipoprotein cholesterol level indicates poor prognosis of severe and critical COVID-19 patients: a retrospective, single-center study //Frontiers in medicine. — 2021. — Т. 8. — С. 585851.
25. Mohammad KO, Lin A, Rodriguez JBC. Cardiac Manifestations of Post-Acute COVID-19 Infection. Curr Cardiol Rep. 2022 Dec;24(12):1775-1783. doi: 10.1007/s11886-022-01793-3. Epub 2022 Nov 2. PMID: 36322364; PMCID: PMC9628458.
26. Thornton G.D. et al. Myocardial perfusion imaging after severe COVID-19 infection demonstrates regional ischemia rather than global blood flow reduction // Frontiers in Cardiovascular Medicine. — 2021. — С. 1484.
27. Ribeiro da Silva S. J. et al. Two Years into the COVID-19 Pandemic: Lessons Learned //ACS INFECTIOUS DISEASES. — 2020.
28. Rezel-Potts E. et al. Cardiometabolic outcomes up to 12 months after COVID-19 infection. A matched cohort study in the UK //PLoS medicine. — 2022. — Т. 19. — №. 7. — С. e1004052.
29. Al-Aly Z., Xie Y., Bowe B. High-dimensional characterization of post-acute sequelae of COVID-19 //Nature. — 2021. — Т. 594. — №. 7862. — С. 259–264.
30. Jammoul M. et al. Investigating the possible mechanisms of autonomic dysfunction post-COVID-19 //Autonomic Neuroscience. — 2022. — С. 103071.
31. Ambrosino P. et al. Persistent endothelial dysfunction in post-acute COVID-19 syndrome: a case-control study //Biomedicine. — 2021. — Т. 9. — №. 8. — С. 957.
32. Yang M. Cell pyroptosis, a potential pathogenic mechanism of 2019-nCoV infection //Available at SSRN 3527420. — 2020.
33. DePace N.L., Colombo J. Long-COVID syndrome and the cardiovascular system: A review of neurocardiologic effects on multiple systems //Current Cardiology Reports. — 2022. — Т. 24. — №. 11. — С. 1711–1726.
34. Bisaccia G. et al. Post-acute sequelae of COVID-19 and cardiovascular autonomic dysfunction: What do we know? //Journal of cardiovascular development and disease. — 2021. — Т. 8. — №. 11. — С. 156.
35. Novak P. et al. Multisystem involvement in post-acute sequelae of coronavirus disease 19 //Annals of Neurology. — 2022. — Т. 91. — №. 3. — С. 367–379.
36. Shrestha A.B. et al. Long COVID syndrome and cardiovascular manifestations: a systematic review and meta-analysis //Diagnostics. — 2023. — Т. 13. — №. 3. — С. 491.
37. Clerkin Kevin J. et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and cardiovascular disease //Circulation. — Т. 3. — №. 5.
38. АГЕЙКИН А.В. и др. ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ПОРАЖЕНИЯ СЕРДЦА ПРИ COVID-19. — 2022.
39. Kotecha T. et al. Patterns of myocardial injury in recovered troponin-positive COVID-19 patients assessed by cardiovascular magnetic resonance //European heart journal. — 2021. — Т. 42. — №. 19. — С. 1866–1878.
40. Бабкин М.О., Кондрашова Ю.А. Влияние новой коронавирусной инфекции на терапию ишемической болезни сердца и частоту сердечно-сосудистых осложнений // Молодежный инновационный вестник. — 2021. — Т. 10. — №51. — С. 163–166.
41. Williams R. et al. Diagnosis of physical and mental health conditions in primary care during the COVID-19 pandemic: a retrospective cohort study //The Lancet Public Health. — 2020. — Т. 5. — №. 10. — С. e543–e550.
42. Zhang Y, Coats AJS, Zheng Z, Adamo M. Management of heart failure patients with COVID-19: a joint position paper of the Chinese Heart Failure Association & National Heart Failure Committee and the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. Eur J Heart Fail. 2020 Jun;22(6):941–956. doi: 10.1002/ejhf.1915. Epub 2020 Jul 13. PMID: 32463543
43. Pérez-Belmonte L. M. et al. Corticosteroid therapy in patients with heart failure hospitalized for COVID-19: a multicenter retrospective study //Internal and Emergency Medicine. — 2021. — Т. 16. — С. 2301–2305.
44. Terlecki M. et al. Prevalence and clinical implications of atrial fibrillation in patients hospitalized due to COVID-19: Data from a registry in Poland // Frontiers in Cardiovascular Medicine. — 2023. — Т. 10.

# КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИНФИЦИРОВАННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТОПЫ

## COMPREHENSIVE TREATMENT OF INFECTED FOOT

**N. Kallaev  
A. Ataev  
M. Ganiev  
N. Mirzoev  
S. Nurudinova  
R. Osmanov  
A. Magaramov**

*Summary.* The work is based on the study of treatment outcomes of 86 patients aged 15 to 86 years with infected post-traumatic and postoperative complications of foot injuries. A set of therapeutic measures, including, among other things, preoperative and surgical sanitation of infected tissues with low-frequency ultrasound against the background of long-term regional intra-arterial therapy made it possible to obtain positive outcomes in 94.5 % of patients.

*Keywords:* foot, complex treatment, ultrasound sanitation, intra-arterial therapy.

### Актуальность

Посттравматическая и послеоперационная раневая инфекция стопы по клиническому течению и лечению имеет ряд существенных отличий от гнойных раневых осложнений других локализаций. Это связано с особенностями анатомического и функционального строения стопы. В стопе мало мышц, мягкие ткани расположены компактно, в связи с чем травмы стопы, в том числе огнестрельные, часто сопровождаются повреждением сухожилий, сухожильных влагалищ, нервов, сосудов костей и суставов (А.В. Каплан и соавт., 1985). Поэтому инфекционный процесс очень быстро переходит на соседние ткани. Только доля инфекционных осложнений

**Каллаев Нажмудин Омаркадиевич**

Д.м.н., профессор,  
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)  
nachmudin\_K@mail.ru

**Атаев Алевдин Рашитханович**

Д.м.н., профессор,  
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)  
drataev57@mail.ru

**Ганиев Магомедрауф Хидирович**

К.м.н., ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)

**Мирзоев Назим Эмирович**

К.м.н., ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)

**Нурудинова Сабина Насрудиновна**

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)

**Османов Расим Тельманович**

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)

**Магарамов Абдулла Магарамович**

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)  
abdulla-magaramov@yandex.ru

*Аннотация.* Работа основана на изучении исходов лечения 86 больных в возрасте от 15 до 86 лет с инфицированными посттравматическими и послеоперационными осложнениями травм стопы. Комплекс лечебных мероприятий, включающие в том числе, предоперационную и хирургическую санацию инфицированных тканей низкочастотным ультразвуком на фоне длительной регионарной внутриартериальной терапии позволили получить положительные исходы у 94,5 % пациентов.

*Ключевые слова:* стопа, комплексное лечение, ультразвуковая санация, внутриартериальная терапия.

после первичной хирургической обработки по данным А.В. Власова и соавт., (2020) и Н.О. Каллаева (1987) составляет от 35,85 до 67,9 %. Неудовлетворительные результаты после консервативного и оперативного лечения превышают 25 %, (Каленский В.О., Иванов П.А., 2018) и от 23,5 до 78 % больных становятся инвалидами II и III групп. (Тихилов Р.М., и соавт., 2009; Дмитриев О.А., 2015; Tennent T. D., Caldera P.R., et al., 2001; Thornton S. J. et al., 2006). Частота нагноений после плановых операций на стопе по данным Н.О. Каллаева (1983) составила 8,1 %.

### Цель

Оптимизация лечения больных инфицированными повреждениями стопы с использованием энергии низ-

кочастотного ультразвука на фоне внутриартериальной антибактериальной терапии.

### Материал и методы

Работа основана на изучении результатов лечения 86 больных с гнойными посттравматическими и послеоперационными осложнениями стопы в возрасте от 15 до 86 лет. Из них, остеомиелиты пяточной кости наблюдались у 27 больных, в том числе, спицевые остеомиелиты у 4-х пациентов, остеомиелит таранной кости в 7 случаях, кубовидной кости — в 3-х, остеомиелит и гнойный артрит — в 5 наблюдениях. Из 86 больных у 32 (37,2 %) больных очаг захватывал два и более анатомических образований, глубокое нагноение мягких тканей отмечено у 12 больных.

Предоперационная подготовка включает лечебные мероприятия, направленные на повышение иммунологической защиты и улучшения трофики стопы и также меры воздействия на микрофлору кожи и ран. Важным этапом предоперационной подготовки пациентов являлось определения видового состава микрофлоры и их чувствительности к антибиотикам. Назначались тёплые ванны с перманганатом калия, аспирация гноя из полостей и ран, промывание ран антисептиками, вводились в свищи протеолитические ферменты. С целью предоперационной санации инфицированных ран и свищей использовалось антимикробное свойство низкочастотного ультразвука и озвученных антибактериальных препаратов.

Озвучивание проводилось с помощью серийной установки УРСК 7Н с рабочей частотой 26 кГц и специально изготовленной ультразвуковой ванны (Каллаев Н.О.) с растворами антисептиков и ферментов в течении 5 минут при их постоянном обновлении. В качестве антисептиков использовались 0,15 раствор диоксидина, 0,002 % раствор хлоргиксидина, 3 % раствор борной кислоты (при анаэробной инфекции).

По нашим (Н.О. Каллаев) данным предоперационная ультразвуковая санация способствовала уменьшению микробной загрязнённости ран на 20 процентов, и кожи почти на 50 процентов. Схема ультразвуковой санации инфицированных ран представлена на рис. 1.

С точки зрения клиники, включение на этап предоперационной подготовки ультразвуковой санации инфицированных ран, создаёт лучшие условия для выполнения более щадящих и сберегательных хирургических вмешательств на губчатых и коротких трубчатых костях стопы, стимулирует регенеративные процессы, сокращает продолжительность предоперационной подготовки до 4–6 дней.

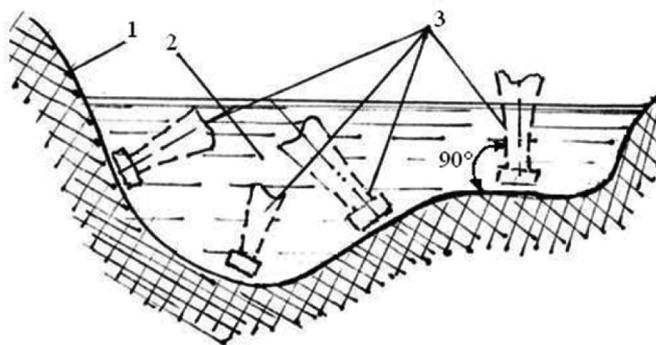


Рис. 1. Схема ультразвуковой обработки раны:  
1 — поверхность раны; 2 — раствор антисептика;  
3 — волновод

Для повышения эффективности антибактериальной терапии широко использовалась длительная регионарная инфузия лекарственных препаратов, которая обеспечивает создание их высокой концентрации в патологическом очаге, улучшает трофику и микроциркуляцию в тканях повреждённой конечности. С этой целью нами использовалась разработанная в отделении раневой инфекции ЦИТО им. Н.Н. Приорова (Махсон Н.Е. Уразгильдеев З.И., 1984) катетеризации бедренной артерии (рис. 2).

Пункция артерии производят с помощью иглы Сельдингера без мандрена, вместо него используют проводник (леску), который фиксируют на специальном устройстве в натянутом положении для предотвращения перекручивания. В качестве катетера, применяют полихлорвиниловую трубку диаметром 1,0 мм. Катетер закрывают «замком» с иглой.

Катетеризацию артерии производят под местной анестезией, в предоперационном периоде, либо одновременно с оперативным вмешательством на патологическом очаге. Схема и последовательность катетеризации бедренной артерии представлено на рис. 2.

Таким образом, сочетаются два способа катетеризации бедренной артерии — открытый и по Сельдингеру.

Внутриартериальная терапия осуществляется с помощью системы для переливания жидкостей, ампула которой поднимается на высоту 2,5–3 м. Скорость инфузии 20–40 капель в минуту, Непрерывность курса от 6 до 20 часов в сутки. Длительность курса от 2-х до 8 недель в зависимости от состояния больного, течения заболевания и характера оперативного вмешательства и микробной флоры.

В процессе лечения необходим периодический контроль свёртывающей системы крови для предотвращения внутрисосудистого тромбообразования и кровотечения.

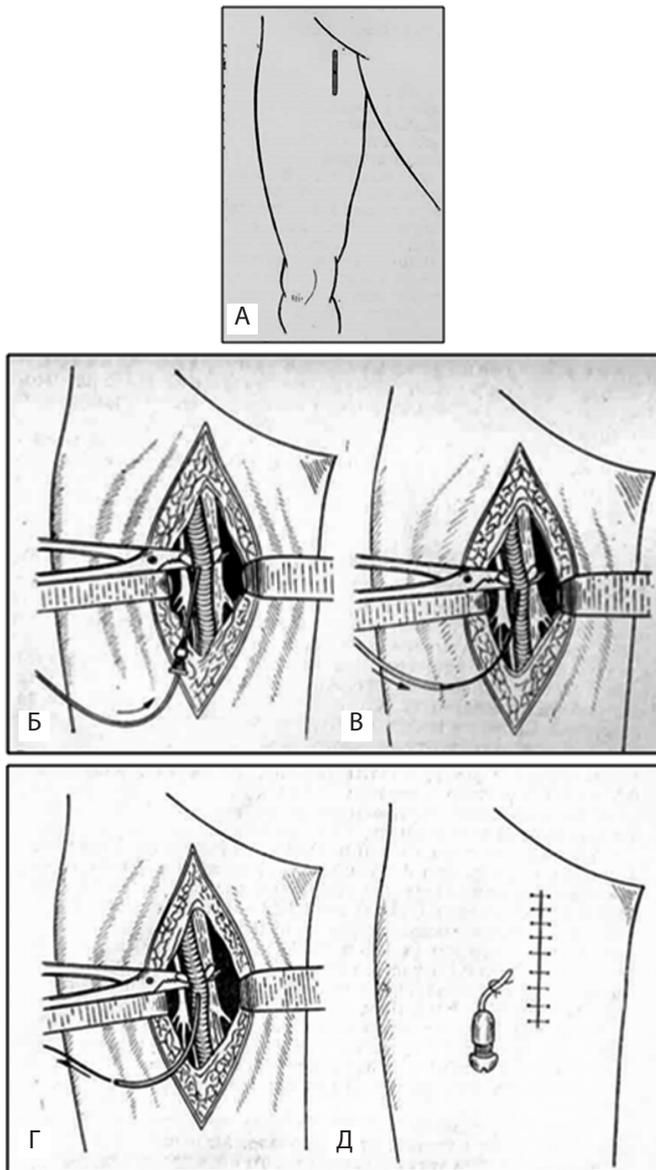


Рис. 2. Схемы катетеризации бедренной артерии.  
 А — разрез кожи; Б — пункция бедренной артерии;  
 В — введение катетера по проводнику. Г — катетер  
 в артерии, проводник удаляется; Д — просвет катетера  
 закрывается «замком»

В состав инфузата входят антибиотики в максимально допустимых терапевтических дозах, с учётом чувствительности выделенной микрофлоры и другие лекарственные препараты, разрешённые для внутрисосудистого применения, в частности диоксидин 1 % — 50 мл в 500 мл 5 % раствора глюкозы или изотонического раствора хлорида натрия, солкосерил — 4–8 мл, гипериммунная антистафилококковая плазма — 50–100 мл, 0,1 % раствор фурагина — 500 мл, 5 % раствор витамина С — 5–10 мл, витамины группы В, гепарин — 5000 ЕД, сосудорасширяющие препараты. Аммиачный раствор серебра (аммаргель) в разведении 1:10 000, в количестве 300–500 мл.

Состояние больных контролируют по динамике раневого процесса, температуре тела, показателей периферической крови, коагулограммы, а также на основании качественных и количественных бактериологических исследований раневого отделяемого.

Оперативное вмешательство выполнялось под общим обезболиванием или перидуральной анестезией. В свищевой ход вводился 5–10 мл бриллиантовой зелени для окрашивания секвестральных полостей и путей распространения гноя. По выделении патологического очага иссекались контрастированные гнойно-некротические ткани, удалялись секвестры. Полость промывалась раствором антисептиков (0,1 % раствор диоксидина, 0,02 % раствор хлоргиксидина, 0,15 % раствор соляной кислоты и вакуумировалась в течение 3–5 мин. вакуумотсосом ВН-161. Санацию завершали озвучиванием растворов антибиотиков, антисептиков и ферментов ультразвуковыми инструментами.

Ультразвуковую санацию гнойно-некротических очагов производился с помощью установки УРСК-7Н используя специальные волноводы. После удаления нежизнеспособных тканей, санации свищевых ходов и полостей приступают к заполнению остаточной полости. В зависимости от локализации и величине полости пластику производят спонгиозной костью, взятой из гребня подвздошной кости, аллахрящом или гемопломбой с антибиотиками и каллопаном. Завершают операцию дренированием и закрытием раны. Иммобилизацию осуществляют гипсовой повязкой или аппаратом внешней фиксации. В послеоперационном периоде проводят приточно-отсасывающее дренирование с использованием вакуумных систем. Постоянное разрежение в полости создаётся с помощью электровиброотсоса сконструированного на основе виброкомпрессора (ВК-1).

В качестве антибактериальных препаратов для приточно-отсасывающего дренирования использовались 0,1 % раствор диоксидина, 8 % раствор пепсина, 0,02 % раствор хлоргиксидина, 3 % раствор борной кислоты антибиотики с учётом чувствительности микрофлоры. Ежедневно в течение 2–3 часов перед промыванием, рану орошали ферментным раствором (5 % раствор трипсина или хемопсина) с 30–40 минутной экспозицией в полости, с целью создания в ней высокой концентрации препарата. Характер микрофлоры и чувствительность к антибиотикам промывной жидкости исследовалась в динамике лечения.

Предлагаем клинические наблюдения.

*Больной С., 35 лет.* Доставлен в клинику травматологии по поводу хронического посттравматического остеомиелита правой пяточной кости, свищевая форма.

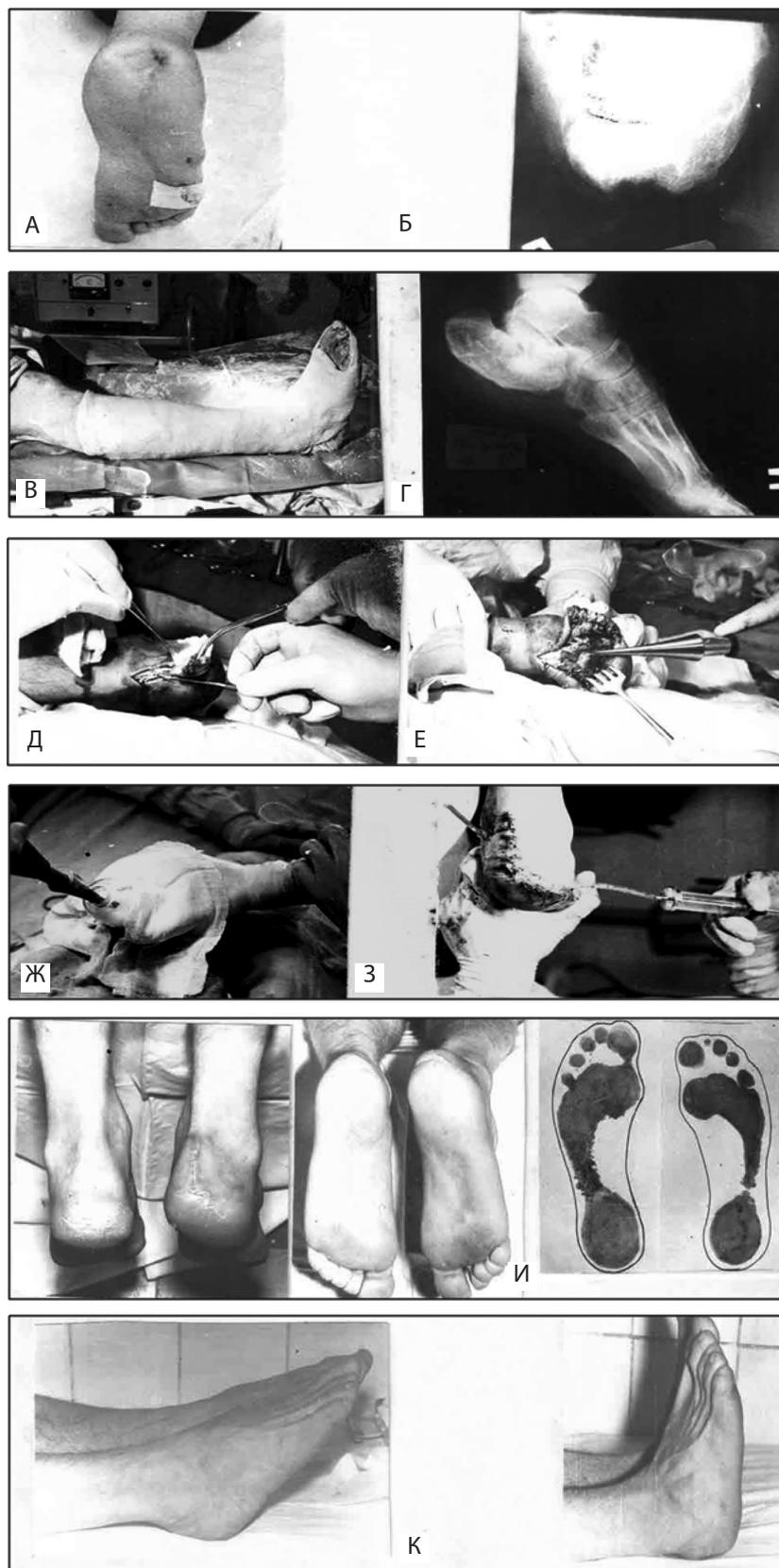


Рис. 3. Больной С., 35 лет. Хронический посттравматический остеомиелит правой пяточной кости, свищевая форма. А — внешний вид стопы; Б — рентгенограмма; В — краевая резекция пяточного бугра; Г, Д — ультразвуковая санация полости; Е — дренирование; Ж — иммобилизация; З — рентгенконтроль после прекращения иммобилизации; И — осмотр через три года после операции; К — функциональный результат (три года после операции)

Из анамнеза установлено, что за год до поступления в клинику пациент получил открытый перелом правой пяточной кости со смещением отломков. Была выполнена первичная хирургическая обработка и скелетное вытяжение за пяточную кость по Каплану. Послеоперационный период осложнился инфицированием мягких тканей, развился остеомиелит пяточной кости.

При осмотре, ниже уровня прикрепления ахиллова сухожилия отмечен воронкообразный свищ с гнойными выделениями (рис. 3 А). На рентгенограмме определяется деструкция пяточного бугра (рис. 3 Б). При бактериологическом исследовании отделяемого из раны выделен рост золотистого стафилококка, чувствительного к канамицину и линкомицину.

Проведена предоперационная подготовка с озвучиванием стопы в ультразвуковой ванне. Накануне оперативного пособия, выполнена катетеризация бедренной артерии и начата внутриартериальная антибактериальная терапия.

Под проводниковым обезболиванием, после контрастирования свищевого хода бриллиантовой зелёной, выполнено оперативное пособие фистулосеквестректомия, краевая резекция пяточного бугра и санация раневой полости с помощью ультразвуковых инструментов (рис. 3 В, Г, Д). Рана промыта антисептиками, вакуумирована и дренирована, на кожу наложены глухие швы (рис. 3 Е). Конечность иммобилизована окончатой гипсовой повязкой (рис. 3 Ж).

В послеоперационном периоде осуществлялось точно-отсасывающее дренирование с использованием вакуумной системы и внутриартериальная антибактериальная терапия. Рана зажила по типу первичного натяжения. Осмотрена через три года, результат оценён, как хороший (рис. 3 И, К).

*Больная А., 30 лет*, поступила в травматологическое отделение с диагнозом: хронический послеоперационный остеомиелит правой пяточной и кубовидной костей.

Из анамнеза выяснено, что в шестилетнем возрасте больной была оперирована по поводу врождённой косяпасти. В последующие годы выполнялись различные хирургические вмешательства по поводу глубоких нагноений мягких тканей стопы. Развился остеомиелит пяточной и кубовидной костей.

При поступлении, показатели крови в пределах нормы. Отмечается умеренный отёк и плосковарусная деформация стопы. По наружнобоковой поверхности тыла и подошвы правой стопы — свищи размерами 1,5 x 1,0 и 1,0 x 0,4 см со скудным отделяемым и инфильтрацией мягких тканей свищей (рис. 4 А). Движения в голеностоп-

ном суставе и суставах стопы отсутствуют. Болевая чувствительность резко снижена. У больной также диагностировано компенсаторное искривление позвоночника.

На фистулорентгенограммах выявлены очаги деструкции пяточной и секвестрация кубовидной костей. Из отделяемого из свищей и полости, высеяны золотистый гемолитический стафилококк и синегнойная палочка, чувствительные к канамицину и цефопорину. Контрастное вещество заполнило область кубовидной кости и распространилось к пяточной (рис. 4 Б).

После идентичной предоперационной подготовки под перидуральной анестезией выполнено фистулосеквестректомия пяточной кости и удаление фрагментов разрушенной кубовидной кости с помощью ультразвуковых инструментов. Раневая полость промыта антисептиками и антибиотиками, вакуумирована и также осуществлена ультразвуковая кавитация антибактериальных растворов. Остаточная полость заполнена аутоаутоплантатом, взятой из гребня подвздошной кости. По дну раневой полости проведён полихлорвиниловый дренаж. Рана наложены глухие швы. Дренаж выведен наружу через отдельный прокол кожи. Конечность иммобилизована окончатой гипсовой повязкой. Послеоперационное течение протекало тяжело: температура держалась на уровне 38–39,5, затем в течении 12 дней субфебрилитет, развилась анемия, нейтрофильный сдвиг формулы крови влево.

В послеоперационном периоде проводилась интенсивная антибиотико- и другая активная микробная терапия и приточно-отсасывающее дренирование. Послеоперационная рана зажила на 18-й день после операции. Показатели крови нормализовались, СОЭ снизилось с 81 мм/ч до 23 мм/ч. Внутриартериальная терапия продолжалась в течении трёх недель, дренирование — до 2-х недель. Через 30 дней больная выписана на амбулаторное наблюдение. Конечность иммобилизована повязкой из поливика.

Осмотрена через три года, рецидива инфекции нет. Отмечается умеренный отёк стопы и голеностопного сустава при нагрузке и длительной ходьбе (рис 4 Д, Е, Ж, З). Результат лечения оценен, как удовлетворительный.

### Результаты и обсуждение

В послеоперационном периоде состояние пациентов контролируют по динамике раневого процесса, температуры тела, показателей периферической крови, коагулограммы, а также на основании результатов качественных и количественных бактериологических исследований раневого процесса в динамике лечения и перед выпиской из стационара. В периоде послеоперационного наблюдения больным назначались средства

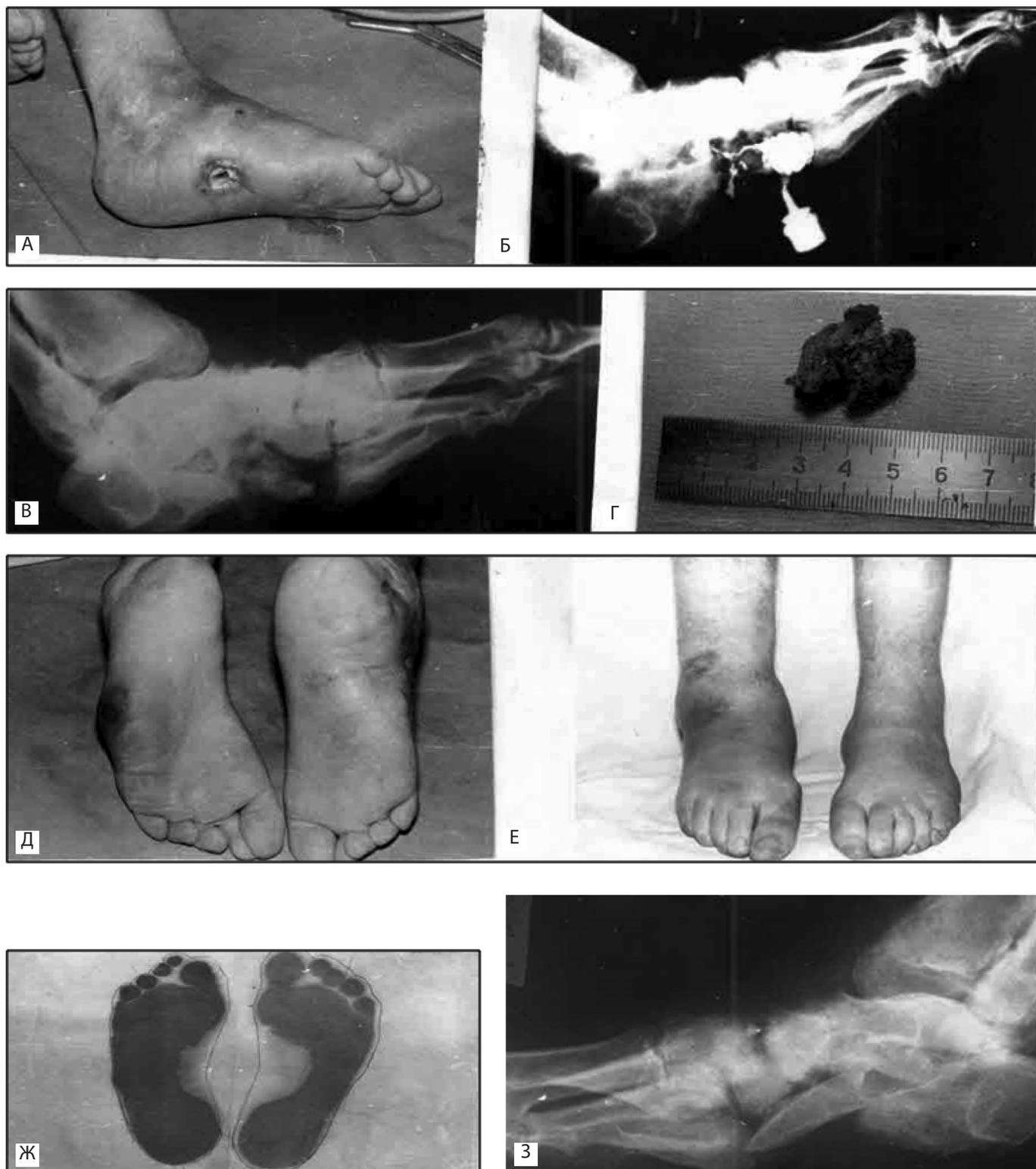


Рис. 4. Больная А., 30 лет. Хронический послеоперационный остеомиелит правой пяточной и кубовидной костей, свищевая форма.

А — внешний вид стопы; Б — ретрофистулография; В — рентгенография при поступлении в клинику; Г — фрагмент деструкции пяточной и секвестр кубовидной костей; Д, Е, Ж, З — осмотр через три года (общий вид стоп, плантография, рентгеноконтроль)

неспецифической и специфической иммунологической защиты (стафилококковый адсорбированный анатоксин, аутовакцину Горгиева. Для стимуляции клеточного иммунитета вводились, продегиозапн, пентоксмил, метилурацил).

Среди наиболее часто встречающихся ранних осложнений катетеризации бедренной артерии встречались: кровотечение из пункционного отверстия после введения катетера. Оно наблюдается в тех случаях, когда диаметр катетера меньше диаметра пункционной иглы. Кровотечение останавливалось наложением атравматического шва на стенку сосуда рядом с катетером или тампонадой марлевого тампона. Второе осложнение связано с закупоркой катетера вызванное недостаточным промыванием катетера гепарином после инфузии лекарственных препаратов. Третье осложнение — это спазм артерии. Для устранения спазма обеспечивался покой конечности, в артерию вводились сосудорасширяющие и обезболивающие препараты (новокаин, папаверин, но-шпа и др.).

Отдалённые результаты лечения изучены в сроки три и пять лет после хирургического вмешательства у 57 пациентов. Хорошие исходы с восстановлением функции опоры и движения получены у 46 (80,7 %). удовлетвори-

тельные результаты — у 9 (15,8 %), и неудовлетворительные — у 2-х (3,5 %) больных. В обоих случаях мы имели рецидив инфекции, связанное с сопутствующим сахарным диабетом, и отсутствием чувствительности микрофлоры к антибиотикам.

### Заключение

Лечение гнойных осложнений стопы, в связи с особенностями анатомического строения и функции, включает тщательное предоперационное планирование, хирургическую обработку с дополнительной санацией её путём промывания, вакуумирования, обработки низкочастотным ультразвуком, введения ферментных препаратов и приточно-отсасывающего дренирования.

Длительная регионарная антибактериальная терапия обеспечивает создание их высокой концентрации в патологическом очаге, улучшает трофику и микроциркуляцию в тканях повреждённой конечности.

Таким образом, применение принципов комплексной терапии гнойных осложнений повреждений стопы, позволило получить хорошие и удовлетворительные результаты у 96,5 % больных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов А.П., Шибяев Е.Ю., Файн А. М., Иванов П.А. Сохранение опороспособности стопы при посттравматических дефектах методами микрохирургической аутоотрансплантации. Журнал им. Н.В. Склифоровского. Неотложная медицинская помощь. Москва. 2020. 9 (34): С. 434–441.
2. Дмитриев О.А. Малоинвазивный остеосинтез пяточной кости. Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. Москва. 2015. 104 с.
3. Каленский В.О., Иванов П.А. Основные причины неудовлетворительных исходов лечения повреждений стопы. Журнал им. Н.В. Склифоровского. Неотложная медицинская помощь. 2018. 7(2). С. 122–128.
4. Каллаев Н.О. Инфицированные неогнестрельные повреждения голеностопного сустава и стопы. Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. Москва. 1984. 170 с.
5. Каплан А.В., Махсон Н.Е., Мельникова В.М. Гнойная травматология костей и суставов. Москва «Медицина». 1985. 384 с.
6. Махсон Н.Е. Уразгильдеев З.И. Лечение остеомиелита, осложнённого свищами. Москва. Хирургия. 1984. № 1 с. 74–77.
7. Tennent T.D., Caldera P.R., Salisbury P.D., Fllen P.W., Fastwood D.H. The operative management of displaced intra-articular fractures of the calcaneum: a two-centre Study using a defined protocol. Injure. 2001. V. 32. P. 491–496.
8. Thornton S.J., Cheleuitte DE., Plaszek A.J., Early J.S. Treatment of open intraarticular calcaneal fractures: evaluation of a treatment protocol based on wound and sirt Foot Ankle int. 2006. 27 (5). P. 317–323.

© Каллаев Нажмудин Омаркадиевич (nachmudin\_K@mail.ru); Атаев Алевдин Рашитханович (drataev57@mail.ru); Ганиев Магомедрауф Хидирович; Мирзоев Назим Эмироич; Нурудинова Сабина Насрудиновна; Османов Расим Тельманович; Магарамов Абдулла Магарамович (abdulla-magaramov@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИЗМЕНИВШИЕ ПОДХОД К НЕОАДЬЮВАНТНОМУ ЛЕЧЕНИЮ РАННЕГО HER2-ПОЗИТИВНОГО РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

### FUNDAMENTAL RESEARCH THAT CHANGED THE APPROACH TO NEOADJUVANT TREATMENT OF EARLY HER2-POSITIVE BREAST CANCER

**I. Krivokhizhin  
A. Parsadanyan  
A. Stepanyan**

*Summary.* Neoadjuvant drug therapy has become an integral part of the comprehensive treatment of breast cancer, especially with the HER2-positive biological subtype. Over the past few years, the drug tactics of early HER2+ breast cancer has gone through many stages, starting from the appointment of chemotherapy in patients with HER2+ status in the era of the absence of targeted agents, to the sequential administration of preoperative and postoperative anti-HER2 drugs in combination with chemotherapy drugs. The appearance of targeted drugs has completely changed the attitude towards such a dangerous and formidable biological subtype as HER2+. Tumors with this molecular genetic subtype, when anti-HER2 agents appeared, began to actively respond to drug therapy and achieve complete pathomorphological responses (pCR). Patients with pCR have a better prognosis compared to patients with residual disease after neoadjuvant treatment. This article presents central studies that have historically changed the approach to the treatment of early HER2+ breast cancer, thanks to which, today, they are tools for the professional activity of an oncologist.

*Keywords:* HER2-positive breast cancer, anti-HER2 blockade, pCR, neoadjuvant drug therapy, RCB, FISH hybridization.

Исторически сложилось, что HER2-позитивный рак молочной железы являлся наиболее агрессивным биологическим подтипом опухолей. Если чистый люминальный HER2-негативный подтип опухоли имел 5-летнюю выживаемость — 94,95 %, люминальный HER2-позитивный — 92,0 %, а нелюминальный HER2-позитивный составлял 81,1 %, вне зависимости от стадии заболевания, то появление таргетных агентов, в частности анти-HER2 изменило подход лечения рака молочной железы (РМЖ) с таким грозным биологическим подтипом [7]. Этапность лекарственного и хирур-

**Кривохижин Игорь Викторович**  
Аспирант, Сургутский государственный университет;  
Врач-онколог, Сургутская окружная  
клиническая больница  
krivokhizhin1993@mail.ru

**Парсаданян Арарат Микичович**  
Д.м.н. профессор,  
Сургутский государственный университет;  
Главный внештатный специалист онколог,  
Сургутская окружная клиническая больница  
parsadanyanam@surgutokb.ru

**Степанян Арус Араратовна**  
Врач-онколог,  
Сургутская окружная клиническая больница  
arus\_pars@mail.ru

*Аннотация.* Неoadъювантная лекарственная терапия стала неотъемлемой частью комплексного лечения рака молочной железы, в особенности с HER2– позитивным биологическим подтипом. В течение последних нескольких лет лекарственная тактика раннего HER2+ рака молочной железы прошла много ступеней, начиная от назначения химиотерапии у пациентов с HER2+ статусом в эпоху отсутствия таргетных агентов, до последовательного введения предоперационных и послеоперационных анти-HER2 препаратов в комбинации с химиопрепаратами. Появление таргетных препаратов в полностью изменило отношение к такому опасному и грозному биологическому подтипу, как HER2+. Опухоли с данным молекулярно-генетическим подтипом при появлении анти-HER2 агентов стали активно поддаваться лекарственной терапии и достигать полных патоморфологических ответов (pCR). Пациенты с pCR имеют лучший прогноз по сравнению с пациентами с остаточным заболеванием после неoadъювантного лечения. В данной статье представлены центральные исследования изменившие, исторически, подход к лечению раннего HER2+ рака молочной железы, благодаря которым, на сегодняшний день являются инструментами для профессиональной деятельности врача-онколога.

*Ключевые слова:* HER2-позитивный рак молочной железы, анти-HER2 блокада, pCR, неoadъювантная лекарственная терапия, RCB, FISH-гибридизация.

гического лечения влияет на безрецидивную и общую выживаемость.

### Неoadъювантный подход при HER2-позитивном раке молочной железы

Неoadъювантная/предоперационная химиотерапия (НАХТ) первично-оперативного РМЖ создает условия хирургу для выполнения органосохраняющей операции, а также позволяет, если это возможно, улучшить косметический результат. Кроме того, НАХТ позволяет дать оценку эффекту лекарственной терапии и в нужный

момент ее прекратить, в случае прогрессирования заболевания (с переходом на хирургический этап лечения). Одним из важных составляющих НАХТ является оценка патоморфологического ответа, по результатам которого назначается адъювантная лекарственная терапия [15]. При первично-неоперабельном РМЖ предоперационная лекарственная терапия благоприятствует переходу опухоли в операбельное состояние [13]. Проведение НАХТ дает возможность наблюдать за эффективностью той или иной схемой лечения. Пациенты с обширным остаточным инвазивным раком после неоадъювантного лечения имеют высокий риск рецидива метастатического заболевания, что, в свою очередь, делает этих пациентов идеальными кандидатами для клинических испытаний [8].

Один из первых таргетных агентов являлся трастузумаб, который был использован в добавлении к химиотерапии (ХТ) как на предоперационном, так и на послеоперационном этапе лечения РМЖ. Добавление трастузумаба было представлено на одном из первых клинических исследований NOAH в неоадъювантном режиме. Было проведено 11 циклов терапии трастузумаба + ХТ vs. ХТ, где частота полных патоморфологических ответов (pCR) с добавлением трастузумаба составила 38 % против 19 %, только ХТ. Трехлетняя бессобытийная выживаемость с добавлением трастузумаба составила 71 %, по сравнению с 56 % без него [1].

Из-за связи между pCR после неоадъювантной терапии и улучшенными результатами выживаемости было проведено несколько исследований для изучения новых схем лечения, которые могли увеличить долю пациентов с pCR. В ряду из первых исследований двойной анти-HER2 блокады было исследование NeoSphere, где частота pCR при применении доцетаксел/трастузумаб/пертузумаб (группа В) была значительно выше по сравнению с трастузумабом/доцетакселом (группа А) (45,8 % против 29 %,  $P = 0,0141$ ). В двух других группах исследования пертузумаб/доцетаксел и пертузумаб/трастузумаб продемонстрировали более низкую частоту pCR [2]. Важно отметить, что в группах с двойной блокадой HER2 не наблюдалось дополнительной кардиотоксичности. После пятилетнего наблюдения исследовательский анализ показал лучшую выживаемость без прогрессирования заболевания и безрецидивную выживаемость в группе В, чем в группе А, однако анализ не имел достаточной мощности, чтобы показать статистическую значимость [3].

Стоит отметить, что результаты еще одного клинического исследования II фазы под названием TRYPHAEA, где применялась также двойная анти-HER2 блокада. В данном исследовании изучалась переносимость и активность двойной блокады в сочетании с неоадъювантной химиотерапией на основе антрациклина или карбоплатина. Исследование подтвердило высокую частоту pCR

(ypT0+ypN0) при двойной блокаде анти-HER2 в сочетании с любым режимом химиотерапии (45,3–51,9 %) и показало низкую частоту симптоматической систолической дисфункции левого желудочка при химиотерапии на основе антрациклинов. При пятилетнем наблюдении снижение фракции выброса левого желудочка  $\geq 10\%$  от начального уровня и  $< 50\%$  в наблюдаемых группах составляло 11,1; 16 и 11,8 % [10,9,14].

Необходимо выделить еще одно многоцентровое клиническое исследование 3 фазы под названием TRAIN-2, проводимое в 37 больницах Нидерландов. В данном исследовании изучалось улучшит ли добавление антрациклинов pCR по сравнению со схемой карбоплатин-таксан + двойная анти-HER2 терапия. Доля пациентов с pCR (ypT0/is+ypN0) составила 68 % в группе без антрациклина и 67 % в группе с антрациклином ( $P=0,95$ ). О серьезных нежелательных явлениях сообщалось у 61 (28 %) из 220 пациентов в группе антрациклина и у 49 (22 %) из 218 в группе без антрациклина. Наиболее частыми побочными эффектами по любой причине были нейтропения 3 степени или выше (у 131 [60 %] из 220 пациентов в группе антрациклина против 118 [54 %] из 218 в группе без антрациклина). Симптоматическая систолическая дисфункция левого желудочка была редкостью в обеих группах (2 [1 %] из 220 против 0 из 218) [12].

Опираясь на обнадеживающие результаты в отношении устранения антрациклинов, комбинация доцетаксела, карбоплатина, трастузумаба и пертузумаба (TCHP), которая оценивалась в исследовании TRYPHAEA, стала общепринятой стандартной схемой НАХТ и привела к изменению клинической практики NCCN [4].

#### Клинический случай

Пациентка Б. 1982 г. (40 лет на момент постановки диагноза), считает себя больной с ноября 2020 г., когда при очередном медицинском осмотре по данным УЗИ молочных желез обнаружили образование в левой молочной железе размером 24x28мм в диаметре, визуализируются несколько измененных регионарных подмышечных л/узлов с нарушением УЗИ-архитектоники, максимальный диаметр 28x18 мм в диаметре. С результатами обследований проконсультирована онкологом. Выполнена биопсия. По результатам иммуногистохимического исследования (ИГХ) картина умеренно-дифференцированной инфильтративной карциномы молочной железы неспецифического типа. Рецепторный статус опухоли: ER-5 балла, PgR — 5 баллов, (HER2\NEU-3+ (позитивный). Индекс пролиферативной активности Ki-67 около 16 %. По результатам онкоцитологии биопсии подмышечного лимфатического узла: Лимфоузел подмышечный слева — ткани лимфоузла крайне мало. Найдены комплексы карциномы.

Консилиумом онкологов пациентка была показана НАХТ согласно клиническим рекомендациям Министерства здравоохранения Российской Федерации по схеме: Доцетаксел 75 мг/м<sup>2</sup> в/в в 1-й день 1 раз в 3 недели + карбоплатин АУС-6 в/в в 1-й день 1 раз в 3 недели + трастузумаб 6 мг/кг (нагрузочная доза 8 мг/кг) в/в в 1-й день 1 раз в 3 недели + пертузумаб 420 мг (нагрузочная доза 840 мг) в/в в 1-й день 1 раз в 3 недели, 6 циклов. Перед курсами НАХТ пациентке были установлен маркер под контролем УЗИ в опухоль. Все курсы НАХТ пациентка перенесла удовлетворительно без выраженных нежелательных явлений. После завершения 6 курса лекарственной терапии по результатам контрольных обследований у пациентки достигнут полный клинический ответ в молочной железе и лимфатических узлах.

Следующим этапом лечения у пациентки было оперативное лечение: Радикальная резекция левой молочной железы с регионарной лимфодиссекцией. По результатам патоморфологического заключения картина инвазивной карциномы с признаками выраженного лечебного патоморфоза (RCB-I) по данным системы RCB. Исследуемые л/у с признаками реактивных изменений.

Лучевая терапия являлась следующим этапом лечения. Пациентке была выполнен курс дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) на область резецированной молочной железы и зоны лимфооттока на стороне поражения. Параллельно пациентка начала получать таргетную терапию (ТТ) препаратом трастузумаб до 1 года и гормонотерапию препаратами тамоксифен + аналоги ГРГ (гозерелин). На сегодняшний день, после завершения ТТ пациентка продолжает получать комбинированную гормонотерапию и находится под наблюдением онколога без признаков прогрессирования на протяжении 30 месяцев.

### Обсуждение

Представленный клинический случай иллюстрирует успешное проведение НАХТ и дает надежду на длительную безрецидивную и общую выживаемость. В Сургутской окружной клинической больнице (СОКБ) активно используются методы определения рецептора эпидер-

мального фактора роста, тип 2 (HER2) методом ИГХ, а также определение амплификации гена HER2/neu методом FISH-гибридизации. Как было сказано в клиническом случае, перед проведением курсов НАХТ пациенту необходимо выполнить core-биопсию с установкой рентген-контрастного маркера для визуализации зоны опухоли при последующем оперативном лечении [11].

Как упоминалось выше, частота pCR после неоадъювантного лечения двойной анти-HER2 блокады может достигать 70 %, а пациенты с pCR после неоадъювантной терапии имеют отличную долгосрочную выживаемость. Если бы мы могли точно спрогнозировать pCR после неоадъювантной терапии, мы могли бы отказаться от операции после НАХТ, что позволило бы исключить послеоперационные осложнения и улучшить качество жизни. Однако современные стандартные методы визуализации, такие как МРТ, маммография, УЗИ не могут точно предсказать состояние остаточного заболевания после предоперационной терапии [5].

Ощутимо остается нерешенный вопрос эскалации и деэскалации в терапии раннего РМЖ. Исследование WSG-ADAPT HER2+/HR- показало, что химиотерапия является ключевым компонентом в лечении заболевания HER2+/HR-. В этом исследовании оценивалась эффективность 12-недельного неоадъювантного лечения пертузумабом и трастузумабом ± паклитакселом в подгруппе ER-, и было продемонстрировано впечатляющее значение pCR 90,5 % при двойной блокаде HER2 плюс паклитаксел и показатель pCR 36,3 % без химиотерапии [6].

### Выводы

Исходя из вышеизложенного, неоадъювантная лекарственная терапия HER2-позитивного РМЖ существенно изменилась за последние несколько лет. Неоадъювантное введение терапии следует рассматривать как стандарт лечения для большинства пациентов, которым требуется адъювантная системная химиотерапия препаратами, направленными против HER2. Трансляционные исследования обещают дальнейший отбор пациентов для терапии, направленной на HER2, и разработку новой стратегии лечения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gianni L, Eiermann W, Semiglazov V, Manikhas A, Lluch A, Tjulandin S, Zambetti M, Vazquez F, Byakhov M, Lichinitser M, Climent MA, Ciruelos E, Ojeda B, Mansutti M, Bozhok A, Baronio R, Feyereislova A, Barton C, Valagussa P, Baselga J. Neoadjuvant chemotherapy with trastuzumab followed by adjuvant trastuzumab versus neoadjuvant chemotherapy alone, in patients with HER2-positive locally advanced breast cancer (the NOAH trial): a randomised controlled superiority trial with a parallel HER2-negative cohort. *Lancet*. 2010 Jan 30;375(9712):377–84. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61964-4. PMID: 20113825.
2. Gianni L, Pienkowski T, Im YH, Roman L, Tseng LM, Liu MC, Lluch A, Starosławska E, de la Haba-Rodríguez J, Im SA, Pedrini JL, Poirier B, Morandi P, Semiglazov V, Srimuninnimit V, Bianchi G, Szado T, Ratnayake J, Ross G, Valagussa P. Efficacy and safety of neoadjuvant pertuzumab and trastuzumab in women with locally advanced, inflammatory, or early HER2-positive breast cancer (NeoSphere): a randomised multicentre, open-label, phase 2 trial. *Lancet Oncol*. 2012 Jan;13(1):25–32. doi: 10.1016/S1470-2045(11)70336-9. Epub 2011 Dec 6. PMID: 22153890.
3. Gianni L, Pienkowski T, Im YH, Tseng LM, Liu MC, Lluch A, Starosławska E, de la Haba-Rodríguez J, Im SA, Pedrini JL, Poirier B, Morandi P, Semiglazov V, Srimuninnimit V, Bianchi GV, Magazzù D, McNally V, Douthwaite H, Ross G, Valagussa P. 5-year analysis of neoadjuvant pertuzumab and trastuzumab in patients with locally advanced,

- inflammatory, or early-stage HER2-positive breast cancer (NeoSphere): a multicentre, open-label, phase 2 randomised trial. *Lancet Oncol.* 2016 Jun;17(6):791–800. doi: 10.1016/S1470-2045(16)00163-7. Epub 2016 May 11. PMID: 27179402.
4. Gradishar WJ, Moran MS, Abraham J, et al. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Breast Cancer, Version 2.2022. Accessed February 1, 2022.
  5. Michael L. Marinovich and others, Meta-Analysis of Magnetic Resonance Imaging in Detecting Residual Breast Cancer After Neoadjuvant Therapy, *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, Volume 105, Issue 5, 6 March 2013, Pages 321–333
  6. Nitz UA, Gluz O, Christgen M, Grischke EM, Augustin D, Kuemmel S, Braun M, Potenberg J, Kohls A, Krauss K, Stefek A, Schumacher C, Forstbauer H, Reimer T, Fischer H, Liedtke C, Wuerstlein R, Schumacher J, Kates R, Kreipe H, Harbeck N. De-escalation strategies in HER2-positive early breast cancer (EBC): final analysis of the WSG-ADAPT HER2+/HR- phase II trial: efficacy, safety, and predictive markers for 12 weeks of neoadjuvant dual blockade with trastuzumab and pertuzumab ± weekly paclitaxel. *Ann Oncol.* 2017 Nov 1;28(11):2768–2772. doi: 10.1093/annonc/mdx494. Erratum in: *Ann Oncol.* 2022 Mar;33(3):355. PMID: 28945833.
  7. Parise CA, Caggiano V. The Influence of Socioeconomic Status on Racial/Ethnic Disparities among the ER/PR/HER2 Breast Cancer Subtypes. *J Cancer Epidemiol.* 2015; 2015:813456. doi: 10.1155/2015/813456. Epub 2015 Aug 3. PMID: 26339244; PMCID: PMC4539118.
  8. Puzstai L, Foldi J, Dhawan A, DiGiovanna MP, Mamounas EP. Changing frameworks in treatment sequencing of triple-negative and HER2-positive, early-stage breast cancers. *Lancet Oncol.* 2019 Jul;20(7):e390–e396. doi: 10.1016/S1470-2045(19)30158-5. PMID: 31267973.
  9. Schneeweiss A, Chia S, Hickish T, Harvey V, Eniu A, Hegg R, Tausch C, Seo JH, Tsai YF, Ratnayake J, McNally V, Ross G, Cortés J. Pertuzumab plus trastuzumab in combination with standard neoadjuvant anthracycline-containing and anthracycline-free chemotherapy regimens in patients with HER2-positive early breast cancer: a randomized phase II cardiac safety study (TRYPHAENA). *Ann Oncol.* 2013 Sep;24(9):2278–84. doi: 10.1093/annonc/mdt182. Epub 2013 May 22. PMID: 23704196.
  10. Takada M, Toi M. Neoadjuvant treatment for HER2-positive breast cancer. *Chin Clin Oncol* 2020;9(3):32. doi: 10.21037/cco-20-123.
  11. Telli ML, Gradishar WJ, Ward JH. NCCN Guidelines Updates: Breast Cancer. *J Natl Compr Canc Netw.* 2019 May 1;17(5.5):552–555. doi: 10.6004/jncn.2019.5006. PMID: 31117035.
  12. van Ramshorst MS, van der Voort A, van Werkhoven ED, Mandjes IA, Kemper I, Dezentjé VO, Oving IM, Honkoop AH, Tick LW, van de Wouw AJ, Mandigers CM, van Warmerdam LJ, Wesseling J, Vrancken Peeters MT, Linn SC, Sonke GS; Dutch Breast Cancer Research Group (BOOG). Neoadjuvant chemotherapy with or without anthracyclines in the presence of dual HER2 blockade for HER2-positive breast cancer (TRAIN-2): a multicentre, open-label, randomised, phase 3 trial. *Lancet Oncol.* 2018 Dec;19(12):1630–1640. doi: 10.1016/S1470-2045(18)30570-9. Epub 2018 Nov 6. PMID: 30413379.
  13. Коваленко, Е.И. Неоадьювантная терапия рака молочной железы. Значение резидуальной болезни / Е.И. Коваленко, Е.В. Артамонова // Медицинский алфавит. — 2020. — № 20. — С. 30–33. — DOI 10.33667/2078-5631-2020-20-30-33. — EDN KTKGEI.
  14. Колядина, И.В. Ключевые исследования, изменившие историю и принципы лечения раннего HER2+ рака молочной железы: фокус на индивидуализацию терапии / И.В. Колядина, И.В. Поддубная // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2020. — Т. 16, № 3. — С. 46–56. — DOI 10.17650/1994-4098-2020-16-3-46-55. — EDN IVYYPO.
  15. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака молочной железы / С.А. Тюлядин, Л.Г. Жукова, И.А. Королева [и др.] // Злокачественные опухоли. — 2021. — Т. 11, № 3S2-1. — С. 119–157. — DOI 10.18027/2224-5057-2021-11-3s2-09. — EDN NMXYNU.

© Кривохижин Игорь Викторович (krivokhizhin1993@mail.ru); Парсаданян Арапат Микичович (parsadanyanam@surgutokb.ru);

Степанян Арус Араатовна (arus\_pars@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА В РСО-АЛАНИЯ

## TREATMENT AND DIAGNOSTIC ERRORS OF PARKINSON'S DISEASE IN NORTH OSSETIA-ALANIA

A. Kumakhov

**Summary.** Parkinson's disease (PD) is a chronic neurodegenerative disease that leads to severe disability in patients. The disease has been known to the whole world for quite a long time, when James Parkinson first described it in 1817 as «trembling palsy». Even with the progress of medicine and the emergence of modern instrumental methods for diagnosing diseases, verification of Parkinson's disease is mainly carried out on the basis of a clinical examination of the patient, collection of complaints and anamnesis. At this stage, a significant part of specialists make mistakes, which subsequently leads to the appointment of inadequate therapy and the lack of effectiveness of treatment. It was decided to investigate this issue in the Republic of North Ossetia-Alania, where we got uninspiring results. Significant problems and errors in the diagnosis and treatment of PD at various stages of medical care have been identified. Some methods for solving these problems are also proposed.

**Keywords:** Parkinson's disease, essential tremor, treatment and diagnostic errors, North Ossetia-Alania, outpatient department.

**Кумахов Амирхан Алимович**  
Ассистент, Северо-Осетинская  
государственная академия, г. Владикавказ  
ya.kumahov@yandex.ru

**Аннотация.** Болезнь Паркинсона (БП) является хроническим нейродегенеративным заболеванием, которая приводит к серьезной инвалидизации пациентов. Болезнь известна всему миру уже довольно длительное время, когда впервые Джеймс Паркинсон описал ее в 1817 году как «дрожательный паралич». Даже с учетом прогресса медицины и появлением современных инструментальных методов диагностики болезней, верификация болезни Паркинсона в основном осуществляется на основе клинического осмотра больного, сбора жалоб и анамнеза. На этом этапе значимая часть специалистов допускают ошибки, что впоследствии приводит к назначению неадекватной терапии и отсутствию эффективности от лечения. Данный вопрос решено было исследовать и в Республике Северная Осетия-Алания, где мы получили не вдохновляющие результаты. Выявлены значимые проблемы и ошибки в диагностировании и лечении БП на различных этапах оказания медицинской помощи. Предложены также некоторые методы решения этих проблем.

**Ключевые слова:** болезнь Паркинсона, эссенциальный тремор, лечебно-диагностические ошибки, РСО-Алания, амбулаторно-поликлиническое звено.

### Актуальность

**П**аркинсонизм — это клинический синдром, включающий сочетание двигательных расстройств, а именно брадикинезии, тремора покоя, мышечной ригидности, эпизодов «замирания», постуральной неустойчивости [1]. В структуре паркинсонизма болезнь Паркинсона занимает первое место. На её долю приходится в среднем от 60 до 80% всех случаев [2]. Что касается структуры нейродегенеративных болезней, тут болезнь Паркинсона занимает второе место после болезни Альцгеймера [3]. По данным ВОЗ, в мире около 4 миллионов человек болеют этим коварным заболеванием, а в России число больных составляет не менее 210 тысяч, при этом ежегодно заболевают примерно около 20 тысяч человек. Ориентировочные расчеты показывают, что примерно четверть пациентов в РФ оказываются вне сферы медицинской помощи, причем в большинстве случаев это пациенты с ранней стадией заболевания [4]. БП имеет коварное начало и диагностируется при появлении первичных двигательных расстройств. Некоторые моторные и немоторные признаки могут проявиться на ранней стадии заболевания до постановки диагноза [5]. Клиническая картина болезни Паркинсона может быть настолько разнообразной, что выставить

клинически правильный диагноз часто затруднительно. Интоксикации, фармакологические препараты, мульти-системные атрофии и другие дегенеративные заболевания могут вызывать клинические синдромы, почти неотличимые от таковых при БП. Клиническая диагностика БП есть и остается сложной задачей [6]. До недавнего времени для постановки диагноза БП использовались критерии Общества БП Великобритании, которые включали диагностику синдрома паркинсонизма, а также критерии, исключающие и подтверждающие БП. Использование этих критериев давало до 24 % неправильных диагнозов [7]. Также диагноз болезни Паркинсона выставляется по критериям, составленным международным обществом расстройств движения (MDS) в 2015 году [8]. Несмотря на имеющиеся различные критерии диагностики болезни Паркинсона, выявление данного заболевания остается слабым местом для специалистов неврологического профиля и остается актуальным на данный момент.

### Материалы и методы

Путём анкетирования специальными анкетами, исследования медицинских карт и заключений специалистов, опроса и осмотра больных получены данные для

данной статьи, которые далее были подвержены тщательному анализу. Систематизация данных производилась по диагнозу, а также по проблемам диагностирования и лечения болезней.

### Результаты исследования

После обращения к нам мы изучили данные 73 пациентов с подтвержденным диагнозом БП по критериям международного общества расстройств движения и 12 пациентов с эссенциальным тремором и вторичным паркинсонизмом. Стоит отметить, что изначально у этих 12 пациентов в медицинских заключениях стоял диагноз БП, однако вследствие осмотра диагноза были заменены на вторичные формы паркинсонизма и эссенциальный тремор, что говорит о гипердиагностике болезни Паркинсона в некоторых случаях. Среди обследованных пациентов с БП было 43 женщины (58,9 %) и 30 мужчин (41,1 %). Данное распределение не характерно для болезни Паркинсона, ведь по данным литературы в основном данному заболеванию подвержены лица мужского пола [9]. Полученная особенность преобладания пациентов женского пола возможно связана с более высокой обращаемостью женщин за медицинской помощью, так как по статистике женщины являются более ответственными, чем мужчины [10]. Во второй группе было 5 мужчин (41,7 %) и 7 женщин (58,3 %). Обследованные пациенты были как с сельской местности, так и с городской. 53 пациента (62,4 %) проживали в городской среде, а остальные 32 (37,6 %) – в селах. Обращаемость за неврологической помощью в частные и в амбулаторно-поликлинические кабинеты была неодинаковой в зависимости от места проживания человека. Так 47,2 % городских жителей обратилось в частные клиники против 31,3 % жителей сел. Статистически достоверная разница в 15,9% ( $p < 0,05$ ), возможно, связана с отсутствием или малым количеством частных кабинетов в сельских поселениях, зато лечебные учреждения первичного звена более доступны для данного контингента людей. Именно туда большая часть 59,4 % пациентов с сел обратилось за медицинской помощью. Обращаемость в ЛПУ стационарного типа не нашла особых отличий в зависимости от места жительства больного.

Разбирая первичную обращаемость пациентов за неврологической помощью, было отмечено, что промежуток времени с момента появления первых симптомов заболевания до посещения врача может растягиваться на многие годы по разным причинам. Большинство пациентов (85,2 %) обратилось за первичной специализированной помощью в первые три года заболевания. Максимальное время отсрочки было 20 лет у пациентки с эссенциальным тремором. На данном этапе также прослеживается тенденция более ответственного отношения женщин к своему здоровью, как мы и упомянули ранее. Из тех 23 (27,5 %) из 85 пациентов, кто решился

обратиться к врачу практически сразу после появления симптомов, 16 относились к лицам женского пола, а 7 относились к мужскому полу. У остальных 58 человек (72,5 %), которые решили отложить свой визит к неврологу на короткое или длительное время, мы решили уточнить причины данного поступка. Почти половина пациентов (45 %) попросту не обращала внимание на развивающиеся у них симптомы болезни. По 13,5 % пациентов ответили, что не знали к кому обратиться с данными жалобами, или у них не было времени и средств. Остальные 28 % людей, видимо, начитавшись в разных источниках или поговорив со знакомыми людьми о своих симптомах, боялись получить подтвержденный диагноз серьезного заболевания, которое будет навсегда. В работе была проведена оценка верификации диагноза БП в разных ЛПУ. 12 пациентам, как уже мы говорили, поставили ошибочный диагноз БП. Из них 7 пациентов обращались в лечебное учреждение первичного звена, а остальные 5 — в частную клинику. Что касается данных остальных 73 пациентов, то наибольшая первичная выявляемость БП происходила в отделениях неврологии специализированных стационаров, где цифра достигала 83,5 %, а затем частных клиниках (79,3 %). Это связано, вероятнее всего, с более высокой квалификацией неврологов в данных учреждениях и наличием у них больше времени на осмотр и опрос пациента, а в частных клиниках — еще и с финансовым фактором. Серьезная проблема обнаруживается в медицинских учреждениях первичного звена, где в чуть больше половине случаев (55,7 %) выставляется ошибочный диагноз хронической ишемии головного мозга с синдромом паркинсонизма и эссенциального тремора. А после изучения медицинских карт приблизительно у 1/3 пациентов и вовсе стоял просто диагноз хронического сосудистого поражения головного мозга без признаков экстрапиримидной патологии. Суммарно первичная выявляемость БП составила 41/73 (56,2 %). У остальных 32 пациентов (43,8 %), кому на первичном осмотре не смогли выявить БП, мы постарались выяснить тот период времени, в котором они находились без верного диагноза. Диапазон времени без диагноза БП после первичного обращения составил от месяца до 4 лет. Если суммировать сроки не обращаемости пациента за медицинской помощью со сроками постановки правильного диагноза уже после первичного обращения, то получаются иногда значительные цифры. Также получается, что многие пациенты за это время не получают адекватного лечения и компенсации своего состояния, а болезнь вовсе может прогрессировать быстрее и поздняя терапия может уже не принести ожидаемого эффекта. Что касается 12 пациентов, у которых была гипердиагностика БП, то диапазон выставления верного диагноза после первичного обращения начинался также от 1 месяца, но уже доходил до 10 лет. Получается, что пациент, которому при первичном обращении выставили неверный диагноз БП, длительное время принимал неадекватную, неэффективную терапию, затрачивая

на это немалые деньги, а также бессмысленно подвергал нагрузке органы детоксикации лекарственных препаратов.

Мы также подвергли анализу стартовую и поддерживающую терапию болезни Паркинсона. У 15 из 73 пациентов мы не смогли определить характер стартовой терапии, так как зачастую пациенты не помнили начало лечения и не было медицинских сопровождающих документов. У других 58 пациентов качество стартовой терапии было разным. Почти половина пациентов (44,8 %) начали свое лечение с неправильной схемы, куда, к примеру, входило нарушение кратности приема противопаркинсонических препаратов или же назначение сразу высоких, ударных доз препаратов без соблюдения титрования. Такой поступок часто приводил к развитию побочных эффектов. В поддерживающей терапии также были обнаружены пробелы, хотя ситуация на данном этапе уже получше, ведь пациент уже болеет длительное время и за это время успел посетить не одного врача. Количество людей, принимавших неадекватную поддерживающую терапию, составило 24 %, что, как мы видим, меньше по сравнению с начальной терапией. Как и с

диагностикой БП, лечение лучше производилось в стационарах и частных клиниках. Распределение лечебных ошибок было таким: 73 % всех ошибок приходились на ЛПУ первичного звена, 21 % на частные кабинеты, 6 % на стационары.

### Заключение

Подводя итоги данного исследования можно сказать, что в регионе существуют значительные проблемы в диагностике и лечении не только болезни Паркинсона, но и вторичных форм паркинсонизма, эссенциального тремора. По нашему мнению, причинами этого являются низкое просвещение пациентов по этим заболеваниям, а также более низкая квалификация неврологов по сравнению с центральными регионами и отсутствие специализированного кабинета экстрапирамидной помощи. На данном этапе реализован данный кабинет, но пока на базе частного ЛПУ. Также методом решения явилось проведение санитарно-просветительных работ с людьми группы риска БП и повышение квалификации врачей ЛПУ путем проведения лекций, бесед, распространения методических материалов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Fahn S. Description of Parkinson's disease as a clinical syndrome / S. Fahn // *Annals of the New York Academy of Sciences*. — 2003. — Vol. 991. — Pp. 1–14.
2. Катунина Е.А., Бездольный Ю.Н. Эпидемиологические исследования паркинсонизма. Методические рекомендации. Российский государственный медицинский университет им. Н.И. Пирогова. / Е.А. Катунина, Ю.Н. Бездольный // Кафедра неврологии и нейрохирургии лечебного факультета. — 2010. — С.13.
3. De Lau L.M, Breteler M.M. Epidemiology of Parkinson's disease / L.M. De Lau, M.M. Breteler // *The Lancet. Neurology*. — 2006. — Vol. 5, №4. — Pp. 525–535
4. Левин О.С., Федорова Н.В. Болезнь Паркинсона / О.С. Левин, Н.В. Федорова // М.: МЕДпресс-информ, — 2011, С. 30
5. Schrag A. Prediagnostic presentations of Parkinson's disease in primary care: a case-control study / A. Schrag, L. Horsfall, K. Walters, A. Noyce, I. Petersen // *The Lancet Neurology*. — 2015. — Vol. 14. — Pp. 57–64.
6. Koller W.C. «When does Parkinson's disease begin?» / W.C. Koller // *Neurology*. — 1992. — Vol. 42. — Pp. 27–31
7. Huttunen J. Pre- and postcentral somatosensory evoked potentials in Huntington's disease: effects of stimulus repetition rate / J. Huttunen, V. Homberg, H.W. Lange // *Journal of the neurological sciences*. — 1993. — Vol. 116. — Pp. 119–124.
8. Postuma R.B. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease / R.B. Postuma, D. Berg, M. Stern et al. // *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*. — 2015. — Vol. 30. — Pp. 1591–1601.
9. Tolosa E. Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease / E. Tolosa, A. Garrido, S.W. Scholz, W. Poewe // *The Lancet Neurology*. — 2021. — Vol. 20, №5. — Pp. 385–397.
10. Рогачева Т.В. Влияние гендерных особенностей на здоровье / Т.В. Рогачева // *Сибирский психологический журнал*. — 2012. — № 44. — С. 23–3

© Кумахов Амирхан Алимович (ya.kumahov@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# COVID-19 И СОСУДИСТЫЙ ПАРКИНСОНИЗМ. РАЗБОР КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

## COVID-19 AND VASCULAR PARKINSONISM. ANALYSIS OF A CLINICAL CASE

**A. Kumakhov  
L. Tlapshokova  
U. Duduev**

**Summary.** A clinical case is devoted to the development of vascular parkinsonism after an infectious disease caused by a new coronavirus infection COVID-19. Data about the patient was taken by studying the patient's medical records, as well as conducting a neurological examination, analyzing complaints, anamnesis of the disease and life. During the examination of the patient, diagnostic errors were found in the verification of extrapyramidal pathology and in therapy. We made a diagnosis of secondary parkinsonism more appropriate to the patient's condition and prescribed treatment, which subsequently proved to be effective. The clinical example shows that after a coronavirus infection, not only Parkinson's disease can develop or worsen, but secondary types of parkinsonism can also develop.

**Keywords:** Parkinson's disease, vascular parkinsonism, coronavirus infection, COVID-19, brain MRI.

### Актуальность

Коронавирусная болезнь 2019 (COVID-19), вызванная SARS-CoV-2 тяжелого респираторного острого синдрома, была связана со многими сопутствующими неврологическими проявлениями, включая головную боль, миалгию, anosмию и агевзию, а также и с неврологическими синдромами в виде энцефалопатии, инсульта, комы, демиелинизирующих болезней [1, 2]. До сегодняшнего времени сообщалось о нескольких случаях паркинсонизма, связанных с инфекцией COVID-19, что повышает вероятность поствирусного паркинсонического синдрома. Данная гипотеза была подтверждена способностью вируса проникать в центральную нервную систему через обонятельный тракт и вызывать в последующем гибель нейронов [3, 4]. Коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 может также выступать в качестве коморбидного заболевания у пациентов с болезнью Паркинсона и усиливать ее основные проявления, особенно учитывая тот факт, что оба заболевания преимущественно обнаруживаются у лиц пожилого возраста [5]. Развитие сосудистого паркинсонизма в основном связано с ишемическими и геморрагическими событиями в нигростриарном пути.

**Кумахов Амирхан Алимович**  
Ассистент, Северо-Осетинская  
государственная академия, Владикавказ  
ya.kumakhov@yandex.ru

**Тлапшокова Лариса Беталовна**  
Профессор, Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик  
larisatlapshokova@mail.ru

**Дудуев Умар Сатовхаджиевич**  
Ассистент, Чеченский государственный университет  
им. А.А. Кадырова, Грозный  
duduevumar95@yandex.ru

**Аннотация.** Клинический случай посвящен развитию сосудистого паркинсонизма после перенесенного инфекционного заболевания, вызванной новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Данные о пациенте взяты путем изучения медицинской документации пациента, а также проведения неврологического осмотра, анализа жалоб, анамнеза заболевания и жизни. Во время обследования пациента обнаружены диагностические ошибки в верификации экстрапирамидной патологии и в терапии. Нами был выставлен более соответствующий состоянию больного диагноз вторичного паркинсонизма и было назначено лечение, которое впоследствии проявило свою эффективность. Клинический пример показывает, что после коронавирусной инфекции не только может развиваться или усугубиться болезнь Паркинсона (БП), но также могут развиваться и вторичные виды паркинсонизма.

**Ключевые слова:** болезнь Паркинсона, сосудистый паркинсонизм, коронавирусная инфекция, COVID-19, МРТ головного мозга.

Реже причиной данной болезни является поражение мелких сосудов в белом веществе головного мозга. Учитывая склонность к развитию тромбозов сосудов в различных органах у пациентов с инфекцией COVID-19, можно предположить, что развитие сосудистого паркинсонизма после коронавирусной инфекции связано с этой причиной [6]. Из-за недостаточного количества информации о развитии паркинсонизма после или наряду с COVID-19 каждый последующий случай такой комбинации болезней немаловажен и нуждается в обсуждении.

### Материалы и методы

Материалом для статьи послужил консультативный прием пациента на дому с проведением тщательного опроса и неврологического осмотра, а также изучение выписок из стационаров, амбулаторной карты пациента и заключений специалистов, к которым обследуемый обращался ранее.

### Результаты исследования

В мае 2023 года на дому была осуществлена консультация мужчины 1950 года рождения после звонка

в медицинскую клинику. При опросе пациент жаловался на затруднение ходьбы с частыми падениями, скованность в ногах и умеренный тремор в руках. Из анамнеза стало известно, что приблизительно два года назад перенес двустороннюю полисегментарную пневмонию, ассоциированную с инфекцией SARS-CoV-2. Заболевание протекало в средней степени тяжести. Спустя несколько месяцев после реконвалесценции начал замечать нарастание скованности в ногах и тремор в верхних конечностях. Со временем начал ходить с трудом, спотыкаться, падать, появились эпизоды длительных застываний, самостоятельно практически не мог вставать с кровати. Спустя еще один год родственники решили обратиться к неврологу в поликлинику по месту жительства. Оценив состояние больного, специалист поликлиники выставил диагноз болезни Паркинсона, 3 стадия по Хен и Яру и назначил терапию пирибедилом в дозе 50 мг один раз утром. Данное лечение пациент принимал в течении двух месяцев без эффекта. Оценивая действия врача поликлинического звена, можно сказать, что была проведена гипердиагностика болезни Паркинсона, а также назначена неправильная схема терапии. Если брать в расчет 3 стадию по Хен и Яру, то назначение в такой низкой дозе пирибедила нецелесообразно. Такое быстрое развитие «нижнего паркинсонизма» чаще характерно как раз для сосудистого паркинсонизма, нежели для БП, где симптомы в основном начинаются асимметрично, с одной стороны [7,8]. Неправильная диагностика паркинсонизма чревато усугублением заболевания для пациента, назначением неадекватных схем лечения, что мы видим и в данной ситуации. Далее пациент провел курс стационарной терапии в августе 2022 года, где ему выставили диагноз сосудистого паркинсонизма с поражением нижних конечностей. После проведения лечения состояние пациента незначительно улучшилось. При выписке была назначена леводопа/бенсеразид в дозе 1/4 таблетки 250 мг, пирибедил 50 мг утром и амантадина сульфат 100 мг утром и в обед. Данную схему лечения пациент принимает по сегодняшний день, хотя значимой эффективности и не отмечает. Болезнь незначительно усилилась с развитием скованности в левой руке, усилением тремора в руках. Последнее МРТ головного мозга проведена в мае 2022 года: очаговая ангиопатия лобных и теменных долей, кортикальная атрофия теменных долей ГМ.

*Неврологический статус на момент осмотра:* В сознании. Речь правильная. Инструкции выполняет все. Менингеальных знаков нет. Зрачки D=S. Лицо симметричное. Глоточный рефлекс и глотание сохранено. Язык по средней линии. Рефлексы с рук и ног D=S, средней живости. Впечатлений парезов нет. Мелкоамплитудный тремор покоя верхних конечностей. Выраженная брадикинезия всех конечностей, преимущественно левой руки и нижних конечностей. Тонус выражено повышен по пластическому типу «зубчатого колеса» в левой руке

и нижних конечностях. Самостоятельно с трудом встает с кровати, затруднение инициации ходьбы, шаркающая семенящая походка, повороты мелкими «шажками», топчется на месте, легкий ахейрокинез и камптокормия. Тазовые функции контролирует. Легкий когнитивный дефицит с MMSE 27б. Шкала активности Тиннети: 10 баллов выраженное снижение двигательной активности.

Учитывая клинические рекомендации по диагностике сосудистого паркинсонизма и болезни Паркинсона, было решено окончательно выставить пациенту диагноз: сосудистый паркинсонизм, вызванный предположительно COVID 19, с вовлечением преимущественно нижних конечностей, дрожательно-ригидная форма, выраженные постуральные нарушения. Клинические исследования рекомендуют назначение нейропротекторной терапии пациентам с сосудистым паркинсонизмом, хотя ее эффективность до конца не доказана. Из других препаратов рекомендовано назначение в высоких дозах препаратов леводопы, и что важно, оценка терапии должна проводиться после не менее трех месяцев лечения [9,10].

Мы порекомендовали продолжить прием пирибедила, увеличив дозу до 50 мг утром и вечером, так как доказана ее эффективность при когнитивных нарушениях [11]. Также рекомендовали увеличить дозу препарата леводопа/бенсеразид до 250 мг 3 раза в сутки и принимать по такой схеме 3 месяца, следуя клиническим рекомендациям. Обязательно пациентам с паркинсонизмом необходимо проводить реабилитационные мероприятия, что забывается многими специалистами, как и в этом клиническом случае. Проведена оценка состояния пациента спустя несколько месяцев после назначения курса комбинированной терапии. Отмечена хоть и незначительная, но положительная динамика состояния пациента с улучшением функций ходьбы, уменьшением количества застываний и падений, а также скованности.

### Заключение

Данный клинический случай показывает нам возможность развития сосудистого паркинсонизма после перенесенной инфекции COVID-19. Необходимо всегда тщательно собирать анамнез заболевания пациента, проводить неврологический осмотр, уделять время изучению медицинской документации пациентам с экстрапирамидными симптомами, ведь диагноз основывается в основном на клиническом осмотре больного. Как было видно на клиническом примере, неправильный диагноз ведет к назначению несоответствующего лечения и отсутствию эффективности от такого лечения. Данная статья будет полезна практикующим специалистам, особенно первичного амбулаторно-поликлинического звена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Chou SH, Beghi E, Helbok R, et al. Global Incidence of Neurological Manifestations Among Patients Hospitalized With COVID-19-A Report for the GCS-NeuroCOVID Consortium and the ENERGY Consortium. *JAMA Netw Open*. 2021; 4(5): e2112131.
2. Fraiman P, Godeiro Junior C, Moro E, Cavallieri F, Zedde M. COVID-19 and Cerebrovascular Diseases: A Systematic Review and Perspectives for Stroke Management. *Front Neurol*. 2020; 11:574694.
3. Cohen ME, Eichel R, Steiner-Birmanns B, et al. A case of probable Parkinson's disease after SARS-CoV-2 infection. *Lancet Neurol*. 2020;19(10):804–805.
4. Sulzer D, Antonini A, Leta V, et al. COVID-19 and possible links with Parkinson's disease and parkinsonism: from bench to bedside. *NPJ Parkinsons Dis*. 2020; 6:18. Published 2020 Aug 20.
5. Cavallieri F, Fioravanti V, Bove F, et al. COVID-19 and Parkinsonism: A Critical Appraisal. *Biomolecules*. 2022;12(7):970. Published 2022 Jul 11.
6. Неъматзода Окилджон, Гаибов Алиджон Джураевич, Калмыков Еган Леонидович, and Баратов Алишер Кенджаевич. "COVID-19-АССОЦИИРОВАННЫЙ АРТЕРИАЛЬНЫЙ ТРОМБОЗ" Вестник Авиценны, vol. 23, no. 1, 2021, pp. 85–94.
7. Thompson PD, Marsden CD. Gait disorder of subcortical arteriosclerotic encephalopathy: Binswanger's disease. *Mov Disord*. 1987; 2(1):1–8.
8. Yamanouchi H, Nagura H. Neurological signs and frontal white matter lesions in vascular parkinsonism. A clinicopathologic study. *Stroke*. 1997;28(5):965–969.
9. Friedman JH. Viewpoint: Challenges in our understanding of neuroleptic induced parkinsonism. *Park Relat Disord*; 2014; 20:1325–8.
10. Zijlmans, J.C.M., Katzenschlager, R., Daniel, S.E., Lees, A.J.L. 2004. The L-dopa response in vascular parkinsonism. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(4), 545–547.
11. Яхно Н.Н., Захаров В.В., Страчунская Е.Я. Лечение недементных когнитивных нарушений у пациентов с артериальной гипертензией и церебральным атеросклерозом. (По результатам российского мультицентрового исследования ФУЭТЕ.) // *Неврологический журнал*. 2012. № 4. С. 49–55.

© Кумахов Амирхан Алимович (ya.kumahov@yandex.ru); Тлапшокова Лариса Беталовна (larisatlapshokova@mail.ru);

Дудуев Умар Сатовхаджиевич (duduevumar95@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ ДВУХЛЕТНЕЙ ВЫЖИВАЕМОСТИ ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ В 2020 ГОДУ И ДО НЕЕ В 2019 ГОДУ

## ANALYSIS OF TWO-YEAR SURVIVAL OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION DURING THE PANDEMIC IN 2020 AND BEFORE IT IN 2019

**A. Maltsev  
V. Koriagin**

**Summary. Relevance.** Limited information is available on the long-term outcomes of patients with acute myocardial infarction (AMI) during the 2020 novel coronavirus pandemic.

The **aim** of the study was to determine the two-year survival rate among patients with AMI during the novel coronavirus infection (COVID-19) pandemic in 2020 compared to the same period in pre-pandemic 2019.

**Materials and methods.** In a single-centre retrospective study, we assessed the outcomes of patients admitted with acute myocardial infarction during the COVID-19 pandemic (01.10.2020–10.12.2020) compared with patients with AMI admitted during the same period a year earlier.

**Results.** In 2020, 151 people and 289 people in 2019 with AMI applied to the regional vascular center. There was an increase in MI mortality from 4.1 % before the pandemic to 9.9 % ( $p=0.04$ ) during the 2020 pandemic. Analysis of relapse-free survival of patients was performed using the method of Kaplan-Meier curves. By the end of the first year in 2020, 82.1 % of patients remain from the baseline, and in 2019 88.1 %,  $p = 0.001$ , at the end of 24 months of observation, 78.2 % among AMI patients in 2020 and 83.5% in 2019,  $p=0.0015$ .

**Conclusion.** We conducted a retrospective analysis of a large to date case series of patients with AMI during a pandemic in Russia. We found a high mortality and a negative prognosis in the analysis of long-term survival compared to the period before the pandemic of a new coronavirus infection.

**Keywords:** myocardial infarction, COVID 19, mortality, survival.

**Мальцев Алексей Ильич**

Соискатель, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера;  
Врач кардиолог, ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер  
1412131@mail.ru

**Корягин Владимир Сергеевич**

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера  
vladimirkoriagin12@gmail.com

**Аннотация. Актуальность.** Имеется ограниченная информация об долгосрочных исходах пациентов с острым инфарктом миокарда (ИМ) во время пандемии новой коронавирусной инфекции (НКВИ) в 2020 году.

**Целью исследования** было определить двухлетнюю выживаемость среди пациентов с перенесенным ИМ во время пандемии новой коронавирусной инфекции в 2020 году по сравнению с аналогичным периодом допандемийного 2019 года.

**Материалы и методы.** В одноцентровом ретроспективном исследовании мы оценили исходы пациентов, поступивших с острым инфарктом миокарда во время пандемии НКВИ (01.10.2020–10.12.2020 г.) по сравнению с пациентами с ИМ, поступившими в тот же период годом ранее.

**Результаты.** В 2020 году обратилось 151 человек и 289 человек в 2019 году с ИМ в региональный сосудистый центр. Имелся рост летальности от ИМ с 4,1 % до пандемии до 9,9 % ( $p=0,04$ ) во время пандемии 2020 года. Анализ безрецидивной выживаемости пациентов, был выполнен с помощью метода кривых Каплана-Мейера. К концу первого года в 2020 году остаётся 82,1 % больных от исходного, а в 2019 году 88,1 %,  $p=0,001$ , по окончании 24 месяцев наблюдения 78,2 % среди пациентов ИМ в 2020 году и 83,5 % в 2019 году,  $p=0,0015$ .

**Заключение.** Мы провели ретроспективный анализ крупной на сегодняшний день серии случаев пациентов с ИМ во время пандемии на территории России. Обнаружили высокую летальность и отрицательный прогноз по анализу долгосрочной выживаемости по сравнению с периодом до пандемии новой коронавирусной инфекции.

**Ключевые слова:** инфаркт миокарда, COVID 19, летальность, выживаемость.

### Актуальность

Имеется ограниченная информация об долгосрочных исходах пациентов с острым инфарктом миокарда (ИМ) во время пандемии новой коронавирусной инфекции (НКВИ) в 2020 году. По итогам 2020 года Пермский край по показателю общей смертности на 100 000 населения находилась в так называемой «красной» зоне со значением показателя выше среднего по РФ (1 543,6 против 1 447,3) и его ростом в динамике на 16,8 % при среднероссийском росте 17,9 %.

Целью исследования было определить двухлетнюю выживаемость среди пациентов с перенесенным ИМ во время пандемии НКВИ в 2020 году по сравнению с аналогичным периодом допандемийного 2019 года.

### Материал и методы

Мы провели ретроспективный анализ последовательных пациентов с 01 октября 2020 г. по 10 декабря 2020 г., которые обратились с ИМ в региональный сосудистый центр ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер, и последовательных пациентов с ИМ с 1 октя-

бря 2019 г. по 10 декабря 2019 г. Статистический анализ проведен с использованием SPSS.

### Результаты

В 2020 году обратилось 151 человек и 289 человек в 2019 году с ИМ в региональный сосудистый центр. Крупный международный наблюдательный Глобальный регистр острых коронарных событий (GRACE) также продемонстрировал отличную способность оценивать риск смерти в стационаре [3]. Пандемия НКВИ независимо связана с более высокой внутрибольничной летальностью у пациентов с ИМ. В 2020 году пациенты были значительно тяжелее, большее количество кардиогенных шоков и отеков легких, ( $p=0,03$ ), таблица 1.

Таблица 1.

Тяжесть острого инфаркта миокарда при поступлении в период пандемии в 2020 году и до нее в 2019 году

Тяжесть ИМ	1 группа Пандемия 2020 (n= 151)		2 группа До пандемии 2019 (n=289)		p
	M±SD	95 % ДИ	M±SD	95 % ДИ	
Баллы по шкале GRACE	147,9±38,4	126,05–133,13	129,6±31,4	124,05–136,14	0,03*

\* — различия показателей статистически значимы ( $p<0,05$ )

Имелся рост летальности от ИМ с 4,1 % до пандемии до 9,9 % ( $p=0,04$ ) во время пандемии 2020 года. По данным мониторинга ИБС Минздрава России в Пермском крае в 2020 году зарегистрирован рост летальности от ИМ в стационарах региона с 10,6 % до 12,9 %.

Нами проведена оценка зависимости вероятности смерти от дней после выписки была выполнена с помощью анализа выживаемости. Получение данные представлены в таблице дожития (таблица 2). В выборку попали только пациенты, которые умерли в течение 24 месяцев с момента выписки как в 2019 году, так и в 2020 году.

Таблица 2.

Госпитальная летальность от ИМ в период пандемии в 2020 году и до нее в 2019 году

Летальность ИМ	Распространённость по годам				p	ОШ; 95% ДИ
	1 группа Пандемия 2020 (n= 151)		2 группа До пандемии 2019 (n=289)			
	Абс., чел.	%	Абс., чел.	%		
Всего	14	9,9	12	4,1	0,04*	2,43; 1,061–6,01

\* — различия показателей статистически значимы ( $p<0,05$ )

Анализ безрецидивной выживаемости пациентов, был выполнен с помощью метода кривых Каплана-Мейера (рисунок 1). Следует обратить внимание, что к концу первого года в 2020 году остается 82,1 % больных от исходного, а в 2019 году 88,1 %, разница значительная, при этом по окончании 24 месяцев наблюдения 78,2 % среди пациентов ИМ в 2020 году и 83,5 % в 2019 году.

### Обсуждение

На сегодняшний день данные о долговременных исходах ИМ во время пандемии НКВИ ограничены. Начало социального сдерживания — состояние изоляции — для уменьшения распространения инфекции НКВИ было связано с почти со снижением количества госпитализаций с ИМ и значительно более высокой ранней смертностью от ИМ, учитывая количество пациентов с ИМ, которые не обращаются в больницу [4]. В 2020 году высокая доля больных, умерших от ИМ вне стационара в Пермском крае: 43,5 % против 38,5 % по России по результатам анализа главного внештатного кардиолога Пермского края Спасенкова Г.Н.

Во время второй волны пандемии в 2020 году имелось явление, связанное с отсроченным лечением ИМ или его отсутствие что привело к увеличению смертности, связанных с ИМ. Было выявлено, что пациенты, не страдающие НКВИ, не обращаются за госпитализацией из-за опасений по поводу риска внутрибольничной инфекции НКВИ [1, 4, 5]. В условиях распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 в регионе были сформированы временные приказы по оказанию помощи пациентам с острой кардиологической патологией (приказ Министерства здравоохранения Пермского края от 22.04.2020 № СЭД-34-01-05-316 «О маршрутизации больных с ОКС и признаками возможного развития новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на территории Пермского края», от 16.11.2020 № СЭД-34-01-05-606 «Об утверждении временной схемы маршрутизации взрослых пациентов при подозрении/подтверждении новой коронавирусной инфекции (COVID-19) с сопутствующей патологией, требующей оказания специализированной медицинской помощи», от 30.12.2020 № 34-04-05-843 «О внесении изменений в приказ Министерства здравоохранения Пермского края от 14.09.2018 № СЭД34-01-06-786».

Имелся рост летальности от ИМ во время пандемии 2020 года в региональном сосудистом центре [9], при этом по данным мониторинга ишемической болезни сердца Минздрава России в Пермском крае в 2020 году зарегистрирован рост летальности от ИМ в стационарах региона с 10,6 % до 12,9 %, включая первичные сосудистые отделения.

Наше исследование предполагает, что эффективные организационные изменения могут противостоять не-

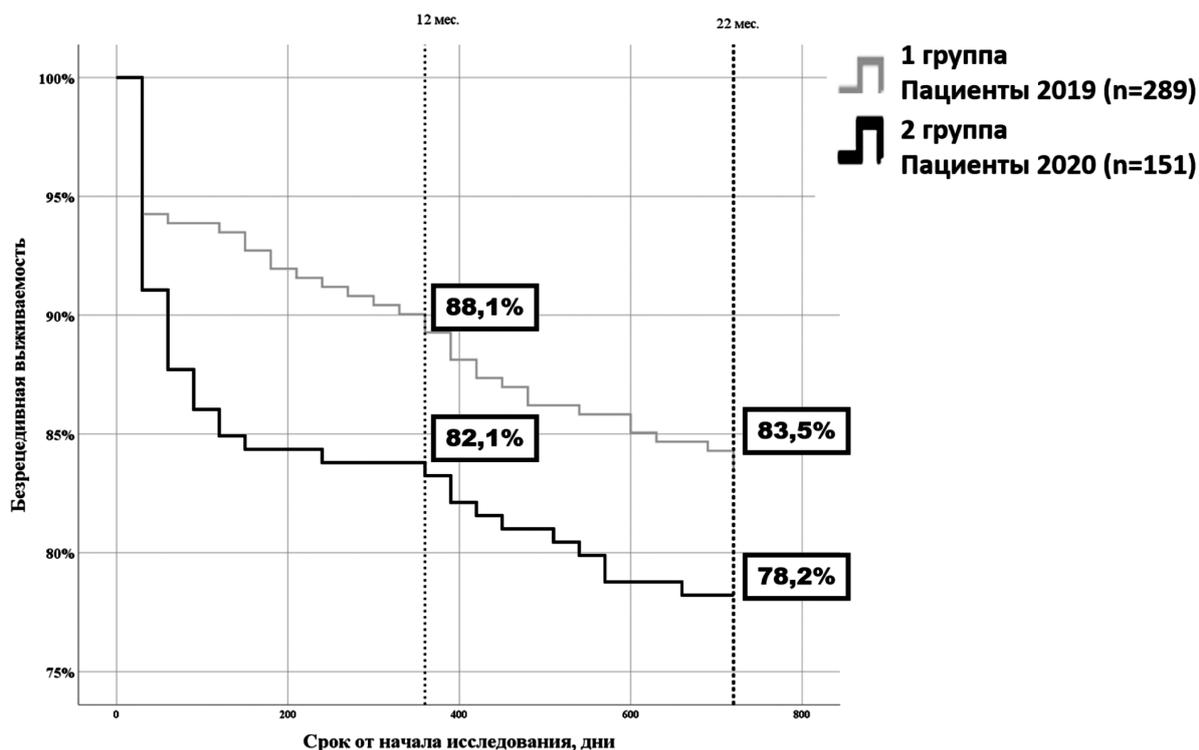


Рис. 1. Анализ безрецидивной выживаемости пациентов с острым инфарктом миокарда во время пандемии 2020 году и до нее в 2019 году

благоприятным последствиям пандемии с точки зрения сдерживания внутрибольничной летальности для пациентов с ИМ, обеспечивая надлежащий уровень клинической помощи госпитализированным пациентам, не страдающим заболеванием НКВИ.

По результатам нашего исследования выявлено, что имеется значимая разница смертности пациентов с ИМ во время пандемии по сравнению с пациентами ИМ в 2019 году, тенденция, которая продолжилась до 24 месяцев, что значительно коснулось периода диспансерного наблюдения на уровне первичного звена. Эти данные требуют усиленного контроля на уровне поликлиники при выполнении диспансерного наблюдения, согласно Приказа от 15 марта 2022 г. N 168н «Об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения за взрослыми». В условиях эпидемии COVID-19 01.06.2020 стартовал проект удаленного мониторинга пациентов высокого сердечно-сосудистого риска. Согласно приказу Министерства от 3 сентября 2020 г. № СЭД-34-01-05-355 «Об организации удаленного мониторинга со-

стояния здоровья пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями», показанием для включения в мониторинг является перенесенный инфаркт миокарда, перенесенный инсульт, хроническая сердечная недостаточность высокого функционального класса или нарушение функции сердечно-сосудистой системы в сочетании с тяжело перенесенной инфекцией COVID-19. В рамках проекта разработаны и распространены среди пациентов «Памятка пациенту на удаленном мониторинге», дневники измерения артериального, разработан, смонтирован и распространен в медицинские организации постановочный ролик. Волонтерами-медиками осуществляются регулярный телефонный обзвон пациентов с оценкой динамики состояния и наличия запаса лекарственных препаратов на дому. С 10.12.2020 в программе принимают участие все медицинские организации, оказывающие первичную медико-санитарную помощь. По состоянию на 20.12.2020 в удаленном мониторинге находятся 22 695 пациентов, что составляет 1,1 % от прикрепленного взрослого населения Пермского края (целевой показатель — 1,1 %) [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Piironen, O. Ukkola, H. Huikuri, et al. Trends in long-term prognosis after acute coronary syndrome. *Eur J Prev Cardiol.*, 24 (2017), pp. 274–280.
2. P. Tobbia, B.R. Brodie, B. Witzenbichler, et al. Adverse event rates following primary PCI for STEMI at US and non-US hospitals: three-year analysis from the HORIZONS-AMI trial. *EuroIntervention.*, 8 (2013), pp. 1134–1142.
3. K.A. Eagle, M.J. Lim, O.H. Dabbous, et al. A validated prediction model for all forms of acute coronary syndrome: estimating the risk of 6-month postdischarge death in an international registry. *JAMA.*, 291 (2004), pp. 2727–2733.

4. Задержка оказания медицинской помощи пациентам с острым инфарктом миокарда во время пандемии COVID-19 / К.В. Прохоров, Н.А. Корягина, Г.Н. Спасенков [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2021. — № 8. — С. 202–205. — DOI 10.37882/2223-2966.2021.08.29.
5. Снижение вызовов скорой медицинской помощи по поводу инфаркта миокарда на пике пандемии COVID-19 / Н.А. Корягина, К.В. Прохоров, В.С. Корягин, Г.Н. Спасенков // Кардиологический вестник. — 2022. — Т. 17, № 2-2. — С. 9.
6. Zorzi A, Vio R, Rivezzi F. et al. Characteristics and hospital course of patients admitted for acute cardiovascular diseases during the coronavirus disease-19 outbreak. J Cardiovasc. Med. 2021; 22:29–35. PMID:33186239.
7. Nacoti M, Ciocca A, Giupponi A, et al. At the epicenter of the Covid-19 pandemic and humanitarian crises in Italy: changing perspectives on preparation and mitigation. NEJM Catal. 2020.
8. Dunlop C, Howe A, Allen LN. The coronavirus outbreak: the central role of primary care in emergency preparedness and response. BJGP Open 2020; 1;4(1):bigopen20X101041. PMID:31992543.
9. Исходы острого инфаркта миокарда в период пандемии COVID-19 / Н.А. Корягина, К.В. Прохоров, В.С. Корягин, Г.Н. Спасенков // Кардиологический вестник. — 2022. — Т. 17, № 2-2. — С. 8–9.
10. Опыт применения удаленного мониторинга пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями в Пермском крае / М.С. Суханов, Ю.В. Каракулова, К.В. Прохоров [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2021. — Т. 20, № 3. — С. 87–90. — DOI 10.15829/1728-8800-2021-2838.

---

© Мальцев Алексей Ильич (1412131@mail.ru); Корягин Владимир Сергеевич (vladimirkoryagin12@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЕМ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА И ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

## CHARACTERISTICS OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION IN PATIENTS WITH IMPAIRED CARBOHYDRATE METABOLISM AND ATRIAL FIBRILLATION DURING A PANDEMIC CORONAVIRUS INFECTION

**A. Maltsev  
N. Koriagina  
V. Koriagin**

**Summary. Relevance.** The 2019 coronavirus disease pandemic (NCVI) affected more than 20 million people in Russia. Atrial fibrillation (AF) is associated with poor prognosis and increased mortality in patients with acute myocardial infarction (MI). AF patients with diabetes had significantly higher rates of hospitalization, cardiovascular mortality, and overall mortality, as well as more severe symptoms and poorer quality of life compared with AF patients without diabetes. We hypothesized that the COVID-19 pandemic would have a significant impact on the prognosis of MI patients with carbohydrate metabolism disorders and atrial fibrillation.

**The aim of the study** was to analyze the differences in clinical, laboratory and clinical parameters between groups of patients who underwent MI, while having AF and carbohydrate metabolism disorders (CMD), in the period before and during the coronavirus pandemic.

**Materials and methods.** The work included 441 patients who had myocardial infarction in the regional vascular center of the Clinical Cardiology Dispensary. From the recruited base of 441 people, comorbid patients were selected who had both CMD and AF. After the subanalysis, 2 groups were formed, according to the year of hospitalization. Statistical analysis was carried out using SPSS.

**Results.** In the baseline groups, 151 patients were enrolled for the 2020 period and 290 patients for the 2019 period. A sub-analysis aimed at identifying comorbid patients with the combined presence of CUA and AF led to the following division: Group 1: patients admitted to hospital in 2019 with a diagnosis of MI in combination with AF and CFM (n=32), which was 11.5 % of the original sample of the given year. Group 2: Patients admitted to hospital in 2020 (n=34), representing 24.1 % of that year's original sample.

Statistical significance was found in the differences in the incidence of comorbid patients according to the years of the sample (p=0.001). These results may point to important trends in the distribution of comorbid conditions at different periods, and will require further study of these patient groups. The GRACE level in the 2019 group was  $134.38 \pm 35.94$  compared to  $144.91 \pm 39.26$  in the 2020 group (p=0.005). The proportion

**Мальцев Алексей Ильич**

Соискатель, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера;  
Врач кардиолог, ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер  
1412131@mail.ru

**Корягина Наталья Александровна**

Доктор медицинских наук, профессор,  
Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера,  
nina11-85@mail.ru

**Корягин Владимир Сергеевич**

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера  
vladimirkoryagin12@gmail.com

**Аннотация. Актуальность.** Пандемия коронавирусной болезни (НКВИ) 2019 г. охватила более 20 миллионов человек в России. Фибрилляция предсердий (ФП) связана с неблагоприятным прогнозом и повышенной смертностью у пациентов с острым инфарктом миокарда (ИМ). У пациентов с ФП с диабетом были значительно более высокие показатели госпитализации, смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и общей смертности, а также более тяжелые симптомы и более низкое качество жизни по сравнению с пациентами с ФП без диабета. Мы предположили, что пандемия COVID-19 будет иметь существенное влияние на прогноз пациентов с ИМ, имеющих нарушения углеводного обмена и фибрилляцию предсердий.

**Цель исследования** заключалась в анализе различий клинико-лабораторных и клинических параметров между группами пациентов, перенесших ИМ, при этом имеющих ФП и нарушения углеводного обмена (НУО), в период до и во время пандемии коронавирусной инфекции.

**Материалы и методы.** В работу было включено 441 пациентов, перенесших инфаркт миокарда в региональном сосудистом центре ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер. Из набранной базы в 441 человек, были выбраны коморбидные пациенты, которые имели как НУО, так и ФП. После проведенного субанализа, было сформировано 2 группы, по принадлежности к году госпитализации. Статистический анализ проведен с использованием SPSS.

**Результаты.** В исходных группах было зарегистрировано 151 пациент для периода 2020 года и 290 пациентов для периода 2019 года. Субанализ, направленный на определение коморбидных пациентов с совместным наличием НУО и ФП, привел к следующему разделению: Группа 1: пациенты, принятые на госпитализацию в 2019 году с диагнозом ИМ в сочетании с ФП и НУО (n=32), что составляло 11,5 % от первоначальной выборки данного года. Группа 2: пациенты, госпитализированные в 2020 году (n=34), что составило 24,1 % от исходной выборки этого года. Выявлена статистическая значимость в различиях частоты встречаемости коморбидных пациентов по данным годам выборки (p=0,001). Эти результаты могут указывать на важные тенденции в распределении коморбидных состояний в различ-

of Q-positive infarction in the 2019 group was 63.2%, while in 2020 it was 73.5 % ( $p=0.032$ ). Troponin values 0.200 (0.038–1.312) in 2019 vs. 0.698 (0.047–3.370) in 2020,  $p=0.027$ . The creatine kinase-MB level in the 2020 group was significantly higher ( $p=0.004$ ).

**Conclusions.** Patients with AF and CMD hospitalized in 2020 were characterized by a more severe course of MI. The area and depth of myocardial damage in such patients was significantly lower than in patients before the pandemic. In addition, the number of comorbid patients with MI, AF, and CVR during hospitalization was twice as high during the NCVI pandemic. It is possible that changes in clinical protocols or the availability of medical services in 2020 could influence these indicators. Also, most of the patients underwent NKVI, which has a pronounced tropism for the tissues of the myocardium, pancreas and blood vessels. The NCVI pandemic may also have affected the ability of hospitals to respond to cardiac events due to the strain on the healthcare system.

**Keywords:** covid, Atrial fibrillation, Diabetes, SARS-CoV-2, myocardial infarction.

### Актуальность

**П**андемия коронавирусной болезни (НКВИ) 2019 г. охватила более 20 миллионов человек в России. Большинство медицинских учреждений в Пермском крае были закрыты из-за наличия подтвержденных случаев с НКВИ. Также большая часть медицинских ресурсов были направлены на борьбу с пандемией, что ограничивало диагностику и ведение других, в том числе кардиологических, больных. По данным многих исследований, различные значимые мировые события, совпадали со значительным ростом частоты желудочковых аритмий [1, 2], однако влияние таких событий на предсердные аритмии менее изучено. Предсердные аритмии чаще возникают при наличии различных модифицируемых факторов риска, включая отсутствие физической активности, увеличение массы тела, употребление алкоголя и стресс [3]. Распространенность фибрилляции предсердий (ФП) в Европейской части России составляет 2,04 %, увеличивается с возрастом, а также у пациентов с коморбидными сердечно-сосудистыми заболеваниями и сахарным диабетом. Основная часть пациентов с ФП (82,9 %) находится в возрастных группах от 60 до 89 лет, только 15 % пациентов с ФП были моложе 60 лет и 2,1 % — старше 90 лет [4]. Согласно недавнему популяционному исследованию у лиц старше 65 лет, распространенность среди мужчин (9,1 %) была выше, чем среди женщин (4,8 %) [5]. Во Фремингемском исследовании после поправки на возраст и другие факторы риска ФП развивалась у мужчин в 1,5 раза чаще, чем у женщин. Причина большей предрасположенности к ФП у мужчин не объяснена [6].

ные периоды, и потребуют дальнейшего изучения этих групп пациентов. Уровень GRACE в группе 2019 года составлял  $134,38 \pm 35,94$  по сравнению с  $144,91 \pm 39,26$  в группе 2020 года ( $p=0,005$ ). Доля Q-позитивного инфаркта в группе 2019 года составила 63,2 %, в то время как в 2020 году 73,5 % ( $p=0,032$ ). Показатели тропонина 0,200 (0,038 — 1,312) у 2019 против 0,698 (0,047–3,370) у 2020,  $p=0,027$ . Уровень КФК МВ у группы 2020 года был значительно более высоким ( $p=0,004$ ).

**Выводы.** Пациенты с ФП и НУО, госпитализированные в 2020 году, характеризовались более тяжелым течением ИМ. Площадь и глубина поражения миокарда у таких больных была существенно выше, чем у пациентов до пандемии. Помимо этого, количество коморбидных пациентов, имеющих при госпитализации с ИМ, ФП и НУО, была вдвое выше в период пандемии НКВИ. Возможно, изменения в клинических протоколах или доступности медицинских услуг в 2020 году могли влиять на эти показатели. Также большая часть больных перенесла НКВИ, который имеет выраженный тропизм к тканям миокарда, поджелудочной железы и сосудов. Пандемия НКВИ могла также влиять на способность больниц реагировать на сердечные события из-за нагрузки на систему здравоохранения.

**Ключевые слова:** ковид, фибрилляция предсердий, сахарный диабет, SARS-CoV-2, инфаркт миокарда.

Фибрилляция предсердий и ишемическая болезнь сердца (ИБС) часто связаны: 17–47 % пациентов с ФП также имеют ИБС, а 1–5 % пациентов с ИБС также имеют ФП [7].

Фибрилляция предсердий, возникшая впервые или ранее, связана с неблагоприятным прогнозом и повышенной смертностью у пациентов с острым инфарктом миокарда (ИМ) [8]. Фибрилляция предсердий тесно связана с ИМ, поскольку они имеют сходные факторы риска, которые увеличивают частоту их сосуществования. Кроме того, сочетание обоих состояний требует тройной антитромботической терапии, что увеличивает риск кровотечения у этих пациентов. Мы предположили, что пандемия COVID-19 будет иметь существенное влияние на прогноз пациентов с ИМ, имеющих нарушения углеводного обмена (НУО) и фибрилляцию предсердий.

*Цель исследования* заключалась в анализе различий клинико-лабораторных и клинических параметров между группами пациентов, перенесших ИМ, при этом имеющих ФП и нарушения углеводного обмена (НУО), в период до и во время пандемии коронавирусной инфекции.

### Материалы и методы

В работу было включено 441 пациентов, перенесших инфаркт миокарда в региональном сосудистом центре ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер. Из набранной базы в 441 человек, были выбраны коморбидные пациенты, которые имели как НУО, так и ФП. После проведенного субанализа, было сформировано 2 группы, по принадлежности к году госпитализации. 1 группа — пациенты госпитализированные с ИМ с 1 ок-

тября 2019 г. по 10 декабря 2019 г., 2 группа — с 01 октября 2020 г. по 10 декабря 2020 г.. Всем пациентам в исследовании была оказана медицинская помощь согласно клиническим рекомендациям. Анализ количественных характеристик для проверки соответствия нормальному распределению осуществлялся посредством применения критерия Шапиро-Уилка (если количество исследуемых было менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (если исследуемых было более 50). Для тех количественных характеристик, которые подчинялись нормальному распределению, применялись средние арифметические величины (M) и стандартные отклонения (SD), а также 95 % границы доверительного интервала (95 % ДИ).

Категориальная информация излагалась с приведением конкретных значений и процентных соотношений. Сопоставление двух групп по количественной характеристике с нормальным распределением с равными дисперсиями проводилось с использованием t-критерия Стьюдента, а в случае неравных дисперсий применялся t-критерий Уэлча. Весь статистический анализ осуществлялся с применением программного обеспечения IBM SPSS.

Все графические изображения в исследовании были построены с использованием программного комплекса IBM SPSS, что обеспечило наглядное представление статистических данных.

### Результаты

В исходных группах было зарегистрировано 151 пациент для периода 2020 года и 290 пациентов для периода 2019 года. Субанализ, направленный на определение коморбидных пациентов с совместным наличием НУО и ФП, привел к следующему разделению: Группа 1: пациенты, принятые на госпитализацию в 2019 году с диагнозом ИМ в сочетании с ФП и НУО (n=32), что составляло 11,5 % от первоначальной выборки данного года. Группа 2: пациенты, госпитализированные в 2020 году (n=34), что составило 24,1 % от исходной выборки этого года.

Была выявлена статистическая значимость в различиях частоты встречаемости коморбидных пациентов по данным годам выборки (p=0,001), рисунок 1. Эти результаты могут указывать на важные тенденции в распределении коморбидных состояний в различные периоды, и потребуют дальнейшего изучения этих групп пациентов.

Тяжесть ИМ была систематически анализируема и оценена с использованием утвержденного набора критериев, как показано в исследовательской таблице. Эти критерии включали в себя наличие Q-позитивного ИМ, подъем сегмента ST на электрокардиографии (ЭКГ),

оценку по шкале GRACE, наличие кардиогенного шока (КШ) у пациентов, а также уровни тропонина и креатинин фосфокиназы МВ фракции (КФК-МВ).

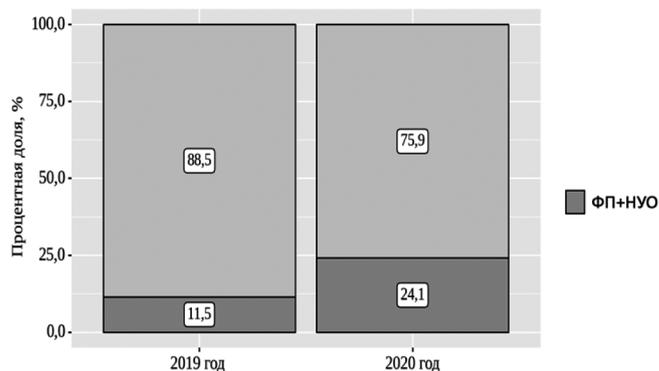


Рис. 1.

Таблица 1.

Оценка тяжести инфаркта миокарда

Оценка тяжести ИМ	Группа		p
	1 группа 2019 год НУО+ФП n=32	2 группа 2020 год НУО+ФП n=34	
Q позитивный абс., (%)	165 (63,2)	111 (73,5)	0,032
Подъем сегмента ST на ЭКГ абс., (%)	198 (69,2)	101 (66,9)	0,616
GRACE, баллы M±SD	134,38 ± 35,94	144,91 ± 39,26	0,005
Наличие КШ (да/нет)	21 (8,0)	25 (16,6)	0,016
Тропонин базовый, нг/мл, Me(Q1-Q3)	0,200 (0,038-1,312)	0,698 (0,047-3,370)	0,027
КФК-МВ базовый, нг/мл	19,00 (12,00-52,00)	27,00 (14,60-79,20)	0,004

Анализ данных выявил несколько ключевых различий между пациентами 2019 и 2020 годов. В частности, уровень GRACE в группе 2019 года составлял 134,38 ± 35,94 по сравнению с 144,91 ± 39,26 в группе 2020 года (p=0,005), рисунок 2.

Кроме того, при оценке ЭКГ доля Q-позитивного инфаркта в группе 2019 года составила 63,2 %, в то время как в 2020 году эта доля возросла до 73,5 % (p=0,032). Однако не было статистически значимых различий в частоте подъема сегмента ST (p=0,616).

Далее при анализе маркеров некроза миокарда, таких как тропонина и КФК-МВ, выявлены следующие статистически значимые различия: группа 1 в 2019 году характеризовалась более низкими значениями маркеров некроза по сравнению с группой 2 в 2020 году. Касатель-

но тропонина, показатели составили 0,200 (0,038–1,312) у 2019 против 0,698 (0,047–3,370) у 2020,  $p=0,027$ . Уровень КФК МВ у группы 2020 года был также статистически значимо более высоким ( $p=0,004$ ).

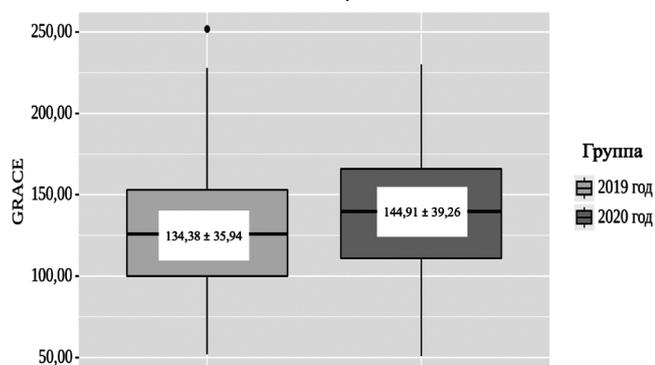


Рис. 2.

### Обсуждение

Пандемия НКВИ внесла существенные коррективы в профиль сердечно-сосудистых пациентов. Мы отчетливо видим, насколько сильно разнятся группы 2019 и 2020 года. Количество исследуемых коморбидных пациентов в пандемийный год в два раза превышает количество таковых в эпоху до НКВИ.

Коронавирусная инфекция приводит к глубоким изменениям метаболизма всего организма. Устойчивое воспаление влияет на системный гомеостаз глюкозы и способствует гипергликемии. Также тяжесть перенесенной НКВИ была тесно связана с формированием инсулинорезистентности и уровнем гипергликемии [11]. Инсулинорезистентность и нарушение секреции инсулина были описаны у лиц без диабета в анамнезе, выздоровевших от инфекции SARS-CoV-2. Цитокины и TNF- $\alpha$  остаются повышенными после выздоровления от НКВИ, что может вызывать дисфункцию бета-клеток и резистентность к инсулину. Таким образом, существуют вероятные механизмы причинно-следственной связи между перенесенной НКВИ и НУО [12].

Увеличение ФП во время пандемии мы связываем с возможным развитием структурного ремоделирования левого предсердия на фоне поражения легких у большинства пациентов после перенесенной НКВИ, а также прямого формирования фиброза в полостях сердца и огромного числа скрытых миокардитов [9, 10].

Помимо этого, сама по себе гликемия, ассоциированная с НУО или СД 2 типа, может являться триггерным фактором для формирования ФП.

Повышенная коморбидность сама по себе стала фактором, влияющим на тяжесть ИМ у таких пациентов. Большинство пациентов с НУО и СД 2 типа имели проблемы с доступностью медицинской помощи на амбулаторном этапе, периодически оставались без лекарственной терапии, что могло приводить к неоптимальному контролю уровня глюкозы натощак. При этом неконтролируемая гипергликемия при поступлении в стационар с ИМ отрицательно влияет на прогноз у таких пациентов [13], а также может ассоциироваться с большим очагом поражения. Это и наблюдалось у исследуемой группы пациентов за 2020 год в виду значимого увеличения ферментов некроза миокарда, а также увеличения доли Q-позитивных ИМ. Также сниженная выявляемость ФП в связи с ограничением медицинской помощи и длительным ожиданием бригад скорой медицинской помощи [14], неадекватная антикоагулянтная терапия сыграла существенную роль в агрессивности тромбоза у пациентов с ИМ и НУО, что, в свою очередь, могло обуславливать более глубокие и обширные поражения миокарда.

### Выводы

Эти данные вместе указывают на то, что пациенты с ФП и НУО, госпитализированные в 2020 году, характеризовались более тяжелым течением ИМ. Площадь и глубина поражения миокарда у таких больных была существенно выше, чем у пациентов до пандемии. Помимо этого, количество коморбидных пациентов, имеющих при госпитализации с ИМ, ФП и НУО, была вдвое выше в период пандемии НКВИ. Эта тенденция может иметь несколько возможных объяснений. Возможно, изменения в клинических протоколах или доступности медицинских услуг в 2020 году могли влиять на эти показатели. Более того, глобальная пандемия COVID-19, которая началась в 2020 году, могла оказать влияние на общее состояние здоровья пациентов, что привело к более выраженным признакам ИМ. Также большая часть больных перенесла НКВИ, который имеет выраженный тропизм к тканям миокарда, поджелудочной железы и сосудов. Пандемия НКВИ могла также влиять на способность больниц реагировать на сердечные события из-за нагрузки на систему здравоохранения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Shedd OL, Sears SF Jr, Harvill JL, Arshad A, Conti JB, Steinberg JS et al. The World Trade Center attack: increased frequency of defibrillator shocks for ventricular arrhythmias in patients living remotely from New York city. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1265–7. doi: 10.1016/j.jacc.2004.04.058.
2. Leor J, Poole WK, Kloner RA. Sudden cardiac death triggered by an earthquake. *N Engl J Med* 1996;334:413–9. doi: 10.1056/NEJM199602153340701.
3. Chugh SS, Blackshear JL, Shen WK, Hammill SC, Gersh BJ. Epidemiology and natural history of atrial fibrillation: clinical implications. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37:371–378. doi: 10.1016/S0735-1097(00)01107-4.
4. Мареев Ю.В., Поляков Д.С., Виноградова Н.Г., Фомин И.В., Мареев В.Ю., Беленков Ю.Н., Агеев Ф.Т., Артемьева Е.Г., Бадин Ю.В., Бакулина Е.В., Галявич А.С., Ионова Т.С., Камалов Г.М., Кечеджиева С.Г., Козиолова Н.А., Маленкова В.Ю., Мальчикова С.В., Смирнова Е.А., Тарловская Е.И., Щербинина Е.В., Якушин С.С. ЭПОХА: Эпидемиология фибрилляции предсердий в репрезентативной выборке Европейской части Российской Федерации. *Кардиология*. 2022;62(4):12–19. <https://doi.org/10.18087/cardio.2022.4.n1997>.
5. C.D. Furberg, B.M. Psaty, T.A. Manolio, J.M. Gardin, V.E. Smith, P.M. Rautaharju Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the Cardiovascular Health study). *Am J Cardiol*, 74 (1994), pp. 236–241. doi: 10.1016/0002-9149(94)90363-8
6. E.J. Benjamin, D. Levy, S.M. Vaziri, R.B. D'Agostino, A.J. Belanger, P.A. Wolf Independent risk factors for atrial fibrillation in a population-based cohort: the Framingham Heart study *J Am Med Assoc*, 271 (1994), pp. 840–844
7. Michniewicz E, Mlodawska E, Lopatowska P et al. Patients with atrial fibrillation and coronary artery disease—double trouble. *Adv Med Sci*. 2018;63(1):30–35. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2017.06.005>
8. Shanmugasundaram M, Paul T, Hashemzadeh M et al. Outcomes of percutaneous coronary intervention in atrial fibrillation patients presenting with acute myocardial infarction: analysis of nationwide inpatient sample database. *Cardiovasc Revasc Med*. 2020;21(7):851–854. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2019.12.011>.
9. Almamlouk R, Kashour T, Obeidat S et al. COVID-19-Associated cardiac pathology at the postmortem evaluation: a collaborative systematic review. *Clin Microbiol Infect*. 2022 Aug;28(8):1066–1075. doi: 10.1016/j.cmi.2022.03.021.
10. Silva Andrade B, Siqueira S, de Assis Soares WR et al. Long-COVID and Post-COVID Health Complications: An Up-to-Date Review on Clinical Conditions and Their Possible Molecular Mechanisms. *Viruses*. 2021 Apr 18;13(4):700. doi: 10.3390/v13040700.
11. Chen J, Wu C, Wang X, Yu J, Sun Z. The Impact of COVID-19 on Blood Glucose: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020 Oct 5;11:574541. doi: 10.3389/fendo.2020.574541.
12. Rathmann W, Kuss O, Kostev K. Incidence of newly diagnosed diabetes after Covid-19. *Diabetologia*. 2022 Jun;65(6):949–954. doi: 10.1007/s00125-022-05670-0.
13. Kosiborod M, Inzucchi S.E, Krumholz H.M. et al. Glucometrics in patients hospitalized with acute myocardial infarction: defining the optimal outcomes-based measure of risk. *Circulation*. 2008; 117: 1018–1027
14. Прохоров. К.В. Задержка оказания медицинской помощи пациентам с острым инфарктом миокарда во время пандемии COVID-19 / К.В. Прохоров, Н.А. Корягина, Г.Н. Спасенков [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2021. — № 8. — С. 202–205.

© Мальцев Алексей Ильич (1412131@mail.ru); Корягина Наталья Александровна (nina11-85@mail.ru);  
Корягин Владимир Сергеевич (vladimirkoryagin12@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СПЕЦИФИКА ВЛИЯНИЯ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕЧЕНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ И ПРОТЕКАНИЕ РОДОВ ЖЕНЩИН-ПРОВОДНИКОВ

## THE SPECIFICITY OF THE INFLUENCE OF HARMFUL INDUSTRIAL FACTORS ON THE COURSE OF PREGNANCY AND THE PROCESS OF BIRTH OF WOMEN-GUIDES

**D. Rossolko  
N. Rukhlyada  
T. Prokhorovich  
Sh. Dzhanibekova  
A. Kuzmina**

*Summary.* The article presents the results of a study of the effect of harmful production factors on the reproductive function of female conductors. The features of the reproductive toxicity of the specifics of the professional activity of a woman conductor of railway transport in relation to the course of her pregnancy and the course of childbirth are analyzed. The presence of reproductive toxicity of the professional activity of a railway transport conductor, manifested both during pregnancy and directly in childbirth, was revealed. As a result of our study, the presence of a negative impact of harmful production factors of the professional activity of female railway conductors on the manifestation of their reproductive toxicity was revealed, which requires the development of recommendations for the management of pregnancy and childbirth, taking into account the specifics of professional activity.

*Keywords:* pregnancy and childbirth, female guides, harmful production factor, occupational risk.

**Россолько Дмитрий Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Санкт-Петербургский Государственный  
Педиатрический Медицинский Университет  
drossolko@mail.ru

**Рухляда Николай Николаевич**

Доктор медицинских наук, профессор,  
Санкт-Петербургский Государственный  
Педиатрический Медицинский Университет

**Прохорович Татьяна Ивановна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Санкт-Петербургский Государственный  
Педиатрический Медицинский Университет

**Джанибекова Шерифат Салиховна**

Кандидат медицинских наук, доцент,  
Санкт-Петербургский Государственный  
Педиатрический Медицинский Университет

**Кузьмина Анна Сергеевна**

Санкт-Петербургский Государственный  
Педиатрический Медицинский Университет

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования действия вредных производственных факторов на репродуктивную функцию женщин-проводников. Проанализированы особенности репродуктивной токсичности специфики профессиональной деятельности женщины-проводника железнодорожного транспорта в отношении течения ее беременности и протекания родов. Выявлено наличие репродуктивной токсичности профессиональной деятельности проводника железнодорожного транспорта, проявляемой как в течение беременности, так и непосредственно в родах. В результате нашего исследования было выявлено наличие негативного воздействия вредных производственных факторов профессиональной деятельности женщин-проводников железнодорожного транспорта в отношении проявления их репродуктивной токсичности, что требует разработки рекомендаций по ведению беременности и родов с учетом специфики профессиональной деятельности.

*Ключевые слова:* беременность и роды, женщины-проводники, вредный производственный фактор, профессиональный риск.

К числу вредных производственных факторов, оказывающих влияние на проводника железнодорожного транспорта, относятся факторы физической (шум, вибрация, электромагнитные воздействия, освещенность), химической (перевозимые легковоспламеняющиеся, ядовитые вещества, пылящие грузы и т.п.), биологической (микробиологическая обсемененность) психофизической (ненормированный рабочий день, сменный график работы), поведенческой (наличие или отсутствие вредных привычек, соблюдение принципов рационального питания) природы, включая психоэмо-

циональные нагрузки. При этом неизменно страдают органы и системы организма проводника, ухудшаются их функциональные возможности, что требует тщательного внимания к исследованию специфики влияния таких факторов и исследования путей минимизации их воздействия [2; 4; 6].

Для женщин-проводников железнодорожного транспорта при оценке состояния их здоровья и для исследования влияния вредных производственных факторов на органы и системы и их функции актуальным являет-

ся состояние репродуктивной системы, определяющее здоровье женщины и ее способность забеременеть и родить здорового ребенка. Так называемая репродуктивная токсичность, включающая действие факторов различной природы на репродуктивную способность и на развивающийся организм с момента его зачатия до рождения, вызывает нарушение репродуктивного здоровья женщины-проводника и определяет актуальность исследований в отношении специфики ее проявления в конкретных условиях труда [1].

Цель исследования — исследовать специфические особенности влияния вредных производственных факторов, оказывающих влияние на течение беременности и протекание родов у женщин-проводников железнодорожного транспорта.

В исследовании приняли участие женщины, вставшие на учет по беременности, поровну распределенные на две группы: основная группа (женщины-проводники) и контрольная группа (женщины, являющиеся инженерно-техническими работницами) (для каждой группы  $n = 100$ ). Средний возраст женщин из основной группы составил  $31,5,5 \pm 0,3$  г., средний возраст женщин контрольной группы —  $27,5 \pm 0,5$  г. при недостоверности различий ( $p > 0,05$ ). При постановке на учет были измерены рост и масса тела женщин: средние значения роста в основной и контрольной группе составили  $177,0 \pm 2,0$  см и  $165,3 \pm 2,1$  см, средние значения массы тела —  $85,5 \pm 0,9$  кг и  $82,5 \pm 1,1$  кг соответственно, различия недостоверны ( $p > 0,05$ ). Вошедшие в состав основной и контрольной групп исследования женщины по наличию в анамнезе предыдущих беременностей и родов достоверно не различались. При анализе паритета у женщин основной и контрольной групп установлено, что доля первобеременных, первородящих, повторно беременных и повторнородящих женщин в обеих группах достоверно не различались. В качестве методов исследования были задействованы анкетирование, оценка анамнестических и клинических данных, определялись акушерские, а также экстрагенитальные патологии течения беременности и патологии плода. Полученные результаты анализировались в том числе с учетом стажа профессиональной деятельности, выражались как в абсолютных значениях, так и в процентах от общего числа исследуемых по каждой группе, с определением достоверности выявленных различий.

При анализе течения наблюдаемой в исследовании беременности в группах исследования одним из первых учитываемых показателей являлся срок постановки беременно женщины на учет в женскую консультацию. Данный показатель анализировался исходя из положения о том, что постановка на учет в ранние сроки беременности является фактором, способствующим своевременности выявления и предупреждения нежелательного

течения беременности женщины и, как следствие, во многом определяет результат беременности. В нашем исследовании не было обнаружено достоверных различий между сроками постановки на учет в основной группе и в группе контроля (в основной группе средний срок беременности при постановке на учет в женскую консультацию составил  $12,3 \pm 0,3$  нед, в то время как в контрольной группе —  $8,8 \pm 0,2$  нед). Возможно, на данные различия в постановке на учет оказывает влияние ненормируемая работа проводников железнодорожного транспорта, а именно — продолжительность рейсов, определяющее затруднения в постановке на учет и регулярных обследованиях в женской консультации по месту проживания.

Также были проанализированы наличие и частота случаев осложнений на ранних сроках наблюдаемой беременности, таких как: угроза прерывания беременности, ранний токсикоз, заболеваемость ОРВИ (рисунок 1).



Рис. 1. Распределение женщин основной и контрольной группы исследования по наличию осложнений на ранних сроках беременности, % ( $p \leq 0,05$ )

Согласно полученным результатам, беременные из основной группы достоверно чаще страдали всеми перечисленными осложнениями, что может объясняться снижением общих адаптационных возможностей организма женщин-проводников, относительно беременных женщин контрольной группы.

Дополнительно проанализировали распределение осложнений на ранних сроках беременности в зависимости от стажа работы женщин основной и контрольной групп. Согласно полученным результатам, в обеих группах исследования отмечается увеличение возникновения осложнений со стажем работы, что, скорее всего, во многом определяется в том числе увеличением возраста женщин. При этом во всех стажевых группах отмечается достоверное преобладание числа случаев возникновения осложнений в основной группе, относительно группы контроля. Так, частота осложнения в виде раннего токсикоза в зависимости от стажа работы представлена на рисунке 2 (при этом по показателю «до 5 лет» достоверность различий составила  $p < 0,05$ , а по остальным показателям —  $p < 0,01$ ).

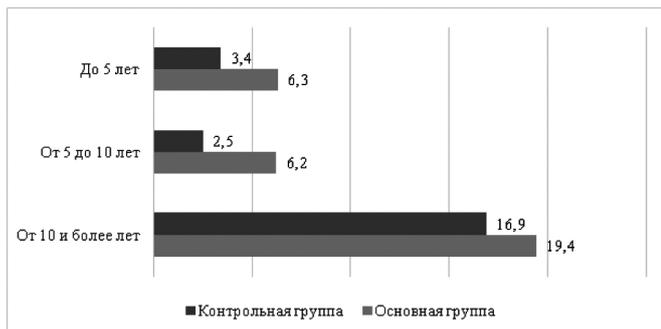


Рис. 2. Распределение частоты случаев возникновения раннего токсикоза в основной и контрольной группах исследования в зависимости от стажа работы, %

Частота угрозы прерывания беременности, возникающей на ранних сроках беременности в основной и контрольной группах, представлена на рисунке 3.

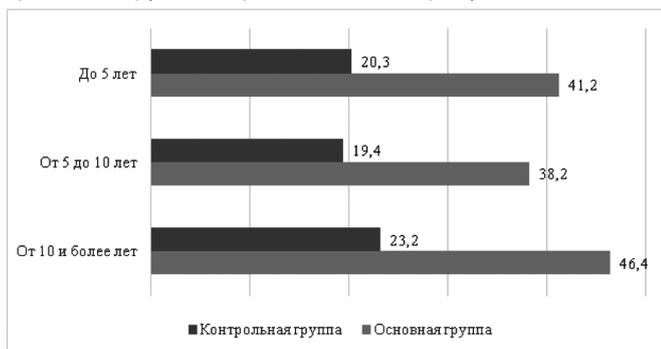


Рис. 3. Распределение частоты случаев угрозы прерывания беременности в основной и контрольной группах исследования в зависимости от стажа работы, % ( $p < 0,05$ )

Относительно частоты случаев угрозы прерывания беременности интересным представляется некоторое их снижение в обеих группах исследования при стаже работы от 5 до 10 лет. Возможно, это обусловлено развитием так называемого общего адаптационного синдрома, когда на начальном этапе — до 5 лет работы — наблюдается активация защитных сил организма, т.н. срочная адаптация, при которой физиологические функции организма направлены на приспособление организма к изменению условий функционирования и беременность может являться нежелательным для успешной адаптации процессом, требующим дополнительного напряжения органов и систем. Второй этап, соответствующий стажу работы от 5 до 10 лет, — фаза устойчивой адаптации, когда физиологические реакции организма адаптируются к новым для него условиям, с компенсаторным увеличением физиологических возможностей организма к происходящим внутренним и внешним процессам. Третий этап (от 10 и более лет стажа работы), совпадающий также с более старшим возрастом беременных женщин, соответствует третьему этапу общего адаптационного синдрома, или фазе дезадаптации, ха-

рактеризующейся истощением защитных сил организма и, соответственно, возрастанием риска прерывания беременности.

Дополнительно исследовали возможные патологические изменения количества и состава периферической крови у беременных основной и контрольной группы, а именно: наличие железодефицитной анемии (ЖДА), пиелонефрит, многоводие, гестоз, а также наличие отеков и поздний токсикоз беременных [3; 5; 7; 8].

По показателю наличия ЖДА было выявлено, что у 68,6 % женщин основной группы во втором и третьем триместрах беременности присутствовала ЖДА различной степени выраженности (в контрольной группе — у 32,1 % женщин). При этом уровень гемоглобина в основной группе составил в среднем  $99,8 \pm 0,8$  г/л, в то время как в контрольной группе данный показатель равнялся  $111,2 \pm 1,4$  г/л ( $p < 0,01$ ). Распределение ЖДА в группах исследования в зависимости от стажа работы представлено на рисунке 4.

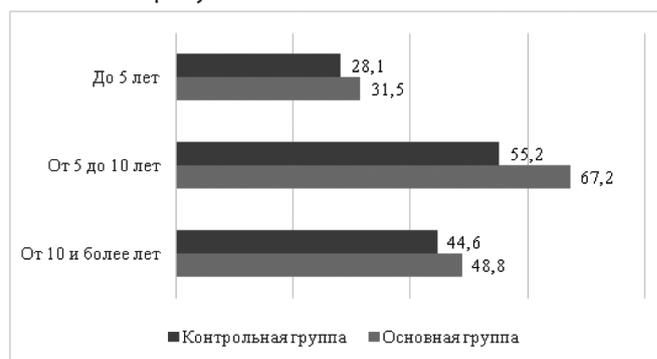


Рис. 4. Распределение случаев железодефицитной анемии основной и контрольной группах исследования в зависимости от стажа работы, %

Было отмечено, что в основной группе (у женщин-проводников) присутствовали случаи анемии легкой, средней и тяжелой степени выраженности, тогда как в группе контроля — только анемия легкой степени. При этом в основной группе выраженность анемии потребовала стационарного лечения у женщин со стажем работы от 5 до 10 лет в 14,6 % случаев, при стаже работы до 5 лет — в 12,8 % случаев, а при стаже работы от 10 лет и более — в 5,2 % случаев. Согласно представленным данным, можно предположить, что развитию ЖДА у исследуемых групп беременных способствует влияние различных профессиональных факторов: переутомления, нервно-психического напряжения, нерегулярного питания и т.п. При этом снижение выраженности ЖДА при стаже работы от 10 лет и более в обеих группах требует дополнительного исследования.

Также была изучена частота случаев пиелонефрита в анализируемых группах как одного из часто встречающихся заболеваний беременных (рисунок 5).

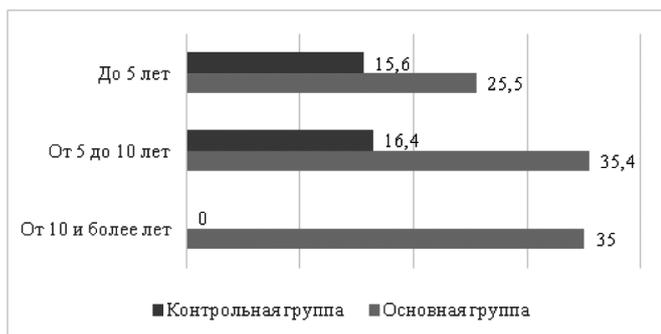


Рис. 5. Распределение случаев пиелонефрита в основной и контрольной группах исследования в зависимости от стажа работы, %

Необходимо отметить, что, согласно представленным на рисунке 3 данным, пиелонефрит более часто выявляется у беременных женщин-проводников, причем данный показатель стабильно высок во всех стажевых группах, в отличие от женщин контрольной группы, у которых отмечено отсутствие случаев пиелонефрита

при стаже работы от 10 лет и более. В целом распределение встречаемости пиелонефрита в основной группе и группе контроля распределился соответственно в 37,2 % и 18,6 % случаев ( $p < 0,05$ ). При этом необходимо отметить, что в основной группе стационарное лечение пиелонефрита потребовалось в 10,6 % случаев, а в контрольной группе — в 7,8 % случаев. Полученные данные закономерно отражают вредное воздействие профессиональных производственных факторов профессии проводника железнодорожного транспорта, поскольку на развитие пиелонефрита оказывает воздействие ряд аутоиммунных, физических, химических и др. факторов, снижающих общий иммунитет организма и провоцирующих воспаление мочевых путей беременной женщины.

Как еще одно возможное осложнение беременности было проанализировано число случаев развития многоводия. Согласно выполненному исследованию, в основной группе количество выявленных случаев многоводия достоверно превышало аналогичное количество случа-

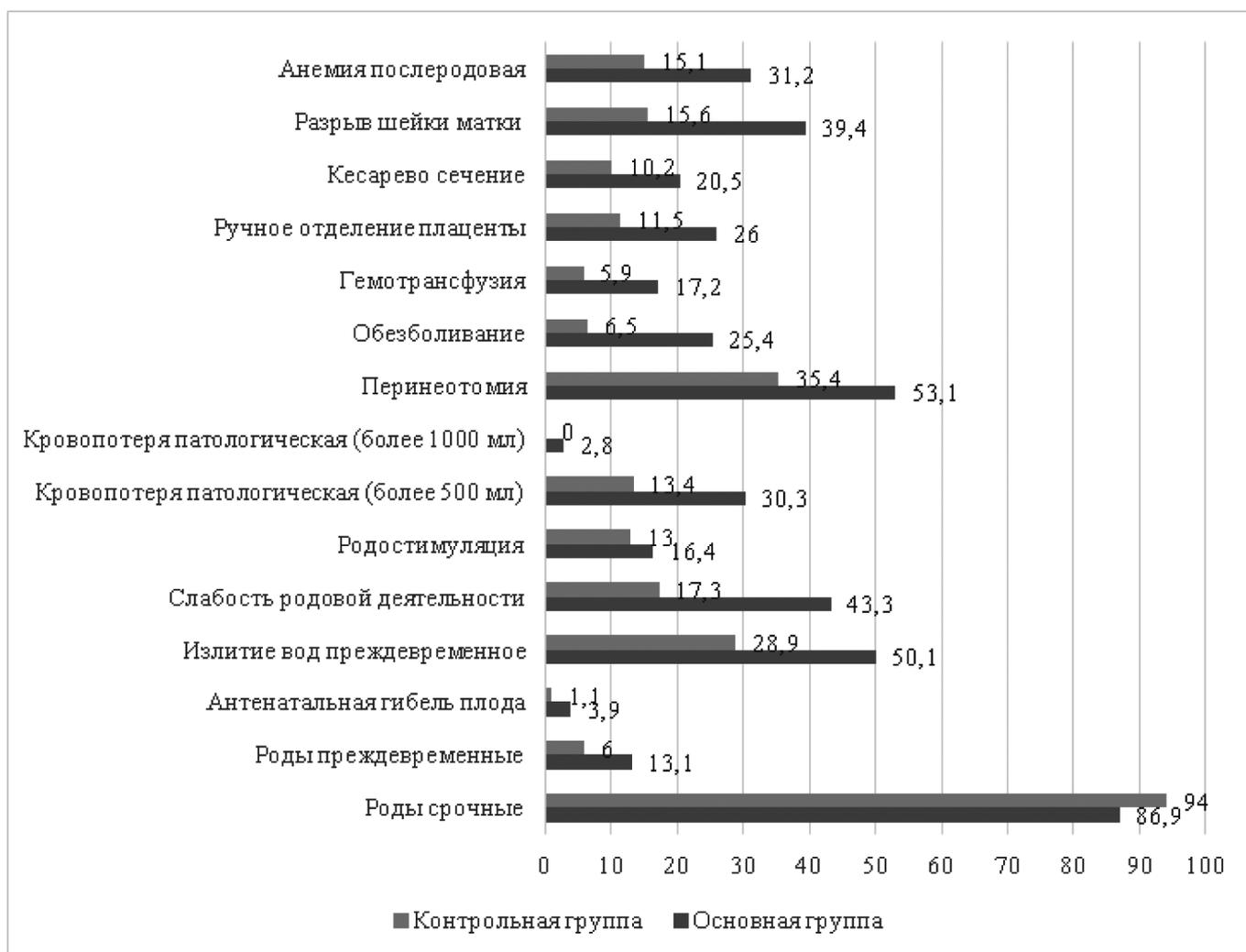


Рис. 6. Распределение осложнений родов в основной и контрольной группе исследования, % (по все показателям  $p < 0,05$ )

ев в контрольной группе (соответственно 20,5 % и 9,4 %,  $p < 0,05$ ). При этом умеренное многоводие в зависимости от стажа профессиональной деятельности было выявлено у женщин основной и контрольной группы при стаже работы до 5 лет соответственно 34,6 % и 24,5 % соответственно ( $p > 0,05$ ), при стаже работы от 5 до 10 лет — соответственно 17,1 % и 12,2 %, а при стаже работы от 10 лет и более — соответственно 25,6 % и 18,2 %. Выраженное многоводие в зависимости от стажа работы наблюдалось только в основной группе и составило при стаже работы до 5 лет 5,4 % случаев, при стаже работы от 5 до 10 лет — 3,3 % и при стаже работы от 10 лет и более — 10,3 %. Полученные результаты, скорее всего, также объясняются развитием общего адаптационного синдрома. Также была изучена частота случаев отеков в анализируемых группах. Было выявлено, что в основной группе отеки встречались у 54,2 % беременных, при этом в 44,5 % случаев присутствовали небольшие отеки нижних конечностей, в то время как в 10,5 % случаев отеки распространялись в том числе и на верхние конечности. В контрольной группе отеки были выявлены у 35,5 % беременных, при этом исключительно отеки нижних конечностей отмечены в 25,2 % случаев, а отеки в том числе верхних конечностей — в 6,2 % случаев.

Течение родов у женщин-проводников железнодорожного транспорта имело свои особенности (рисунок 6).

Согласно представленным на рисунке 4 результатам, осложнения родов, регистрируемые в ходе исследования, достоверно чаще встречались в основной группе. Особенно высокие различия между группами оказались по таким показателям, как преждевременное излитие вод (соответственно 50,1 % и 28,9 % случаев в основной

и контрольной группах), слабость родовой деятельности (соответственно 43,3 % и 17,3 %), кровопотеря патологическая, более 500 мл крови (соответственно 30,3 % и 13,4 %), разрыв шейки матки (соответственно 39,4 % и 15,6 %). Также более часто отмечены преждевременные роды среди женщин основной группы, относительно группы контроля. Более выраженные осложнения в основной группе ожидаемо потребовали более частого применения таких мер, как обезболивание в родах (25,4 % случаев в основной группе и 6,5 % в контрольной группе), гемотрансфузии (17,2 % случаев в основной группе и 5,9 % случаев в контрольной группе), ручное отделение плаценты (26 % и 11,5 % соответственно), кесарево сечение (20,5 % и 10,2 % соответственно).

Специфическое влияние вредных производственных факторов на репродуктивную систему женщин-проводников, согласно результатам нашего исследования, заключается в риске раннего токсикоза, более высоком уровне острых респираторных инфекций и угрозой выкидыша, а также в более высоком риске развития таких патологических состояний беременности, как железодефицитная анемия, пиелонефрит, многоводие, гестоз, отеки и поздний токсикоз беременных. При родах достоверно чаще наблюдались различного характера осложнения, требующие принятия дополнительных мер в виде гемотрансфузии, кесарева сечения, обезболивания и др. В результате нашего исследования было выявлено наличие негативного воздействия вредных производственных факторов профессиональной деятельности женщин-проводников железнодорожного транспорта в отношении проявления их репродуктивной токсичности, что требует разработки рекомендаций по ведению беременности и родов с учетом специфики профессиональной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабанов С.А., Агаркова И.А., Липатов И.С., Тезиков Ю.В. Профессиональные поражения репродуктивной системы // Русский медицинский журнал. 2013. №7. С. 14–20.
2. Вильк М.Ф., Юдаева О.С., Аксёнов В.А., Пономарёв В.М., Апатцев В.И., Латынин Е.О. Анализ вредных производственных факторов на рабочем месте проводника пассажирского вагона // Анализ риска здоровью. 2017. №4. С. 97–107.
3. Волкова М.А. Структура экстрагенитальной патологии у беременных // Вестник Ивановской медицинской академии. 2021. №26(2). С. 53–54.
4. Гутор Е.М., Жидкова Е.А., Гуревич К.Г. Факторы риска развития заболеваний у рабочих локомотивных бригад // Российский журнал гигиены труда и промышленной экологии. 2022. №61(1). С. 43–52.
5. Паенди О.Л., Оразмурадов А.А., Князев С.А., Апресян С.В., Шешко П.Л., Дмитриева Е.В., Ермолова Н.П. Особенности течения беременности при некоторых экстрагенитальных заболеваниях (анемия, пиелонефрит, артериальная гипертензия) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2012. № 5. С. 515–524.
6. Самарская Н.А., Ильин С.М. Обеспечение безопасных условий труда и защита здоровья работников железнодорожного транспорта // Экономика труда. 2018. №5(4). С. 1329–1346.
7. Habak P.J., Griggs J.R.P. Urinary tract infection in pregnancy. StatPearls Publishing; 2023. PMID: 30725732.
8. Means R.T. Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia: Implications and Impact in Pregnancy, Fetal Development, and Early Childhood Parameters. Nutrients. 2020. No. 12(2). С.447–491.

# ВЛАГАЛИЩНАЯ И КИШЕЧНАЯ МИКРОБИОТА У ЖЕНЩИН С НЕРАЗВИВАЮЩЕЙСЯ БЕРЕМЕННОСТЬЮ ДО И ПОСЛЕ КОРРЕКЦИИ СТАНДАРТНОЙ ТЕРАПИИ

## VAGINAL AND INTESTINAL MICROBIOTA IN WOMEN WITH UNDEVELOPED PREGNANCY BEFORE AND AFTER CORRECTION OF STANDARD THERAPY

**N. Ruhlyada  
S. Vinnikova  
L. Tsechoyeva  
V. Luft  
S. Doronin  
A. Polyakova**

**Summary.** The subject of the study was 90 patients from the gynecological department No. 1 of the St. Petersburg Institute of Emergency Medicine named after I.I. Janelidze. We analyzed the medical history, interviewed and examined 50 women with undeveloped pregnancy and 40 women with progressive pregnancy. Retrospective and prospective studies of the state of the vaginal and intestinal microbiota were conducted using PCR — RV «Femoflor-16» and «Colonoflor-16» in the laboratory «Explana». Monitoring of the state of the vaginal and intestinal microbiota was carried out after 1 month. Women with undeveloped pregnancy were further subdivided into two subgroups: the first subgroup (Ia) consisted of 25 women without treatment correction, the second subgroup (Ib) consisted of 25 women with treatment correction with the addition of probiotic prebiotic and metabiotic.

The aim of the work was to assess the state of the vaginal and intestinal microbiota in women with undeveloped pregnancy before and after the correction using highly informative molecular genetic methods. As a result of the study, the following data were obtained: vaginal dysbiosis was diagnosed in 72 % of women, colon dysbiosis in 54 %, and a combination of dysbiosis of these media before the start of therapy was detected in 42 % of women with an undeveloped pregnancy. After the therapy, normocenosis occurred in 72 %, while in the Ia subgroup, vaginal normocenosis was detected in 56 %, which is 2 times lower compared to the Ib subgroup — 88%, where two-stage therapy was performed. In the Ia subgroup, colon dysbiosis was detected in 64%, which is 5 times more than in the Ib subgroup — 12 %.

**Keywords:** undeveloped pregnancy, dysbiosis, prebiotic, metabiotic, microbiota.

**Рухляда Николай Николаевич**

Д.м.н, профессор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет  
nickolasr@mail.ru

**Винникова Симона Викторовна**

Научный сотрудник отдела гинекологии, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт» скорой помощи им. И.И. Джанелидзе  
simona.vinnikova@yandex.ru

**Цечоева Лейла Шахмураевна**

К.м.н., заведующая гинекологическим отделением №1 ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт» скорой помощи им. И.И. Джанелидзе  
doctor-leila@yandex.ru

**Луфт Валерий Матвеевич**

Д.м.н., профессор, руководитель лаборатории клинического питания ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт» скорой помощи им. И.И. Джанелидзе  
lvmt\_asper@mail.ru

**Доронин Сергей Андреевич**

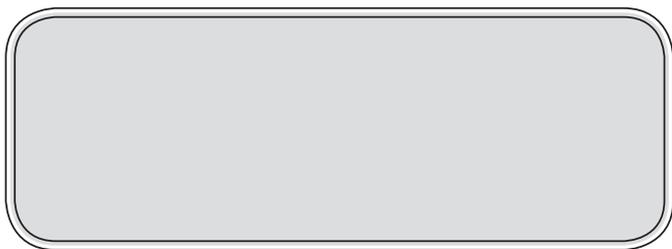
Коммерческий директор лаборатории «Explana»  
s.doronin@explana.ru

**Полякова Алёна Станиславовна**

Ординатор, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт» скорой помощи им. И.И. Джанелидзе  
alyonochka998@yandex.ru

**Аннотация.** Предметом исследования стали 90 пациенток из гинекологического отделения № 1 СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе. Нами были проанализированы истории болезни, опрошены и обследованы 50 женщин с неразвивающейся беременностью и 40 женщин с прогрессирующей беременностью. Проводились ретроспективные и проспективные исследования состояния влагалищной и кишечной микробиоты с помощью ПЦР — RV «Фемофлор-16» и «Колонофлор-16» в лаборатории «Explana». Контроль состояния влагалищной и кишечной микробиоты проводился через 1 месяц. Женщины с неразвивающейся беременностью были дополнительно подразделены на две подгруппы: в первой подгруппе (Ia) состоят 25 женщин без коррекции лечения, во вторую подгруппу (Ib) составили 25 женщин с проведенной коррекцией лечения с добавлением пробиотика пребиотика и метабиотика.

Целью работы была оценка состояния влагалищной и кишечной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью до и после проведенной коррекции с помощью высокоинформативных молекулярно-генетических методов. В результате исследования получены следующие данные, дисбиоз влагалища был диагностирован у 72 % женщин, дисбактериоз толстой кишки у 54 %, а сочетание дисбиозов этих сред до начала терапии выявлено у 42 % женщин с неразвивающейся беременностью. После проведенной



**Введение**

**Н**еразвивающаяся беременность (НБ) является главной причиной репродуктивных потерь и ее удельный вес составляет 10–20 % [1]. В структуре выкидышей первого триместра составляет 45–88,6 % [10]. Данная патология характеризуется нежизнеспособностью плода (эмбриона); снижением сократительной способности миометрия и нарушением в системе гемостаза [6, 9]. Основными причинами развития НБ являются хромосомные aberrации (аномальный кариотип в 60–75 % случаев), гормональные нарушения 30 % и воздействие инфекционных агентов (вирусно-бактериальная флора у 52,5 % и моноинфекция у 20 %) [5, 14, 15].

В основу терапии дисбиозов входит применение разных видов антимикробных лекарств [8,16] и большинство препаратов разрешены во втором и третьем триместрах беременности. В литературе нет полноценных данных о терапии дисбиозов влагалища на ранних сроках гестации из-за недостаточности информации о безопасности этиотропных препаратов. Одновременное использование антибактериальных препаратов и пробиотиков эффективность составляет 91,0 % [7,13].

терапии нормоценоз встречался у 72 %, при этом в Ia подгруппе обнаруживали нормоценоз влагалища у 56 %, что в 2 раза ниже по сравнению со Ib подгруппой — 88 %, где была проведена двухэтапная терапия. В Ia подгруппе дисбиоз толстой кишки выявлен у 64 %, что в 5 раз больше по сравнению со Ib подгруппой — 12 %.

*Ключевые слова:* неразвивающаяся беременность, дисбиоз, пребиотик, метабитик, микробиота.

*Цель исследования* — оценить состояние влагалищной и кишечной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью до и после проведенной коррекции с помощью высокоинформативных молекулярно-генетических методов.

**Материалы и методы**

Исследование проводилось на базе гинекологического отделения №1 в НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе. Выполнялись ретроспективные и проспективные анализы состояния влагалищной и кишечной микробиоты у женщин (n = 90) репродуктивного возраста (средний возраст 32,6 ± 6,1 лет). Состояние влагалищной микробиоты определяли с помощью ПЦР — РВ «Фемофлор-16», кишечной «Колонофлор-16» в лаборатории «Explana».

Пациентки были распределены на 2 группы: исследовательскую и контрольную группы. В исследовательскую группу вошли женщины (n = 50) (средний возраст 32,6 ± 5,9 лет) с диагнозом неразвивающаяся беременность. Группу контроля составили 40 женщин с прогрессирующей беременностью (средний возраст 31,6 ± 6,8 лет).



Рис. 1. Состояние влагалищной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью (исследовательская группа) и с прогрессирующей беременностью (контрольная группа) до начала терапии

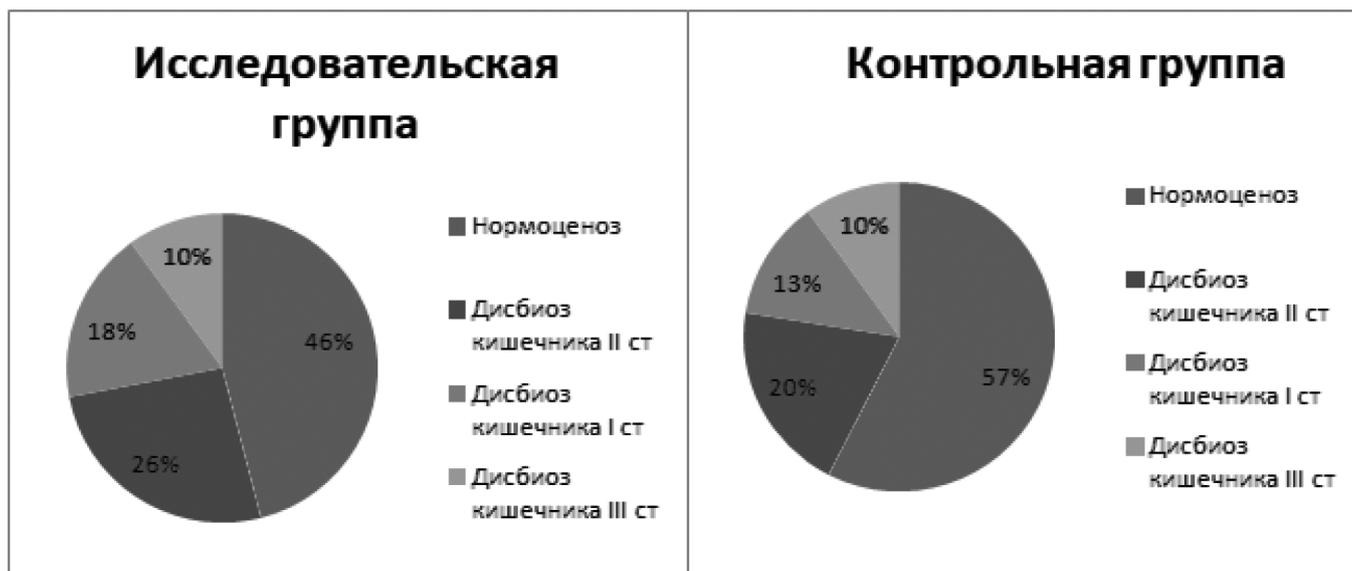


Рис. 2. Состояние кишечной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью и с прогрессирующей беременностью до начала терапии



Рис. 3. Различные состояния влагалищной и кишечной микробиоты до проведенной терапии у исследовательской и контрольной групп

Позже проводился контроль состояния влагалищной и кишечной микробиоты через 1 мес. Исследовательская группа была дополнительно подразделена на две подгруппы: в первой подгруппе (Ia) состоят 25 женщин без коррекции лечения, во вторую подгруппу (Ib) составили 25 женщин с проведенной коррекцией лечения с добавлением пробиотика («Ацидофильные лактобактерии 50,0 мг + Эстриол 0,03 мг»), пребиотика («Экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльничкового» 350,0 мг) и метабиотика (*L. helveticus* DSM 4183 + *E.coli* DSM 4087 + *L. acidophilus* DSM 4149 + *Enterococcus faecalis* DSM 4086 (50,0 г + 25,0 г + 12,5,0 г + 12,5,0 г)).

### Результаты и обсуждение

В результате анализа состояния влагалищного содержимого до начала терапии с помощью ПЦР в режиме реального времени «Фемофлор-16» в исследовательской группе нормоценоз диагностировали у 28 % женщин, а у контрольной группы у 47,5 %. На рисунке 1 более детально представлено состояния влагалищной микробиоты до начала терапии.

При исследовании содержимого толстого кишечника дисбиозы встречались у 54 % пациенток исследовательской группы, в контрольной — 42,5 %. Что более наглядно представлено на рисунке 2.

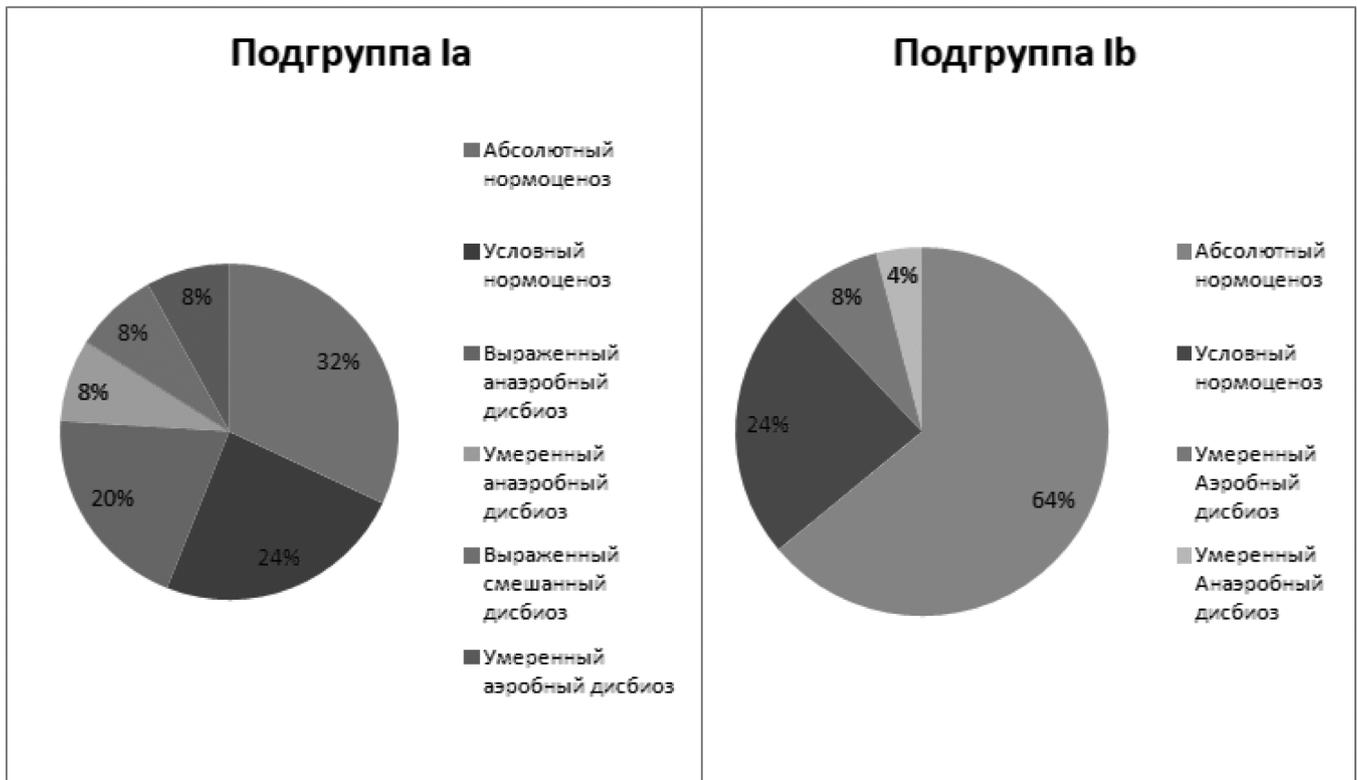


Рис. 4. Состояние влагалищной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью и с прогрессирующей беременностью после проведенной терапии

Сочетание дисбиозов влагалища и кишечника до начала терапии выявляли у 42 % женщин с неразвивающейся беременностью и у 32,5 % с прогрессирующей беременностью. Различные варианты сочетаний влагалищной и кишечной микробиоты представлено на рисунке 3.

Всем женщинам с дисбиозами влагалища была проведена стандартная терапия. Вначале применяли «Нифурател» + «Нистатин» (500,0 мг + 200,0 тыс. МЕ) по 1 таб. х 3 р/д в течение 7 дней. Далее в Ib подгруппе дополнительно (вторым этапом) был назначен пробиотик «Ацидофильные лактобактерии 50,0 мг + Эстриол 0,03 мг» по 1 таб. вагинально в течение 12 дней. Через 1 мес. после проведенного лечения всем пациенткам была проведена повторная оценка состояния влагалищной микробиоты. В исследовательской группе нормоценоз наблюдался у 72 %, в контрольной — 52 % (рис. 4).

При этом в Ia подгруппе обнаруживали нормоценоз у 56 %, что в 2 раза ниже по сравнению со Ib подгруппой — 88 %, где была проведена двухэтапная терапия (рис. 5).

При выявлении дисбиоза кишечника женщинам Ib подгруппе рекомендовали пребиотик растительного происхождения и метабиотик. **L. helveticus DSM 4183 + E.coli DSM 4087 + L. acidophilus DSM 4149 +**

**Enterococcus faecalis DSM 4086** назначали в дозировке 40 кап. х 3 р/д в течение 14 дней, «Экстракт плодов цитамопсиса четырехкрыльчатого» 350,0 мг по 1 мерной ложке 1 раз в день в течение 14 дней. Через 1 мес. всем пациенткам был проведен повторный анализ состояния кишечного содержимого. Дисбиозы выявляют у 38 % пациенток исследовательской группы, у 50% контрольной (рис. 6).

В Ia подгруппе дисбиоз встречается у 64 %, что в 5 раз больше по сравнению со Ib подгруппой — 12 % (рис.7).

В ходе исследования получены различные дисбиотические изменения как стороны влагалища, так и стороны толстого кишечника. Айламазян Э. К. 2016 г. и Denney J. M. 2009 подчеркивали, что заболевания влагалища, вызываемые условно-патогенными микроорганизмами оказывают значительное влияние в развитие инфекционных осложнений беременности [2,12].

По данным авторов Зайдиева З.С. и др. 2020 г., Безменко А.А. и др. 2019 г., у беременных дисбиозы влагалища обнаруживают у 37–75,6 % беременных [3,4]. Дисбиотические нарушения со стороны влагалища увеличивают риск возникновения инфекционных осложнений.

В качестве основных методов диагностики состояния микробиоты влагалища и толстой кишки, мы применяли



Рис. 5. Состояние влагалищной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью через 1 мес.:  
 Ia подгруппа — после терапии «Нифурател» + «Нистатин» (500,0 мг + 200,0 тыс. МЕ);  
 Ib подгруппа — после проведенной двухэтапной терапии

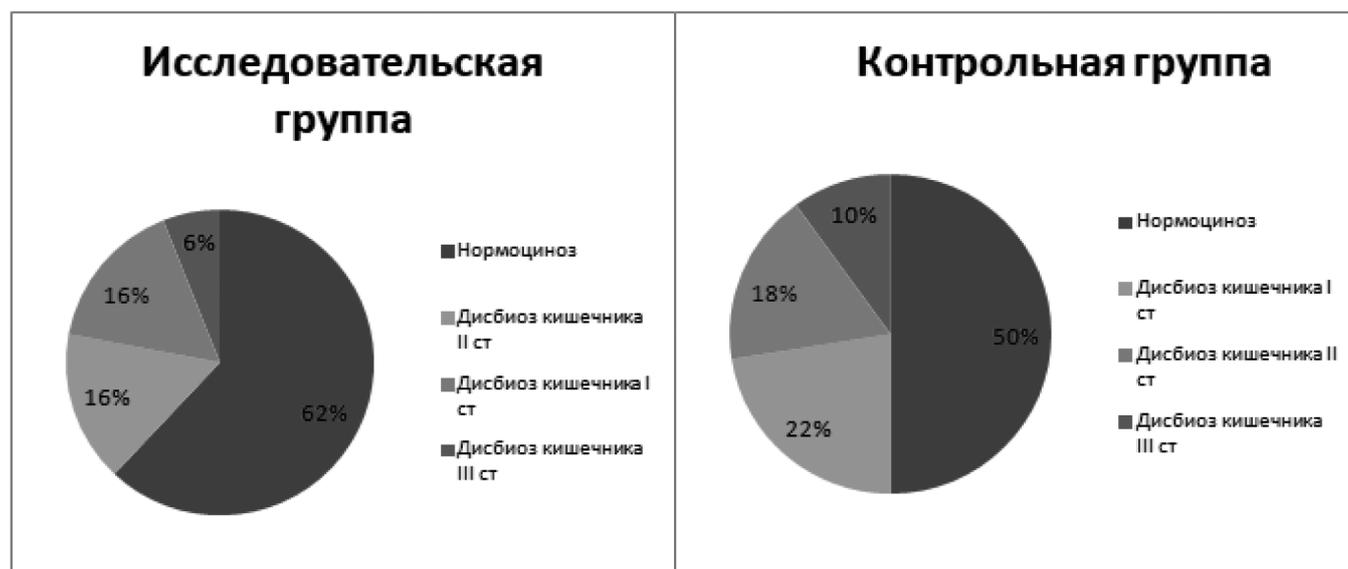


Рис. 6. Состояние кишечной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью и с прогрессирующей беременностью после терапии

ПЦР — РВ «Фемофлор-16» и «Колонофлор -16». Данные методы позволяют в достаточной мере в короткие сроки получить полную качественную и количественную характеристику вагинального и кишечного микробиоценозов. Одновременно происходит индификация до 25 труднокультивируемых микроорганизмов в исследуемых средах. Обладают высокой чувствительностью и специфичностью. С помощью данных методов исследования можно определить этиологическую причину дисбиотических нарушений, степень выраженности процесса, оценить эффективность проводимой терапии и результатов лечения. Ришук С.В. и др. 2014 подтверждают, что

полимеразно-цепные реакции можно применять в качестве альтернативы бактериологического метода исследования [10].

### Выводы

Полимеразно-цепные реакции в режиме реального времени позволили в короткие сроки исследовать состояние микробиоты влагалища и толстой кишки. Дисбиотические нарушения влагалища обнаружены у 72 % женщин, из них чаще встречаются выраженный анаэробный дисбиоз — 32 % и умеренный анаэробный дисби-

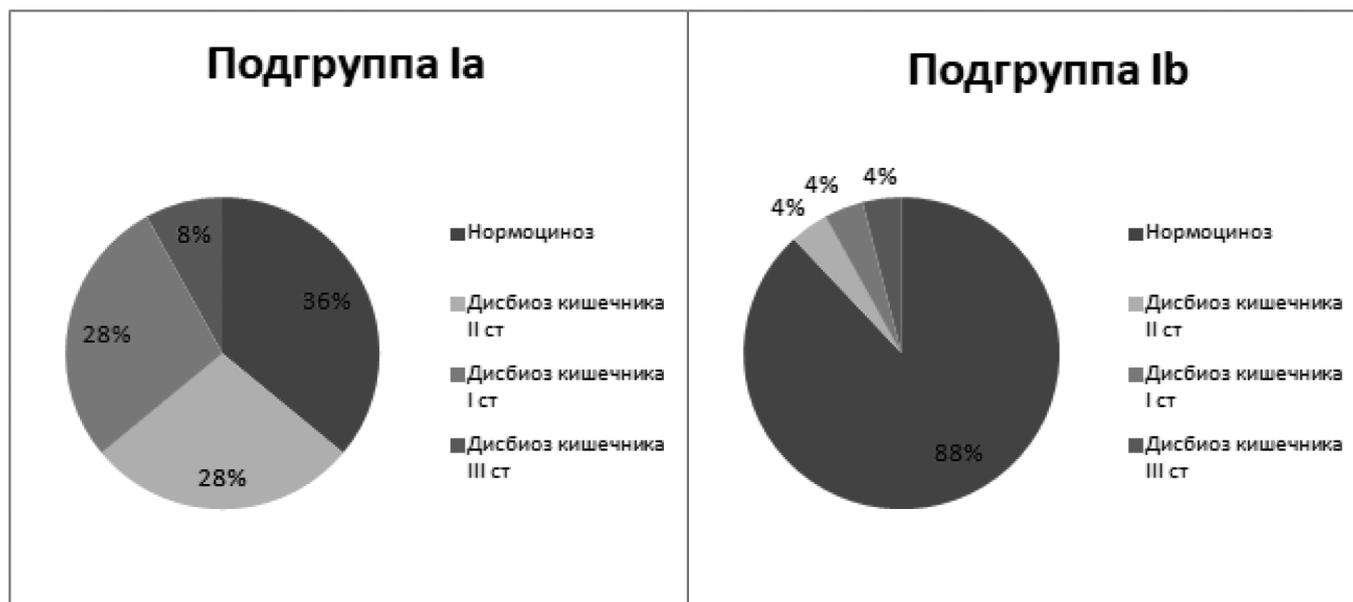


Рис. 7. Состояние кишечной микробиоты у женщин с неразвивающейся беременностью через 1 мес.:  
Ia подгруппа — без применения пребиотиков;

Ib подгруппа — после назначения **L. helveticus DSM 4183 + E. coli DSM 4087 + L. acidophilus DSM 4149 + Enterococcus faecalis DSM 4086** и «Экстракт плодов циамопсиса четырехкрыльничкового»

оз — 24 %. Дисбактериоз толстой кишки выявлен у 54%. При этом сочетания дисбиоз влагалища и толстой кишки диагностированы у 42 %.

Применение двухэтапной схемы лечения доказало свою эффективность. Мы получили положительные результаты у 88 % нормоценоз был как вагинальной среде, так и в кишечной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агаркова, И.А. Неразвивающаяся беременность: оценка факторов риска и прогнозирование / И.А. Агаркова // Медицинский альманах № 4 (13) ноябрь 2010 — с. 82–88.
- Айламазян, Э.К., Шипицына Е.В., Савичева А.М. Микробиота женщины и исходы беременности / Э.К. Айламазян, Е.В. Шипицына, А.М. Савичева // Журнал акушерства и женских болезней, 2016 г., Том LXV, выпуск 4 С. 6–14.
- Безменко, А.А. Состояние микробиоценозов влагалища и кишечника у беременных / А.А. Безменко, Н.Д. Садовая // Журнал акушерства и женских болезней. — 2019. — Т. 68. — № 6. — С. 29–36.
- Зайдиева, З.С. Особенности микробиоты влагалища и пути коррекции ее нарушений при доношенной беременности / З.С. Зайдиева, М.К. Меджидова // Медицинский совет. — 2020. — № 3. — С. 38–43. — DOI 10.21518/2079-701X-2020— 3-38-43.
- Заякин, В.А. Плацентарное ложе матки при неразвивающейся беременности. Автореф. Дис. На соиск. Учен. Степ. Канд. Мед. Наук. Код спец. 14.00.01. Заякин В.А. — 2004.
- Основы ультразвуковой фетометрии: Практическое пособие для врачей / А.Ю. Блинов, М.В. Медведев. М.: Реал Тайм, 2012 — 136 с.
- Карапетян, Т.Э. Бактериальный вагиноз в первом триместре беременности / Т.Э. Карапетян, А.С. Анкирская, В.В. Муравьева // Медицинский совет. — 2015. — № 20. — С. 68–71. — EDN TKLA0Z.
- Кира, Е.Ф. Обзор международных и российских научных данных об использовании Полижинакса для лечения и профилактики неспецифического (аэробного), кандидозного и смешанного вагинитов / Е.Ф. Кира, А.М. Савичева // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2018. — Т. 18. — № 2. — С. 52–64.
- Радзинский, В.Е. Неразвивающаяся беременность. Методические рекомендации МАРС (Междисциплинарной ассоциации специалистов репродуктивной медицины) / А.М. Радзинский, С.А. Макцелова и др. — М.: Редакция журнала StatusPraesens, 2015—48 с.
- Рищук, С.В. Эндогенная микробиота влагалища и ее нарушение. Диагностика и принципы коррекции / С.В. Рищук, А.А. Малышева // Terra Medica. — 2014. — Т. 2. — С. 9–21.
- Сарбаева, Н.Н. Макрофаги. Разнообразие фенотипов и функций, взаимодействие с чужеродными материалами / Н.Н. Сарбаева, Ю.В. Пономарева, М.Н. Миллякова // Гены & Клетки, 2016. № 1. С. 9–17.
- Denney JM, Culhane JF. Bacterial vaginosis: a problematic infection from both a perinatal and neonatal perspective. Semin Fetal Neonatal Med. 2009;14(4):200-3. doi: 10.1016/j.siny.2009.01.008

13. Doubilet P.M. et al. Editor Diagnostic Criteria for Nonviable Pregnancy Early in the First Trimester For the Society of Radiologists in Ultrasound Multispecialty Panel on Early First Trimester Diagnosis of Miscarriage and Exclusion of a Viable Intrauterine Pregnancy // NEJM. 2013 Vol. 369 P. 14439.
14. Sugiura-Ogasawara M. et al. Abnormal Embryonic Karyotype is the Most Frequent Cause of Recurrent Miscarriage // Hum. Reprod. 2012 Vol. 27 (8). P. 2297–2302. [PMID: 22661547].
15. Suzumori N., Sugiura-Ogasawara M. Genetic factors as a cause of miscarriage // Curr. Med. Chem. 2010 Vol. 17 (29). P. 3431–3437. [PMID: 20712563].
16. Tansarli GS, Kostaras EK, Athanasiou S, Falagas ME. Prevalence and treatment of aerobic vaginitis among non-pregnant women: evaluation of the evidence for an underestimated clinical entity. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2013;32(8):977-84. doi: 10.1007/s10096— 013-1846-4.

---

© Рухляда Николай Николаевич (nickolasr@mail.ru); Винникова Симона Викторовна (simona.vinnikova@yandex.ru);  
Цечоева Лейла Шахмурзаевна (doctor-leila@yandex.ru); Луфт Валерий Матвеевич (lvm\_aspep@mail.ru);  
Доронин Сергей Андреевич (s.doronin@explana.ru); Полякова Алёна Станиславовна (alyonochka998@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВКЛАД СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА В 12-МЕСЯЧНУЮ ВЫЖИВАЕМОСТЬ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНФАРКТА МИОКАРДА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

## THE CONTRIBUTION OF THE REMOTE MONITORING SYSTEM TO THE 12-MONTH SURVIVAL OF PATIENTS AFTER MYOCARDIAL INFARCTION I N THE PERM REGION

**G. Spasenkov  
O. Khlynova  
V. Koriagin  
N. Koriagina**

*Summary. Relevance.* In response to the global pandemic of a new coronavirus infection in 2020, innovative healthcare approaches were introduced in the Perm region. Particular attention was paid to the creation of a system for remote monitoring (RM) of the health of patients with a high risk of cardiovascular disease. On the territory of the Perm Territory, a regional project «Remote monitoring of the health status of patients with cardiovascular diseases» has been created since July 2020. *Materials and methods.* The study included 253 patients who had myocardial infarction (MI) at the Clinical Cardiology Dispensary in the period from 2019 to 2022.

*Results.* In the UM group, a lower level of low-density lipoproteins ( $p=0.049$ ) and atherogenic index ( $p=0.019$ ) were revealed. The group of patients with UM showed an impressive survival rate of 97.3 % at 12 months from the start of the study, in patients without UM, the survival rate was significantly lower, amounting to 88.6%.

*Conclusion.* In this study, two groups of patients were compared: one group voluntarily participated in the remote monitoring program, and the other group refused to participate. Statistically significant differences in clinical and laboratory parameters were found. In a 12-month survival analysis, UM can be considered as a favorable predictor of patient survival after myocardial infarction.

*Keywords:* covid; SARS-CoV-2; acute myocardial infarction, remote monitoring.

**Спасенков Григорий Николаевич**

Соискатель, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера; врач кардиолог ГБУЗ ПК Клинический кардиологический диспансер, [spy5502@mail.ru](mailto:spy5502@mail.ru)

**Хлынова Ольга Витальевна**

Доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера [olgakhlynova@mail.ru](mailto:olgakhlynova@mail.ru)

**Корягин Владимир Сергеевич**

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера [vladimirkoryagin12@gmail.com](mailto:vladimirkoryagin12@gmail.com)

**Корягина Наталья Александровна**

Доктор медицинских наук, профессор, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера [nina11-85@mail.ru](mailto:nina11-85@mail.ru)

*Аннотация. Актуальность.* В ответ на глобальную пандемию новой коронавирусной инфекции в 2020 году в Пермском крае были внедрены инновационные подходы в здравоохранении. Особое внимание уделялось созданию системы удаленного мониторинга (УМ) здоровья пациентов с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний. На территории Пермского края был создан региональный проект «Удаленный мониторинг состояния здоровья пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями» с июля 2020 года.

*Материалы и методы.* В исследование было включено 253 пациента, которые перенесли инфаркт миокарда (ИМ) в Клинический кардиологический диспансер в период с 2019 по 2022 год.

*Результаты.* В группе с УМ был выявлен более низкий уровень липопротеинов низкой плотности ( $p=0,049$ ) и индекса атерогенности ( $p=0,019$ ). Группа пациентов с УМ, показала впечатляющий уровень выживаемости в 97,3 % через 12 месяцев после начала исследования, у пациентов без УМ, показатель выживаемости был значительно ниже, составив 88,6 %.

*Заключение.* В данном исследовании были сравнены две группы пациентов: одна группа принимала участие в программе удаленного мониторинга добровольно, а другая группа отказалась от участия. Были обнаружены статистически значимые различия в клинико-лабораторных показателях. При проведении анализа выживаемости за 12 месяцев УМ можно рассматривать как благоприятный предиктор выживаемости пациентов после ИМ.

*Ключевые слова:* ковид; SARS-CoV-2; острый инфаркт миокарда, удаленный мониторинг.

## Актуальность

**В** ответ на вызовы, поставленные перед медицинской общественностью глобальной пандемией новой коронавирусной инфекции (НКВИ) в 2020 году. На территории Пермского края активно внедрены инновационные подходы в области здравоохранения. Особое внимание было уделено созданию системы удаленного мониторинга (УМ) состояния здоровья пациентов с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). В связи с этим в регионе, в рамках региональной Программы по борьбе с болезнями системы кровообращения (БСК), был разработан и утвержден порядок «Проведения удаленного мониторинга за состоянием здоровья пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями», согласно приказа Министерства от 3 сентября 2020 г. № СЭД-34-01-05-355. Ситуация с НКВИ выявила необходимость адаптации медицинских систем к новым условиям, когда прямые контакты между пациентами и медицинским персоналом нужно свести к минимуму без ущерба для качества медицинской помощи. В этом контексте, удаленный мониторинг стал ключевым инструментом для обеспечения безопасности и заботы о здоровье пациентов.

Суть программы состоит в регулярных телефонных звонках от оператора или медицинского персонала к пациенту, что позволяет отслеживать состояние их здоровья на протяжении всего периода участия в программе [1]. Это обеспечивает возможность своевременной реакции на возможное ухудшение здоровья и определения необходимости дальнейшего обследования и корректировки плана лечения. Основная ответственность за организацию и управление программой удаленного мониторинга возложена на главных врачей медицинских учреждений Пермского края, оказывающих первичную медицинскую и специализированную помощь. Это ключевой элемент стратегии региона в области здравоохранения, направленный на улучшение качества и доступности медицинской помощи в условиях пандемии и после. Несмотря на то, что программа УМ была запущена в Пермском крае в ответ на сложности, связанные с пандемией НКВИ, она остается актуальной и в постпандемический период. Это обусловлено ее успешностью и способностью эффективно дополнять стандартное амбулаторное наблюдение.

Однако, несмотря на все преимущества, УМ не является заменой стандартному амбулаторному наблюдению в рамках выполнения диспансерного наблюдения, согласно Приказа от 29 марта 2019 г. № 173н об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения за взрослыми [2]. УМ является важным дополнением к традиционной системе ухода за пациентами, обеспечивая дополнительный уровень поддержки и наблюдения за пациентами вне стен медицинского учрежде-

ния. Технологии удаленного наблюдения за пациентами с ССЗ появились более 15 лет назад и с тех пор активно изучаются. Последний Кокрейновский обзор 2015 года, в который были включены 41 РКИ и 12947 пациентов, продемонстрировал, что по сравнению со стандартным наблюдением телефонная поддержка снижает смертность от всех причин на 13 % (95 % ДИ: 0,77–0,98), а госпитализаций по поводу сердечной недостаточности СН на 15 % (95 % ДИ: 0,77–0,93) [3].

## Цель исследования

Оценить влияние системы непрерывного динамического наблюдения Региональный проект Пермского края «Удаленный мониторинг состояния здоровья пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями» на 12-месячную выживаемость пациентов после перенесенного инфаркта миокарда.

## Материалы и методы

В исследование было включено 253 пациента, которые перенесли ИМ в государственном бюджетном учреждении Пермского края «Клинический кардиологический диспансер» (ГБУЗ ПК «ККД») в период с 2019 по 2022 год. Всем пациентам было предложена система непрерывного динамического наблюдения «Удаленный мониторинг», однако часть пациентов отказалась, которые составили 1-ю группу (n=105), 2-я группа была подвергнута наблюдению через УМ (n=148). Группы характеризовались статистически незначимыми различиями в гендерном и возрастном составе. Доля мужчин в 1 группе 64,8 % во 2-й 69,6 % (p=0,443), возраст среди мужчин превышал 60 лет (1 группа 62,81+11,49, 2-я группа 61,33+11,95, p=0,424), возраст женщин превышал 70 лет (1 группа 74,25+12,29, 2 группа 70,65+9,26, p=0,135).

Диагноз инфаркт миокарда выставлялся согласно рекомендациям экспертов ВОЗ (1981) и классифицировался по МКБ 10. Всем пациентам на госпитальном этапе в региональном сосудистом центре была проведена коронарография и чрезкожное коронарное вмешательство (ЧКВ) по показаниям. Пациенты получали стандартную терапию при ИМ, согласно действующим клиническим рекомендациям [4], включавшую в себя ингибиторы ангиотензин превращающего фермента (ИАПФ), бета-адреноблокаторы и двойную антиромбоцитарную терапию.

На госпитальном этапе различий по осложнениям, клинико-лабораторным и инструментальным показателям выявлено не было.

Через 12 месяцев после выписки пациента из стационара, был проведен мониторинг всех пациентов, которые находились на амбулаторном лечении. Нашей

Таблица 1.

Клинико-анамнестическая характеристика

Показатель	1 группа Пациенты без УМ (n=105)			2 группа Пациенты с УМ (n=148)			p
	Me	Q1 — Q3	max — min	Me	Q1 — Q3	max — min	
Вызов бригад скорой за последний 1 год после выписки по поводу ОКС	0,00	0,00–0,75	0–12	0,00	0,00–0,00	0–9	0,439
Количество госпитализаций с ССЗ код МКБ 100-199	1,00	0,00–2,00	0–6	1,00	0,00–1,00	0–4	0,047*
Количество визитов в поликлинику с диагнозом БСК (100-199)	9,00	3,50–13,00	0–23	9,00	4,00–13,50	0–38	0,729

\* — различия показателей статистически значимы (p<0,05)

целью было выявить и проанализировать любые различия в клинико-лабораторных показателях, включающих, результаты общего анализа крови (ОАК), биохимические анализы крови, эхокардиография (ЭХОКГ) и липидограмму, что могло бы помочь нам в формировании точного и глубокого понимания влияние системы УМ на пациентов после перенесенного ИМ.

Проведена оценка клинической активности заболевания на основании количества госпитализаций по поводу обострений БСК, числа посещений поликлиники, а также вызовов скорой помощи, в связи с острыми коронарными синдромами (ОКС). Эти показатели позволили нам получить более полное представление о динамике заболевания и эффективности применения УМ. [5]

Дополнительно к указанным выше методам исследования, мы провели анализ выживаемости с использованием метода Каплана-Майера [6], который является золотым стандартом в оценке продолжительности жизни пациентов в клинических исследованиях. Важно отметить, что пациенты умершие в течение 28 дней не были включены в анализ, так как предполагается, что система удаленного мониторинга не могла повлиять в этот промежуток времени.

**Результаты и обсуждение**

Частота вызовов скорой, посещения поликлиники, и количества госпитализаций с диагнозами БСК (100-199) у пациентов в зависимости от принадлежности к УМ представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что пациенты, отказавшиеся от программы УМ, чаще были госпитализированы с диагнозами БСК значительно чаще чем пациенты, состоящие на программе УМ (p=0,047), не смотря на статистически незначимые различия в частоте вызова скорой помощи и количеству раз походов в поликлинику. Это можно связать с тем, что программа УМ может действительно играть значительную роль в контроле состояния пациента и предотвращении госпитализации. Это можно объяснить тем, что рамках программы УМ, пациенты полу-

чают целенаправленную поддержку, которая помогает им лучше понимать и контролировать свое заболевание.

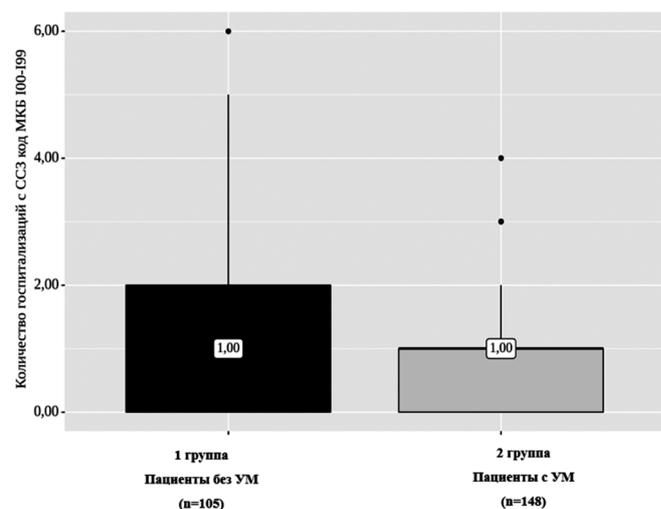


Рис. 1. Характеристика количества госпитализаций в зависимости от группы УМ

Имеется значимое снижение количества госпитализаций в группе УМ, рисунок 1.

В ходе сравнительного анализа показателей, рамках оценки состояния крови, включающей ОАК и биохимического анализа крови, лишь некоторые показатели из таблицы (таблица 2) демонстрировали статистически значимые различия. При этом уровень значимости для остальных параметров превышал значение 0,05, что указывает на отсутствие статистически значимых различий.

Важно отметить, что у пациентов, участвовавших в программе УМ, было обнаружено значимо более низкое значение креатинина (p=0,003) и более высокая скорость клубочковой фильтрации (СКФ), (p=0,003). Это наблюдение позволяет сделать вывод о благоприятном влиянии УМ на кардиоренальный континуум [7,8], то есть на взаимосвязь сердечной и почечной функций.

В исследовании были сравнены липидные профили пациентов из двух групп по следующим параметрам: общий холестерин (ХС), липопротеины низкой плотности

Таблица 2.

Сравнительная характеристика показателей общего анализа и биохимии крови

Показатели	1 группа Пациенты без УМ (n=105)		2 группа Пациенты с УМ (n=148)		p
	M±SD	95 % ДИ	M±SD	95 % ДИ	
Эр 10 <sup>12</sup> /л	4,45 ± 0,48	4,24–4,66	4,80 ± 0,54	4,70–4,90	0,005*
СОЭ мм/ч	19,65 ± 14,27	13,62–25,67	13,88 ± 9,92	12,02–15,75	0,019*
Креатинин мкмоль/л	99,93 ± 25,71	90,50–109,36	86,97 ± 20,08	83,38–90,55	0,003*
СКФ по формуле СКД-EPI, 72 мл/мин/1,73м <sup>2</sup>	62,24 ± 19,41	54,04–70,43	75,49 ± 19,55	71,91–79,07	0,003*
Мочевина ммоль/л	7,33 ± 2,93	5,92–8,74	6,17 ± 2,06	5,79–6,55	0,035*

\* — различия показателей статистически значимы (p<0,05)

Таблица 3.

Сравнительная характеристика липидного профиля

Показатели	1 группа Пациенты без УМ (n=105)		2 группа Пациенты с УМ (n=148)		p
	M±SD	95 % ДИ	M±SD	95 % ДИ	
Общий ХС ммоль/л	4,49 ± 1,19	4,10–4,88	4,20 ± 1,19	3,99–4,41	0,191
ЛПНП ммоль/л	2,77 ± 1,04	2,43–3,11	2,35 ± 1,18	2,13–2,56	0,049*
ЛПВП ммоль/л	1,14 ± 0,40	0,99–1,28	1,25 ± 0,34	1,19–1,31	0,117
ТГ ммоль/л	1,55 ± 0,69	1,30–1,81	1,45 ± 0,63	1,33–1,56	0,432
ИА ед	3,11 ± 1,52	2,47–3,75	2,31 ± 0,87	2,13–2,49	0,019*

\* — различия показателей статистически значимы (p<0,05)

(ЛПНП), липопротеины высокой плотности (ЛПВП), триглицериды (ТГ) и индекс атерогенности (ИА). У пациентов группы УМ отмечался более низкий уровень ЛПНП (p=0,049\*) и более низкий ИА (p=0,019), таблица 3.

У пациентов группы УМ отмечалась более значимая тенденция к достижению целевого уровня ЛПНП после сердечно-сосудистого события, хоть и не достигала желаемых цифр, что может свидетельствовать о более высокой приверженности пациентов к липидснижающей терапии, за счет поднятия настороженности к приему лекарственной терапии путем контроля со стороны УМ.

Таблица 4.

Сравнительная характеристика частоты смертности

Показатель	Группы наблюдения		p	ОШ; 95 % ДИ
	Группа без УМ (n=105)	Группа УМ (n=148)		
Смерть в течение 12 месяцев	12 (11,7)	4 (2,7)	0,007*	0,208; 0,065–0,664

(используемый метод: Точный критерий Фишера).

Оценка вероятности смерти в течение 12 месяцев в зависимости от принадлежности к группе УМ выявила статистически значимые различия (p = 0,007). Веро-

ятность смерти в группе УМ была ниже в 4,813 раза, по сравнению с группой без УМ, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 0,208; 95 % ДИ: 0,065–0,664), рисунок 2.

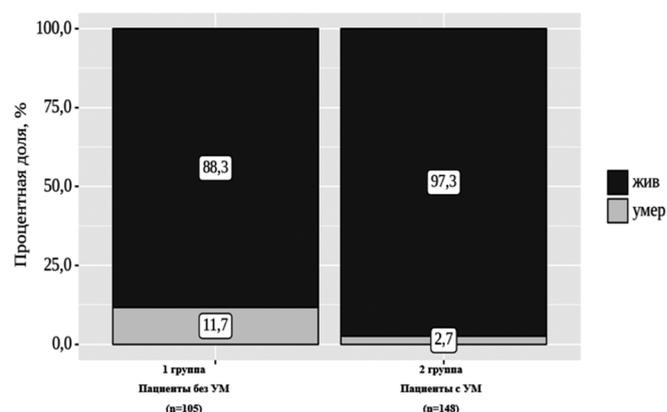


Рис. 2. Частота смертности среди группы УМ и без УМ на постгоспитальном этапе в течение 12 месяцев

Так же оценка выживаемости была выполнена с помощью таблиц дожития, таблица 5.

Группа пациентов, состоящих на системе УМ, показала впечатляющий уровень выживаемости в 97,3 % через

12 месяцев после начала исследования. В то же время, у пациентов из группы, не включенной в УМ, показатель выживаемости был значительно ниже, составив 88,6 %. Эта разница в выживаемости между группами статистически значима, что подтверждается значением  $p=0,007$ . Данные об выживаемости были получены с использованием метода Каплана-Майера, который является универсальным стандартом в исследованиях такого рода. Это исследование имеет потенциальную эффективность и значение УМ в дальнейшем улучшении выживаемости пациентов экстремально высокого сердечно-сосудистого риска.

Таблица 5.

Безрецидивная выживаемость пациентов в зависимости от группы

Срок наблюдения, дней (мес.).	Безрецидивная выживаемость, %			
	1 группа Пациенты без УМ (n=105)		2 группа Пациенты с УМ (n=148)	
	Абс.	%	Абс.	%
30 (1)	105	100,0	148	100,0
60 (2)	103	98,1	148	100,0
90 (3)	100	95,2	148	100,0
120 (4)	100	95,2	146	98,6
150 (5)	100	95,2	146	98,6
180 (6)	100	95,2	146	98,6
210 (7)	99	94,3	146	98,6
240 (8)	99	94,3	146	98,6
270 (9)	99	94,3	146	98,6

Срок наблюдения, дней (мес.).	Безрецидивная выживаемость, %			
	1 группа Пациенты без УМ (n=105)		2 группа Пациенты с УМ (n=148)	
	Абс.	%	Абс.	%
300 (10)	99	94,3	146	98,6
330 (11)	96	91,4	144	97,3
360 (12)	94	89,5	144	97,3
390 (13)	93	88,6	144	97,3

**Заключение**

ИМ остается одной из главных причин смертности и инвалидизации населения, как в России, так и в Пермском крае. Внедрение системы УМ в 2020 году в Пермском крае позволило добиться значительных результатов в снижении смертности после ИМ. Актуальность темы удалённого мониторинга за пациентами высокого сердечно-сосудистого риска значительно возросла во время эпидемии новой коронавирусной инфекции [1,9]. На фоне пандемии НКВИ наблюдается рост общей смертности населения в 2019 г. этот показатель составил 13,2 на 1000 населения, а в 2020 г. этот показатель составил 15,5 на 100 населения, динамика роста 116,5 %. Смертность от болезней системы кровообращения так же возросла, с 665,2 на 100 тыс. населения в 2019 г., до 776,1 на 100 тыс. населения в 2020 г. Снижение доступности медицинской помощи и нежелание пациентов посещать медицинские учреждения для плановых осмотров потребовали изменения структуры диспансерного наблюдения. Именно поэтому с целью снижения смертности населения от болезней системы крово-

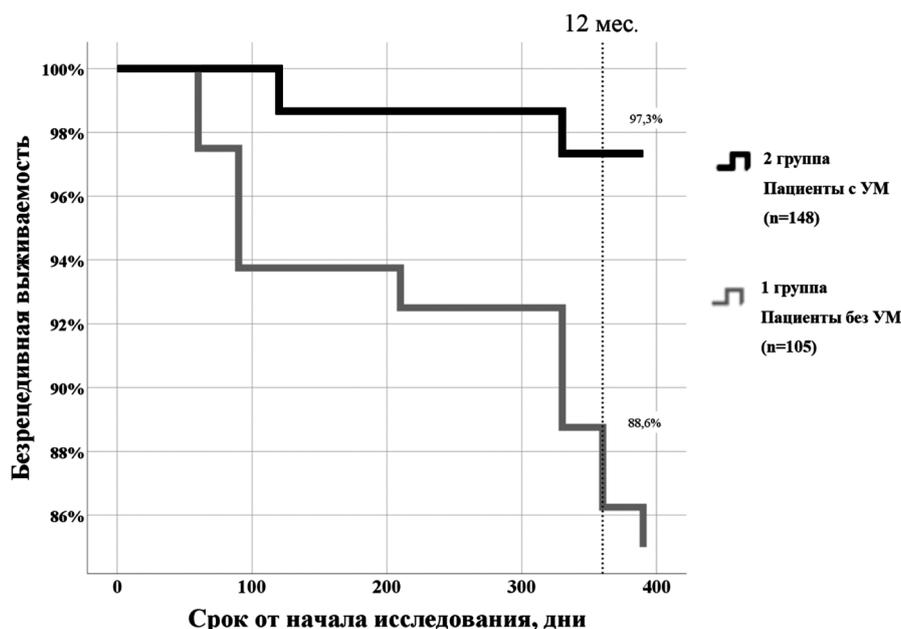


Рис. 3. Безрецидивная выживаемость в зависимости от принадлежности к группе УМ

обращения в Пермском крае, в рамках региональной Программы «Борьба с сердечнососудистыми заболеваниями», был разработан и утвержден соответствующим приказом Министерства Здравоохранения Пермского края Региональный проект «Удаленный мониторинг состояния здоровья пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями».

Удаленный мониторинг — это динамическое регулярное наблюдение за пациентом, направленное на своевременное выявление ухудшения его состояния и организацию медицинской помощи для коррекции тактики лечения. Удаленный мониторинг представляет собой проводимые с определенной периодичностью телефонные контакты оператора или медицинского персонала с пациентом, включенным в программу удаленного мониторинга, по результатам которого определяется необходимость дальнейшей очной консультации пациента с медицинским персоналом, дополнительного обследования и определения тактики лечения. Ответственность за организацию проведения удаленного мониторинга

за состоянием здоровья пациентов, страдающих ССЗ, возложена на главных врачей медицинских организаций, оказывающих первичную медико-санитарную и первичную специализированную помощь в Пермском крае.

За время реализации проекта в него были включены 55 медицинских учреждений Пермского края, осуществляющих мониторинг. Было проведено: 278,454 телефонных контактов с медицинскими операторами, 36,169 телефонных контактов с докторами, 21,552 очных визитов к врачам.

В настоящей работе проведён комплексное сравнение группы пациентов, добровольно согласившихся на программу УМ и отказавшихся от нее. Были получены статистически значимые различия в показателях общего анализа, биохимии крови и липидограммы. В заключение можно сказать, что УМ можно рассматривать как благоприятный предиктор в 12 месячной выживаемости пациентов после ИМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Опыт применения удаленного мониторинга пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями в Пермском крае / М.С. Суханов, Ю.В. Каракулова, К.В. Прохоров [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2021. — Т. 20, № 3. — С. 87–90. — DOI 10.15829/1728-8800-2021-2838. — EDN VOCJOS.
2. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 29.03.19 г. №173н «Об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения за взрослыми» (<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=334441>, дата обращения 26.03.2022).
3. Inglis SC, Clark RA, McAlister FA, et al. Structured telephone support or telemonitoring programmes for patients with chronic heart failure. Cochrane Database Syst Rev. 2010;(8):CD007228. DOI: 10.1002/14651858.CD007228.
4. Клинические рекомендации. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы — 2020 (27.10.2020) — Утверждены Минздравом РФ ([http://disuria.ru/\\_id/10/1012\\_kr20121122mz.pdf](http://disuria.ru/_id/10/1012_kr20121122mz.pdf), дата обращения 26.06.2022)
5. Плавинский С.Л. Биостатистика: планирование, обработка и представление результатов биомедицинских исследований при помощи системы SAS / С.Л. Плавинский. — С.-Пб.: СПбМАПО, 2005. — 506 с.
6. Peacock J.L. Oxford Handbook of Medical Statistics / J.L. Peacock, P.J. Peacock / Oxford University Press, 2011. — 517 p.
7. Кобалава Ж.Д., Виллевальде С.В., Ефремовцева М.А., Моисеев В.С. Кардиоренальные взаимоотношения: современные представления. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010;9(4):4–11.
8. Шейман И.М., Шишкин С.В., Шевский В.И. и соавт. Диспансеризация населения: ожидания и реальность // Мир России. Социология. Этнология. 2021. №4.
9. Clark RA, Inglis SC, McAlister FA, et al. Telemonitoring or structured telephone support programmes for patients with chronic heart failure: systematic review and meta-analysis. BMJ. 2007;334(7600):942. DOI: 10.1136/bmj.39156.536968.55.

© Спасенков Григорий Николаевич (spy5502@mail.ru); Хлынова Ольга Витальевна (olgakhlynova@mail.ru);  
Корягин Владимир Сергеевич (vladimirkoryagin12@gmail.com); Корягина Наталья Александровна (nina11-85@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ БЕТАМЕТАЗОНА ВО ВРЕМЯ АУГМЕНТАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ЧЕЛЮСТИ У СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ

**Цветков Юрий Андреевич**

Аспирант, Ярославский Государственный  
Медицинский Университет  
almazdent@rambler.ru

## STUDY OF THE CLINICAL EFFICACY OF THE USE OF GLUCOCORTICOID DRUGS DURING JAW BONE AUGMENTATION IN DENTAL PATIENTS

**Yu. Tsvetkov**

*Summary.* In the course of this study, the mechanism of action of betamethasone and its effectiveness were studied when used during bone tissue surgery in the upper and lower jaws. The expediency of using the drug as a preventive therapy for postoperative complications is substantiated. The features of the method of local administration of the drug are considered and a protocol for the use of betamethasone after bone grafting operations on the upper and lower jaws is drawn up.

*Keywords:* betamethasone sodium phosphate, betamethasone dipropionate bone transplantation, osseointegration, dental implantation.

*Аннотация.* В ходе настоящего исследования изучен механизм действия глюкокортикоидного препарата бетаметазон и его эффективности при применении во время операции костной ткани на верхней и нижней челюсти. Обоснована целесообразность использования препарата в качестве профилактической терапии послеоперационных осложнений. Рассмотрены особенности метода местного введения препарата и составлен протокол применения бетаметазона после костной пластики на верхней и нижней челюсти.

*Ключевые слова:* бетаметазона натрия фосфат, бетаметазона дипропионат, костная трансплантация, остеointеграция, дентальная имплантация.

### Введение

В современной стоматологической практике — отечественной и зарубежной все большую востребованность получают операции аугментации костной ткани [1,2], которые предоставляют врачам-стоматологам возможность в дальнейшем успешно провести дентальную имплантацию с последующим ортопедическим лечением [3], даже в ситуациях значительной резорбции альвеолярного отростка [4,5]. Дентальная имплантация является оптимальным методом решения проблемы отсутствия зубов [6].

Применение костных трансплантатов и заменителей в стоматологии заметно увеличилось в последние годы вследствие значительных достижений в области дентальной имплантологии и растущих потребностей в восстановлении черепно-лицевых костных дефектов. Данные костные или скелетные дефекты могут возникнуть в результате травм, заболевания пародонта, хирургического удаления, краниопластики, инфекции или врожденных пороков развития [7].

Основная проблема адаптации стоматологического пациента в послеоперационный период после установки

трансплантата — возникновение болевого синдрома, обусловленного наличием реактивного отека тканей и воспалительного процесса посттравматического характера. Вышеуказанный фактор влияет на остеointеграцию, ухудшая процесс приживления трансплантата, а также адаптацию пациента после перенесенной операции.

Анализ литературы показал, что недостаточно изученными остаются вопросы, связанные с развитием воспалительных осложнений в костных и мягких тканях челюсти после операций аугментации костной ткани при атрофии альвеолярного отростка, и, как следствие, их влиянием на сроки начала проведения дентальной имплантации. С учетом патогенеза воспалительной и травматической этиологии для профилактики обоснованным является применение лекарственной профилактической терапии, подавляющей синтез и секрецию эндогенных алгогенов и медиаторов, воздействующих на различные звенья патологического процесса, снижая их интенсивность [8].

### Цель исследования

Анализ эффективности местного применения синтетических глюкокортикоидных препаратов на примере



важную роль в регуляции передачи сигналов, связанных с болевыми и воспалительными реакциями. Кортикостероиды ингибируют активность PLA2, тогда как нестероидные противовоспалительные препараты ингибируют активность ЦОГ [10].

В свою очередь, гиалуроновая кислота является основной межклеточного вещества, которое играет важную роль как в межклеточной проницаемости, так и в сохранности буферной емкости, предупреждении отека тканей и снижает проницаемость стенки сосудов [11]. Как следствие, уменьшается экссудация и отек тканей.

Гиалуроновая кислота (ГК) представляет собой природный полимер, эндогенно вырабатываемый человеческим организмом, обладающий уникальными физико-химическими и биологическими свойствами, проявляющий желаемую биосовместимость и биоразлагаемость. Поэтому ее широко изучали на предмет возможного применения в области воспалительных процессов. Тот факт, что ГК продуцируется практически всеми типами клеток, означает, что в нормальных биологических состояниях ГК выполняет множество фундаментальных биологических функций [12,13]. ГК может участвовать в нескольких клеточных взаимодействиях (дифференциация, пролиферация, развитие и распознавание) и биологических функциях (смазка, гидратация, структура матрикса и стерические взаимодействия) [14].

Вязкий гель, образованный матрицами ГК, действует как буфер для окружающих тканей [15], а также участвует в процессах регенерации и ремоделирования тканей в процессе заживления [16]. ГК обладает механическими и расширяющими свойствами, которые могут регулировать клеточные функции, такие как адгезия и расширение, и формировать структуры, такие как микроворсинки, которые могут играть важную роль в передаче сигналов.

В дополнение к этим свойствам ГК изменяет локальные свойства клеточных мембран, выступая в роли внешнего цитоскелета, модифицируя и контролируя форму клетки [17]. Во время повреждения тканей ГК активно вырабатывается, регулируя восстановление тканей и процессы заболевания, такие как активация воспалительных клеток, чтобы инициировать врожденный ответ на повреждение и регулировать поведение эпителиальных клеток и фибробластов [18].

Непосредственное введение Бетаметазона в операционную зону позволяет его компонентам действовать намного активнее, чем при пероральном или внутримышечном применении. В последних двух случаях препараты успевают инактивироваться еще до того, как поступят в мишень-орган. А подслизистый инъекционный способ введения позволяет применять минимально требуемые дозировки, получая при этом максимальный эффект [19].

Из-за выраженного иммуносупрессивного действия, выражающегося в уменьшении количества циркулирующих Т- и В-лимфоцитов, эозинофилов, базофилов, моноцитов и подавлении образования антител, глюкокортикоиды требуют обязательного сочетания с антимикробными препаратами для предотвращения повышения активности инфекции. Именно поэтому, в течение 5 дней все пациенты принимали курс антибиотикотерапии. В нашем случае это был препарат широкого антимикробного действия «Цифран СТ» 2 таб Х 2 раза в день.

Действующее вещество — Ципрофлоксацин и Тинидазол. Курс лечения препаратом в дозировке 500 мг в сутки начинался за сутки до операции.

Несмотря на ярко выраженный противовоспалительный эффект от внутри очагового применения бетаметазона при стоматологических операциях, иммуносупрессивные свойства препарата ограничивают применение списком противопоказаний, что необходимо уточнять у пациентов перед проведением терапевтических мероприятий.

Очень важно также осуществление грамотного и подробного сбора анамнеза пациентов, планирующих глюкокортикоидную терапию во время операции, во избежание возникновения побочных эффектов таких как: угнетение функции надпочечников, гипокальциемия, аритмия, брадикардия, развитие (у предрасположенных пациентов) или усиление

*Протокол применения препарата «Дипроспан» во время операции аугментации костной ткани верхней и нижней челюсти:*

1. За сутки до операции был назначен курс антибиотикотерапии противомикробным препаратом широкого спектра действия. «Цифран СТ» 2 таб. х 2 раза в день.
2. В конце операции после наложения швов назначалась инъекция препарата «Дипроспан» однократно в подслизистую 7 мг на мл в операционной зоне: с вестибулярной стороны — 0.5 мг и оральной стороны — 0.5 мг.

### Результаты и обсуждение

Пациенты, получавшие профилактическую противовоспалительную терапию стероидным глюкокортикоидным препаратом «Дипроспан» на 5 сутки в 4 раза меньше предъявляли жалобы на болевые ощущения и дискомфорт по сравнению с контрольной группой. Лишь в 8 % процентов случаев на пятый день после операции у пациентов, входивших в экспериментальную группу, сохранялась незначительная асимметрия лица, обусловленная отеком тканей, тогда как в контрольной группе асимметрия лица сохранялась и на 5 сутки после опера-

ции в 20 % случаев. А выраженный отёк мягких тканей полости рта, отсутствовал у 92 % экспериментальной группы, тогда как в контрольной группе этот показатель составил 46 %.

Динамика термометрии убедительно доказывает, что субфебрильная реакция сохранялась у пациентов контрольной группы на вторые сутки после операции в 32 %. В двух случаях температура достигала высоких значений более 38° С. В экспериментальной группе, показатели не поднимались выше значений 37,1.

Одним из наглядных методов, свидетельствующих о наличии и выраженности степени воспаления является окрашивание слизистой йод-йодид-калиевым раствором Шиллера-Писарева. Данная реакция основана на выявлении гликогена в слизистой оболочке и снижении кератинизации эпителия.

Таким образом, воспользовавшись визуальным вариантом интерпретации пробы, была произведена оценка глубины и масштабности воспалительного процесса, где соломенно-желтое окрашивание свидетельствует о легкой степени воспаления, коричневое - о средней степени воспаления, и буро-насыщенное о выраженной степени воспаления. В группе, не получившей профилактическое лечение препаратом «Дипроспан», легкая степень

воспаления наблюдалась у 24 % пациентов, средняя степень воспаления у 28 %, выраженная степень воспаления у 16 %, отсутствие воспаления было у 32 % пациентов. В экспериментальной же группе, не выявлено ни одного случая с выраженной степенью воспаления, а легкая и средняя степень наблюдалась у 8 %.

## Выводы

Применение синтетических глюкокортикостероидных препаратов на примере «Дипроспан» с действующим веществом производными бетаметазона у пациентов после аугментации костной ткани снижает болевой синдром, уменьшает асимметрию лица и отёк слизистой. Местный инъекционный способ введения позволяет применять минимально требуемые дозировки, получая при этом максимальный эффект.

Отсутствие выраженного воспалительного эффекта позволяет пересаженной костной ткани более плотно, без отслойки, прилегать к альвеолярному отростку. Это обеспечивает эффективный процесс остеоинтеграции и реваскуляризации после операции, позволяет добиться устойчивого положительного результата в дальнейшем и использовать костную ткань в качестве надежной опоры для дентальной имплантации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar, P.; Fathima, G.; Vinitha, B. Bone grafts in dentistry. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 2013, 5, 125–127.
2. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. *Molecules.* 2021 May 18;26(10):3007. doi: 10.3390/molecules26103007. PMID: 34070157; PMCID: PMC8158510.
3. Жидовинов А.В., Глоденко Д.А. ДЕНТАЛЬНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ КАК ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ ФИКСАЦИИ СЪЕМНЫХ ПРОТЕЗОВ // Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2021. №2. С. 57–63.
4. Wang, W.; Yeung, K.W. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioact. Mater.* 2017, 2, 224–247.
5. Захарова Е.В., Клименко Р.И., Гашимов К.И.О., Дзгоев У.А. Обзор методов реабилитации пациентов с отсутствием зубов и выраженной редукцией альвеолярного отростка верхней челюсти // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2020. №4. С. 14–19.
6. Кулаков А.А., Гветадзе Р.Ш., Вербо Е.В., Буцан С.Б., Брайловская Т.В., Абрамян С.В. Клинические возможности применения дентальных имплантатов в стоматологической реабилитации пациентов с дефектами и атрофией костной ткани челюстей (научно-аналитический обзор клинической практики) // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2010. — № 1(21). — С. 12–20.
7. Elsalanty, M.E.; Genecov, D.G. Bone Grafts in Craniofacial Surgery. *Craniofacial Trauma Reconstr.* 2009, 2, p.125–134.
8. Лосев Ф.Ф., Смурова Л.Ф., Буланникова А.С. Предварительное планирование костной пластики и имплантации при дефектах и атрофии альвеолярных отростков челюстей // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2003. — № 3/4. — С. 34–36.
9. Параскевич В.Л. Дентальная имплантология: Основы теории и практики. — 3-е изд.-М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2011. — 400 с.
10. Arachidonic Acid John A. Davies, in *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*, 2008.
11. *Molecular Mechanisms of Drug Actions* Catherine Litalien, Pierre Beaulieu, in *Pediatric Critical Care (Fourth Edition)*, 2011.
12. Marinho A, Nunes C, Reis S. Hyaluronic Acid: A Key Ingredient in the Therapy of Inflammation. *Biomolecules.* 2021 Oct 15;11(10):1518. doi: 10.3390/biom11101518. PMID: 34680150; PMCID: PMC8533685.
13. Jiang D, Liang J, Noble PW. Hyaluronan as an Immune Regulator in Human Diseases. *Physiol. Rev.* 2011;91:221–264. doi: 10.1152/physrev.00052.2009.
14. Gupta R.C., Lall R., Srivastava A., Sinha A. Hyaluronic Acid: Molecular Mechanisms and Therapeutic Trajectory. *Front. Vet. Sci.* 2019;6:192. doi: 10.3389/fvets.2019.00192.
15. Papakonstantinou E., Roth M., Karakiulakis G. Hyaluronic acid: A key molecule in skin aging. *Dermatoendocrinology.* 2012;4:253–258. doi: 10.4161/derm.21923.
16. Sze J.H., Brownlie J.C., Love C.A. Biotechnological production of hyaluronic acid: A mini review. *3 Biotech.* 2016;6:67. doi: 10.1007/s13205-016-0379-9.

17. Triggs-Raine B., Natowicz M.R. Biology of hyaluronan: Insights from genetic disorders of hyaluronan metabolism. *World J. Biol. Chem.* 2015;6:110–120. doi: 10.4331/wjbc.v6.i3.110.
  18. Marcotti S., Maki K., Reilly G.C., Lacroix D., Adachi T. Hyaluronic acid selective anchoring to the cytoskeleton: An atomic force microscopy study. *PLoS ONE.* 2018;13:e0206056. doi: 10.1371/journal.pone.0206056.
  19. Liang J., Jiang D., Noble P.W. Hyaluronan as a therapeutic target in human diseases. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2016;97:186–203. doi: 10.1016/j.addr.2015.10.017.
- 

© Цветков Юрий Андреевич (almazdent@rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## Наши авторы

- Afanasyev A.** — Teaching assistant, BMSTU
- Afanasyev G.** — Candidate of Technical Sciences, associate professor BMSTU
- Al-Ani M.** — Postgraduate student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
- Al-Azzawi A.** — Postgraduate student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
- Alieva S.** — Department assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Academician I.P. Pavlov First St.
- Alshaibi A.** — Post-graduate student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
- Amonov A.** — Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow
- Antipova E.** — Doctor of Biological Sciences, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev
- Arvanova S.** — Senior Lecturer, KBSU after H.M. Berbekova (Nalchik)
- Ataev A.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)
- Atamanenko V.** — Head of Analytics Reporting Department, Freedom Life
- Bebyakova N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)
- Bogdanov R.** — Technical Institute (branch) of Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri
- Bondarenko S.** — Bryansk State Engineering and Technology University
- Bugero N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Pskov State University
- Cherckesova L.** — DSc., Professor, Don State Technical University
- Davydova N.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)
- Demidov L.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

## Our authors

- Derisheva D.** — Cand. Sci. (Med.), Assistant, Novosibirsk State Medical University
- Doronin S.** — Commercial Director of the laboratory «Explana»
- Duduev U.** — Assistant, FSBEI HE «ChSU named after A.A. Kadyrov», Grozny
- Dzhanibekova S.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University
- Dzhurov A.** — Postgraduate student, Don State Technical University (DSTU)
- Eskov V.** — Doctor of Biology, Doctor of physico-mathematical sciences, Federal Research Center Scientific Research Institute for System Research of the Russian Academy of Sciences
- Eskov V.** — PhD in medicine, Surgut State University
- Ezaova A.** — Associate Professor, KBSU after H.M. Berbekova (Nalchik)
- Filatova A.** — Undergraduate student, BMSTU
- Galiyeva A.** — Postgraduate student, Northern State Medical University (Arkhangelsk)
- Galushka V.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don)
- Ganiev M.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)
- Garayev S.** — Ph.D., Leading Researcher, Institute of Botany of the Ministry of Science and Education, Azerbaijan
- Gazyga G.** — PhD in Biology, Ugra State University, Khanty-Mansiysk
- Gazyga N.** — Surgut State University
- Georgieva I.** — Assistant, KBSU after H.M. Berbekova (Nalchik)
- Georgieva M.** — Senior Lecturer, KBSU after H.M. Berbekova (Nalchik)
- Grigoriev N.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Krasnodar Higher Military Aviation School for Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov

**Grigoriev R.** — Head of the Simulator of the Faculty of Aviation Equipment VUNTS Air Force «VVA them. prof. NOT. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Moscow

**Irina N.** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Rector, Pskov State University

**Ivanova N.** — MD, Professor, Pskov State University

**Kallaev N.** — Dagestan State Medical University, (Makhachkala)

**Kanukoeva L.** — Ph.D., Associate Professor, KBSU named after H.M. Berbekov (Nalchik)

**Khlynova O.** — Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Perm State Medical University Academician E.A. Wagner

**Kodatsky N.** — Don State Technical University (Rostov-on-Don)

**Konev A.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

**Koriagin V.** — Perm State Medical University academician E.A. Wagner

**Koriagina N.** — Doctor of medical sciences, professor, Perm State Medical University academician E.A. Wagner

**Krivokhizhin I.** — Postgraduate student, Surgut State University; Oncologist, Surgut District Clinical Hospital

**Kumakhov A.** — Assistant, FSBEI HE «NOSMA» Vladikavkaz

**Kurovsky S.** — Head, Research Department LLC «Higher School of Education»

**Kuzmina A.** — St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry

**Ladygin P.** — Senior Lecturer, Altai State University, Barnaul

**Lependin A.** — Assistant Professor, Altai State University, Barnaul

**Leukhin Y.** — Independent researcher

**Levitsky S.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

**Luft V.** — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head of the Clinical Nutrition Laboratory of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Ambulance named after I.I. Dzhaneldidze

**Magaramov A.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)

**Maltsev A.** — Applicant, Perm State Medical University academician E.A. Wagner; Cardiologist, Clinical Cardiology Dispensary

**Mansurov A.** — Assistant Professor, Altai State University, Barnaul

**Mirzoev N.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)

**Mishin D.** — Head, Editorial and Publishing Department LLC «Higher School of Education»

**Morgunov M.** — Ph.D., Bryansk State Engineering and Technology University

**Nurudinova S.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)

**Osmanov R.** — Dagestan State Medical University (Makhachkala)

**Ovchinnikova K.** — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

**Parsadanyan A.** — MD, Professor, Surgut State University; Chief Freelance Specialist Oncologist, Surgut District Clinical Hospital

**Pavlov A.** — Postgraduate student, ITMO University

**Pereletov I.** — MIREA — Russian Technological University, Moscow

**Petrosyan L.** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University, Moscow

**Petrushin A.** — Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia

**Polenok M.** — Bryansk State Engineering and Technology University

**Poluyan A.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don)

**Polyakova A.** — Resident, St. Petersburg Scientific Research Institute of Ambulance named after I.I. Janelidze

**Popukaylo V.** — A Doctor of Philosophy in Informatics, Associate Professor, Shevchenko State University of Pridnestrovie

**Povtorejko A.** — Chief Medical Officer, State Medical Institution of the Pskov region Pskov Regional Infectious Clinical Hospital

**Prokhorovich T.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

**Revyakina E.** — Ph.D., Associate Professor, Don State Technical University

**Romashkova O.** — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

**Rossolko D.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

**Ruder D.** — Assistant Professor, Altai State University, Barnaul

**Ruhlyada N.** — MD, PhD, DrMed Sci, professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University Ministry of Health of the Russian Federation

**Samokhina V.** — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Technical Institute (branch) Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri

**Saradgishvili S.** — Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Shernyaev K.** — Master's student, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

**Shibanov E.** — Graduate student, BIOTECH University, Moscow

**Shmelyova A.** — Postgraduate student, Shevchenko State University of Pridnestrovie

**Slivinskij D.** — Pskov State University

**Sokolova V.** — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsina RAS

**Spasnikov G.** — Competitor, Perm State Medical University. Academician E.A. Wagner; Cardiologist, Clinical Cardiology Dispensary

**Stepanyan A.** — Oncologist, Surgut District Clinical Hospital

**Tlapshokova L.** — Professor, FSBEI HE «KBSU named after H.M. Berbekov», Nalchik

**Tlepsheva D.** — KBSU after H.M. Berbekova (Nalchik)

**Tsechoyeva L.** — MD, PhD, Head of the Gynecological Department № 1 of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Ambulance named after I.I. Janelidze

**Tseligorova E.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don)

**Tsvetkov Yu.** — Graduate student, Yaroslavl State Medical University

**Tumanyan P.** — Postgraduate student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Udalov A.** — Lead programmer, OOO Infocom, Krasnodar

**Vetchinnikov D.** — Post-graduate student, MFUA, Kazan

**Vinnikova S.** — Researcher, Gynecology Department State Medical Institution «St. Petersburg Research Institute» of Ambulance named after I.I. Janelidze

**Wang Ch.** — undergraduate student BMSTU

**Yahontov D.** — Doc. Sci (Med), Professor, Novosibirsk State Medical University

**Yurkova O.** — PhD in Economics, Bryansk State University of Engineering and Technology

**Zhibort E.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

**Zhou H.** — Undergraduate student, BMSTU

## 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) ).